



MÉXICO SENSIBLE AL AGUA

Un Enfoque Innovador para la Gestión
del Agua en las Ciudades Mexicanas

José Arturo Gleason Espíndola

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
LABORATORIO NACIONAL DE VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES

M É X I C O

SENSIBLE AL AGUA

**Un enfoque innovador para la Gestión
del Agua en las Ciudades Mexicanas**

M É X I C O

SENSIBLE AL AGUA

**Un enfoque innovador para la Gestión
del Agua en las Ciudades Mexicanas**

Jose Arturo Gleason Espíndola



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño



LABORATORIO NACIONAL DE VIVIENDA
Y COMUNIDADES SUSTENTABLES

Diseño de portada: Manuel Razo Mendoza

Primera edición 2021

D.R. © 2021, Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño
Calz Independencia Nte. 5075,
Huentitán El Bajo
44250 Guadalajara, Jal.

ISBN: 978-607-571-142-3

Editado y hecho en México
Edited and made in Mexico

CONTENIDO

Introducción	7
I. Los desafíos del agua en el mundo.....	11
I. 1 El agua y el cambio climático.....	11
I. 2 El agua y los objetivos del milenio	16
I. 3 El agua en América Latina	20
I. 4 El agua en las ciudades	22
Reflexión.....	25
II. Las principales ciudades mexicanas y el agua	27
II. 1. La problemática del agua en las ciudades	27
II. 1.1 El impacto de la urbanización en el ciclo del agua	28
II. 1.2 El impacto de la urbanización en el sistema hidrosanitario urbano	30
II. 2 La agenda nacional del agua.....	31
II. 3 La gestión del agua en las principales ciudades de México.....	47
III. Nuevo paradigma: Ciudad sensible al agua.....	71
III. 1 ¿Qué es una comunidad sensible al agua?	71
III. 2 Una visión para comunidades sensibles al agua	79
III. 3 Rasgos distintivos de una comunidad sensible al agua	80
III. 4 Desafíos y oportunidades para las ciudades	82
III. 5 indicadores para ciudades sensibles al agua (wsci).....	85
III. 6 Transiciones hacia una ciudad sensible al agua	89
III. 7 Creando un legado para una comunidad sensible al agua.....	90
III. 8 Diseño urbano sensible al agua.....	93
III. 9 Consideraciones finales en torno a una ciudad sensible al agua	98

IV. Hacia un México Sensible al agua.....	99
IV. 1 El enfoque teórico aplicado a México.....	99
IV. 2 Agenda hacia un México Sensible al agua.....	102
IV. 3 Una ruta para llegar a ser un México sensible al agua.....	121
IV. 4 Avances para lograr un México sensible al agua.....	123
V. Reflexiones y recomendaciones.....	127
Referencias	133
Índice de figuras y tablas	139

INTRODUCCIÓN

El 2030, un año que la mayoría de las personas no tiene idea de la importancia que tiene, pero para quienes conocen el peso de su significado, es un tema de preocupación constante. ¿Por qué? En el año 2030, de continuar el ritmo de consumo actual de agua, faltará un 40 por ciento del líquido que necesitaría el planeta para subsistir, lo que podría generar conflictos entre diferentes sectores económicos y entre países (Blanco, 2015). En este año se podría recrudecer la crisis del vital líquido en México de no modificarse las actuales tendencias de consumo y contaminación. Esto se debe a que, mientras que en 1950 había 25 millones de habitantes en México, que podían disponer de 18,000 metros cúbicos por persona, y en 2014 se disponía de 3,800 metros cúbicos por habitante, en 2030 la cifra, se estima, se reducirá en algunas regiones hasta a 1,000 metros cúbicos por persona (CONAGUA estima un promedio nacional de 3,250 para ese año); actualmente se usan 13,000 metros cúbicos en promedio al año por persona en México para cubrir todas las necesidades (Naum, 2017).

El panorama se complica aún más cuando se sabe que la mayoría de la población habita en zonas urbanas. La urbanización desordenada ha depredado el territorio a tal grado de afectar el funcionamiento de las variables del ciclo del agua y el funcionamiento de los sistemas hidrosanitarios que abastecen y limpian el agua. Por las afectaciones al ciclo del agua las ciudades enfrentan paradójicamente por un lado las inundaciones provocadas la impermeabilización del suelo que impide la recarga acuífera, y por el otro lado, las zonas periurbanas carecen de los servicios de abastecimiento y saneamiento, disminuyendo con esto, su calidad de vida. Así mismo, por el crecimiento urbano sin control, la infraestructura hidrosanitaria colapsa ante la incapacidad de abastecer de agua y saneamiento a las actuales demandas, ya que fue planeada y construida para demandas menores en el pasado.

Otro elemento que empeora la situación de los recursos hídricos es el cambio climático. Este fenómeno global afecta a la disponibilidad y calidad del agua para las necesidades básicas. Los cambios hidrológicos inducidos por el cambio climático dificultarán aún más la gestión sostenible de los recursos hídricos, ya que el cambio climático, se manifiesta en el aumento de la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos, como olas de calor, las precipitaciones sin precedentes, las tormentas y marejadas ciclónicas. Las ciudades están expuestas a precipitaciones extremas y extraordinarias para las cuáles los drenajes no están habilitados para conducir abundante de agua pluvial.

Ante esta situación, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha establecido los objetivos del milenio (ODS) para que puedan cumplirse en el 2030. El objetivo número seis esta relacionado con asegurar el acceso al suministro al agua y saneamiento de manera sustentable. De tal manera, la visión esta establecida para que la humanidad se aplique para lograrlo. Aquí es donde entra la propuesta de esta obra, la cual radica en proponer un nuevo paradigma llamado Ciudad Sensible al Agua, un enfoque innovador para la gestión del agua en las ciudades mexicanas. Este paradigma propone que las ciudades deben transitar de ser ciudades que se enfocan en buscar solo el abastecimiento y saneamiento (y a que duras penas lo llevan a cabo) para transformarse en ciudades que restauran y preservan el funcionamiento del ciclo de agua y respetan el entorno. Se aspira a que las ciudades sensibles al agua sean vivibles, resilientes, sustentables y productivas.

Con este recurso respaldado por el conocimiento y experiencia del Centro Cooperativo para la Investigación de ciudades Sensibles al Agua (Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, CRCWSC) con sede en la Universidad de Monash ubicada en Melbourne Australia, se fundamenta la propuesta de iniciar una transición en las ciudades mexicanas interesadas en llevar a cabo cambios profundos en su gestión del agua. Este obra es un recurso valioso para establecer un punto de partida para comenzar con esta transición.

En el primer capítulo se presentan los desafíos del agua a nivel mundial que la ONU ha estipulado con sus informes realizados por la UNESCO, lo que permite al lector conocer un poco más sobre los objetivos y acciones necesarias para asegurar el abastecimiento y saneamiento del agua. Sobresale

en este capítulo, la breve revisión del objetivo seis de los ODS, los desafíos de la gestión del agua en Latinoamérica y específicamente en las ciudades. Con esta información se establece un antecedente sólido para entrar al siguiente capítulo.

El segundo capítulo es análisis actual de la gestión en México a través de la revisión del Plan Nacional Hídrico (2019-2024), la Agenda de agua 2030 (2011) y la gestión del agua en tres principales ciudades mexicanas: la ciudad de México (CDMX), el área metropolitana de Monterrey (AMM) y el área metropolitana de Guadalajara (AMG). Este análisis permitirá conocer un poco más a fondo la forma de gestionar el agua en las ciudades mexicanas con el propósito de tener un contexto claro que sirva para la introducción del concepto de ciudad sensible al agua.

En el tercer capítulo se expone la base teórica del concepto ciudad sensible al agua. Así también se presentan los ejes temáticos de las Ciudades del Futuro Sensibles al Agua, agrupados en 12 principios. Se presentan los desafíos de las ciudades sensibles al agua y un índice que comprende siete metas y 34 indicadores para evaluar qué tan sensible al agua es una ciudad.

El cuarto capítulo comprende la agenda técnica, institucional y social para la iniciar una transición hacia una ciudad sensible al agua. Se propone una ruta ya iniciada para lograr la transformación de las ciudades mexicanas en la gestión del agua, y se muestran los avances que se han realizado en el territorio nacional para lograr ciudades mexicanas sensibles al agua.

Por último, el capítulo cinco es una reflexión general sobre el contenido de la obra y se muestran las recomendaciones puntuales sobre los imponderables en esta transición, la cual se recomienda empezar pronto, antes de que sea demasiado tarde.

Esta obra es el resultado de 15 años de investigación del autor. Es un deseo ardiente proponer una vez más alternativas para transformar la gestión del agua en México. Con esta obra se abre parte aguas en la línea de investigación, ya que su contenido comparte no solo el nuevo paradigma y una agenda de trabajo con base teórica, sino que expone también los avances valiosos de un trabajo que comenzó hace muchos años. Con esta obra se abre una nueva etapa en la comprensión del problema del agua en las ciudades mexicanas y sobre todo marca las directrices para la acción determinada e inmediata. Se espera que el autor pueda disfrutar de su lectura al darse cuenta

que ha aprendido y que su participación en la solución del problema del agua en México, no debe postergarse más.

Dr. José Arturo Gleason Espíndola
Guadalajara Jalisco, Noviembre, 2020.

I

LOS DESAFÍOS DEL AGUA EN EL MUNDO

En este primer capítulo se presenta un panorama general de la situación de los recursos hídricos con el propósito de conocer los avances y desafíos relacionados con el manejo del agua en el planeta. En primer lugar, se muestran algunos asuntos importantes de los informes de ONU, especialmente el Informe Mundial Agua para un Mundo Sustentable (2015) y el Informe Mundial de las Naciones sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático (2020). En segundo lugar, se muestra un panorama general sobre los desafíos del agua en América Latina con el objetivo de conocer nuestro contexto y comenzar a evaluar las implicaciones de aplicar el concepto de *ciudad sensible al agua*.

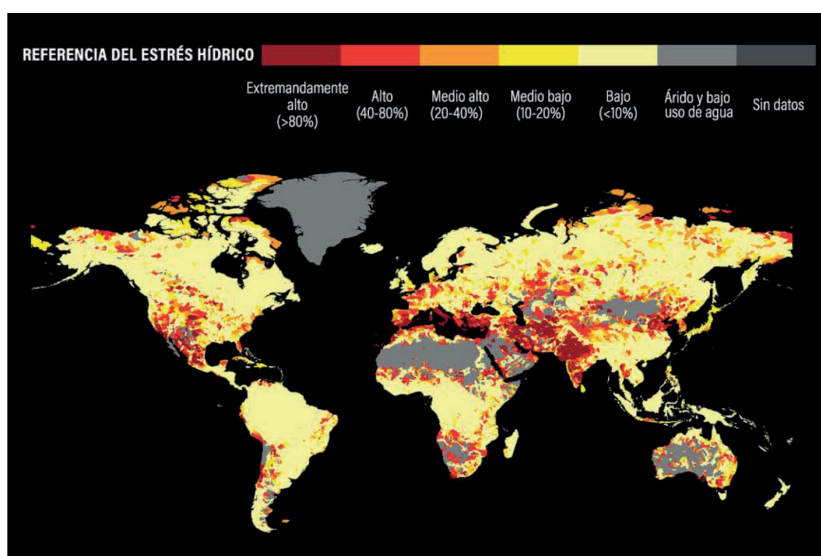
Finalmente, este capítulo muestra los desafíos del agua en las ciudades en el contexto internacional con el objetivo de concientizar acerca de lo que se está y se estará enfrentando la humanidad en los próximos años, y que hace pertinente la aplicación de conceptos alternativos como ciudad sensible al agua. Hay que enfatizar que más de la mitad de la población mundial vive en ciudades de más de 300.000 habitantes, y además su crecimiento se ha acelerado desde finales del pasado milenio de forma que se prevé que en el 2050 este porcentaje alcance ya al 70% de la población mundial (Salvador, 2017).

I. 1 EL AGUA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Un tema a valorar en esta presente generación es el cambio climático. Se conoce que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), de acuerdo a la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 menciona, el agua es un recurso limitado e indispensable para satisfacer las necesidades humanas básicas y que, de no gestionarse adecuadamente, escaseará los siguientes años, dificultando

la calidad de vida global, agravando los problemas de los países en vías de desarrollo y complicando la gestión del agua en países avanzados. Es por ello que los países deben estar conscientes de los recursos hídricos actuales, para lograr una correcta gestión en el futuro. En la figura 1.1 se observan las naciones que carecen de agua en el planeta, donde cuarta parte de la población padece escasez de agua.

FIGURA 1
Estrés hídrico en el planeta Tierra



Fuente: World Resources Institute, 2020.

De acuerdo al Informe UNESCO, ONU-Agua, (2020) el clima terrestre y el ciclo hídrico tienen una relación muy cercana y compleja, por lo que los cambios en la variabilidad climática afectarían directamente a los recursos hídricos. Hoy en día, es irrefutable la evidencia científica respecto al calentamiento del sistema climatológico (calentamiento global), el cual es quizá el factor de mayor inferencia en la calidad y disposición del agua, trayendo consigo una serie de repercusiones al recurso hídrico.

Los cambios de precipitación y temperatura afectarán directamente la disposición de agua terrestre, ya que se espera un aumento en la evaporación superficial (exceptuando aquellas áreas menos secas, donde la falta de agua impide el aumento) y por consiguiente, un aumento en las precipitaciones. Sin embargo, este aumento no se apreciará en todas las regiones del planeta, y es que en muchas regiones los volúmenes de lluvia disminuirán provocando una disminución en la disponibilidad del agua en diferentes estaciones. Actualmente se pueden observar estos efectos en diversos cuerpos de agua y cuencas alrededor del mundo, permitiendo advertir efectos negativos a la extracción de agua para la agricultura, industria, hogar, entre otros. Así mismo, los cambios de precipitación y evaporación definirán las tendencias futuras en la humedad del suelo y las aguas subterráneas, generando posibles consecuencias en la gravedad y la frecuencia de los episodios de sequía en la humedad de los suelos (ONU, 2020).

Los cambios presentados pueden empeorar uno de los problemas actuales más grandes a los que se enfrenta la sociedad actual, el estrés hídrico. La Organización de las Naciones Unidas comenta que cerca de una cuarta de la población presenta una escasez económica de agua, careciendo del acceso al recurso hídrico por falta de infraestructura. Se estima que para el año 2050, más de 570 ciudades enfrentarán una disminución de disponibilidad de agua dulce de al menos un 10%, ocasionando un impacto social y económico graves; pudiendo costar hasta un 6% de su producto interno bruto (PIB) y elevando los índices de migración.

Otro aspecto que afectará el cambio climático es el de la calidad de agua. La disminución en la calidad del agua se ha convertido en un desafío mundial y que presenta amenazas para la salud humana y los ecosistemas. La calidad del agua se ha visto afectada por el incremento de contaminantes como lo son los residuos orgánicos, patógenos, fertilizantes y pesticidas, metales pesados y contaminantes emergentes; todos ellos producidos por descargas de aguas residuales (municipales e industriales) y el aumento en la ganadería y la agricultura, causando una pérdida en la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua dulce. Además, cabe señalar que el cambio climático es una pieza clave ante tal problemática, pues el aumento de la temperatura de los cuerpos de agua, los cuales proporcionan agua potable a una gran cantidad de personas, ha traído consigo una floración de algas nocivas que

alteran la red de alimentos y que generan hipoxia de cianobacterias nocivas. Lo mencionado anteriormente suscita problemas económicos, sociales, a ecosistemas y la biodiversidad (ONU,2020).

En cuanto a la demanda, el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020 señala que, el uso global del agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años, y que seguirá aumentando a un ritmo constante de 1% cada año debido al crecimiento demográfico, al desarrollo económico y al cambio de los patrones de consumo. Diversos han sido los modelos de proyección en cuanto a la demanda de agua a nivel mundial: la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE) proyectó un aumento del 55% para el año 2050, mientras un estudio diferente presentó un 40% para el año 2030.

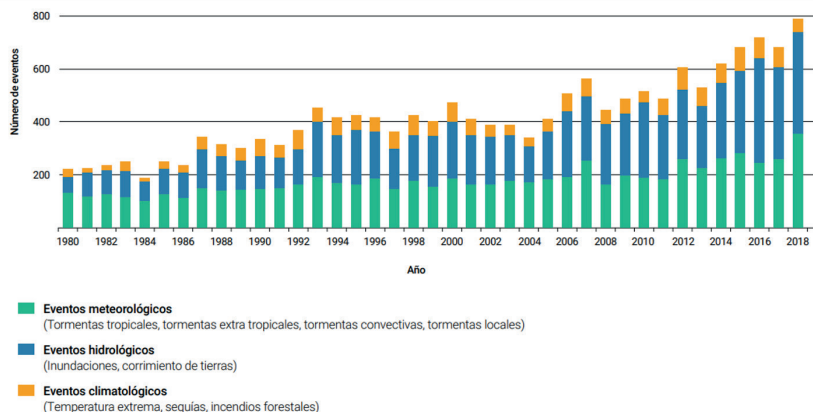
Así mismo, existen discrepancias en cuanto al futuro de la demanda de agua destinada a la irrigación, y es que este actualmente representa el 69% de las extracciones de agua dulce a nivel mundial. Mientras la OCDE concibe una disminución en la extracción del recurso para riego, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) presenta un aumento futuro del 5.5%. Es sabido que con el calentamiento global la demanda de agua se verá afectada negativamente, puesto que, a mayor temperatura, mayor la necesidad. Lo que lleva a los gobiernos a enfrentar el reto de asegurar el recurso, con el fin de garantizar el recurso para las generaciones futuras.

Como se mencionó anteriormente, el cambio climático originará alteraciones en los patrones de precipitación, aumentando la intensidad y la frecuencia de las inundaciones y sequías en distintas regiones alrededor del planeta. Estas alteraciones pueden tener efectos secundarios, como la desestabilización y deslaves de laderas, presentando más inundaciones imprevistas.

Durante los últimos años se ha observado un aumento del 50% en los fenómenos de inundación y lluvia extrema a nivel global. Mientras otros eventos climatológicos extremos como las tormentas, sequías y olas de calor en más de un tercio, sin contar que su frecuencia se ha visto duplicada en comparación con la década de 1980 (ONU,2020). Estos eventos ocasionan pérdidas no sólo económicas, sino también humanas en las regiones donde se producen. En la figura 1.2 se muestra un gráfico de la evolución de las catástrofes naturales relacionadas con el clima en el periodo de 1980 - 2018, mismos que han causado al menos una muerte y/o producido pérdidas ma-

yores a 100 mil, 300 mil, 1 millón o 3 millones de dólares (dependiendo del grupo de ingresos de la región afectada).

FIGURA 1.2
Evolución de las catástrofes naturales relacionadas con el clima



Fuente: Elaborado por la UNESCO con base en datos proporcionados por Múnich Re (2020)

De igual forma, la degradación de los ecosistemas acuáticos representa un grave riesgo para el ciclo del agua, del carbono y de los nutrientes, y los servicios que este brinda de manera natural y periódica; como son la purificación, la captación y el almacenamiento del carbono, la protección natural contra las inundaciones, y el drenaje hacia los mantos acuíferos. De desaparecer alguno de estos elementos, representa un peligro a la recuperación del agua de cauces naturales, y por lo tanto a la disponibilidad de agua potable para los sistemas hídricos.

Así también, el cambio climático tendrá afectaciones en la infraestructura hídrica. La presión demográfica creciente requerirá de una infraestructura adecuada que garantice una calidad de vida mínima de la población. Los países deberán acrecentar significativamente las inversiones para la seguridad del recurso en el futuro, llegando a ser, según estimaciones de la OCDE, de hasta 22.6 millones de dólares. Será de suma importancia, que dichas inversiones no sólo sean destinadas a infraestructura nueva (infraestructura de abastecimiento, potabilización y producción de agua), sino también al man-

tenimiento y operación de las ya existentes, buscando una mayor eficiencia y reducción de pérdidas (ONU, 2020).

La infraestructura no sólo deberá proveer un seguro al agua, sino también deberá ser capaz de soportar las conductas de clima extremas que traerá consigo lluvias torrenciales e inundaciones, incentivando la reutilización del recurso hídrico. En pocas palabras, las ciudades del futuro necesitarán ser más resilientes (Martínez, 2017). Las instalaciones de saneamiento en urbes serán esenciales para preservar los ecosistemas acuáticos. Asegurando que las condiciones del agua vertida a los cuerpos de agua se encuentren en condiciones favorables al medio ambiente. El informe 2020, señala que la infraestructura de almacenamiento de agua se tiene que volver a evaluar la seguridad y la sostenibilidad de los embalses y estudiar las posibles obras de transformación o desmantelamiento para minimizar su impacto medio ambiental y social para optimizar los servicios

Un último desafío global del agua a mencionar es el cambio climático y la salud. El informe comenta (UNESCO, ONU-Agua, 2020) que las consecuencias que el cambio climático puede acarrear sobre la salud humano por medio del agua, son, en primer lugar, las enfermedades provocadas por vectores o a través de alimentos y el agua, muertes y lesiones debidas a eventos climáticos extremos, como las inundaciones de la costas de las tierras de interior, así como la desnutrición como resultado de la escasez de alimentos originada por sequías e inundaciones. Desde luego también, comenta el informe, que los problemas de salud mental son asociados por las pérdidas económicas y desplazamiento que se puedan presentar por estos eventos.

Como se puede observar el cambio climático acarrea varios desafíos que las ciudades tienen que enfrentar, ignorarlos, es obstaculizar más la capacidad de respuesta de la población. De tal manera que una ciudad sensible al agua debe estar consciente de estos desafíos que gradualmente la irán afectando. Es pertinente prepararse para enfrentarlos con determinación.

I. 2 EL AGUA Y LOS OBJETIVOS DEL MILENIO

Un referente fundamental para la definición de una agenda de agua de cualquier región, país, estado, o ciudad, es lo relacionado con las Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS), y especialmente con la meta referente al agua y saneamiento. La Asamblea General de la ONU adoptó el día 25 de septiembre de 2015 la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia (ONU, 2020)

Hablando un poco del contenido general de agenda 2030, es pertinente notar, que los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron una resolución en la que reconocen que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirman que sin lograrla no puede haber desarrollo sostenible. La Agenda plantea 17 Objetivos que esperan incidir en las necesidades básicas de las personas y el medio ambiente, contando con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. La nueva estrategia regirá los programas de desarrollo mundiales durante los próximos 15 años. Al adoptarla, los Estados se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables.

Los 17 Objetivos de la Agenda se elaboraron en más de dos años de consulta pública, interacción con la sociedad civil y negociaciones entre los países. La Agenda implica un compromiso común y universal, no obstante, puesto que cada país enfrenta retos específicos en su búsqueda del desarrollo sostenible, los Estados tienen soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, y cada uno fijará sus propias metas nacionales, apegándose a los ODS, dispone el texto aprobado por la Asamblea General.

Además de poner fin a la pobreza en el mundo, los ODS incluyen, entre otros puntos, erradicar el hambre y lograr la seguridad alimentaria; garantizar una vida sana y una educación de calidad; lograr la igualdad de género, asegurar el acceso al agua y la energía; promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz y facilitar el acceso a la justicia. (ONU, 2020). A continuación se presentan un contenido general de los objetivos referentes al recurso hídrico. El objetivo seis establece:

Objetivo 6: AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Si bien se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, existen miles de millones de personas (principalmente en áreas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos. En todo el mundo, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre.

Datos destacables:

- 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros y 6 de cada 10 carecen de acceso a instalaciones de saneamiento gestionadas de forma segura.
- Al menos 892 millones de personas continúan con la práctica insalubre de la defecación al aire libre.
- Las mujeres y las niñas son las encargadas de recolectar agua en el 80% de los hogares sin acceso a agua corriente.
- Entre 1990 y 2015, la proporción de población mundial que utilizaba una fuente mejorada de agua potable pasó del 76% al 90%.
- La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente. Más de 1700 millones de personas viven actualmente en cuencas fluviales en las que el consumo de agua supera la recarga.
- 4 billones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes o letrinas.
- Más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación.
- Cada día, alrededor de 1000 niños mueren debido a enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene.
- Aproximadamente el 70% de todas las aguas extraídas de los ríos, lagos y acuíferos se utilizan para el riego.
- Las inundaciones y otros desastres relacionados con el agua representan el 70% de todas las muertes relacionadas con desastres naturales.

Las sub-objetivos del objetivo 6 son:

- 6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.
- 6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad
- 6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.
- 6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.
- 6.5 De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.
- 6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.
- 6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.
- 6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento

La adopción de estos objetivos para cualquier país es una obligación. La toma de decisiones debe ir encaminada al logro de cada una de ellos con el

fin de beneficiar a la humanidad y al entorno, ignorar los objetivos es ir a la deriva en un caos que apenas empieza.

1.3 EL AGUA EN AMÉRICA LATINA

Para lograr ciudades mexicanas sensibles al agua es importante conocer el contexto de nuestro continente. América Latina y el Caribe son catalogadas como zonas abundantes de agua, teniendo una precipitación media de 1600 milímetros y escurrimiento media de 400,000 metros cúbicos por segundo, reuniendo casi un tercio de los recursos hídricos mundiales. Sin embargo, a pesar de tener indicadores favorables, América Latina no presenta una homogeneidad en cuanto a distribución hídrica se refiere, y es que existen regiones donde la precipitación es casi inexistente, mientras en otras, su régimen se encuentra clasificado como súper hídrico. Así mismo, diversos países cuentan con áreas de elevada importancia económica, así como urbes de gran extensión con una disponibilidad hídrica baja, encontrándose en el fenómeno de estrés hídrico. México, República Dominicana, países centrales, Chile y Perú, son el ejemplo de lo citado (CEPAL, 2018).

Hoy en día es innegable el aumento de la temperatura media a nivel global. América Latina ha presentado un aumento de temperatura gradual en los últimos 50 años de 0.12°C por década. Estos cambios han generado interés en los investigadores, mismos que se han encargado de realizar proyecciones futuras respecto al comportamiento de este suceso, las cuales indican un posible aumento de temperatura a finales del presente siglo de entre 1.60°C y 4.0°C en América Central y entre 1.70°C y 6.70°C en América del Sur (CEPAL, 2018).

La variabilidad climática y los eventos extremos ya están afectando gravemente a la región. Se prevé que en América Central y del Sur continuarán produciéndose los cambios observados en el flujo fluvial y la disponibilidad de agua, lo que afectarán a las regiones vulnerables (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Se espera que en zonas semiáridas vulnerables de América del Sur, aumente la escasez de agua, teniendo menor número de lluvias y mayor evapotranspiración. Por otro lado, Centroamérica y México se espera tener una mayor sequedad que la actual. Por su parte, la región del Caribe comienza a

presentar enormes desafíos por el aumento del nivel del agua del mar, lo que incluye la salinización, inundación y presión en los ecosistemas, esto debido al cambio climático. Así mismo, se cree existirá que los riesgos de sequía aumenten.

Aparte de los desafíos en materia del clima, se presentan la rápida urbanización, el desarrollo económico y los cambios demográficos y del consumo son algunas de las principales causas socio-económicas de la presión que soportan los sistemas hídricos, a las que se suman las repercusiones del cambio climático. Sin duda, las consecuencias del cambio climático y la falta de agua tendrán una variación de acuerdo a la región, siendo los pobres y los marginados los que sufrirán mucho más. La pobreza es una preocupación central en la mayoría de los países latinoamericanos; la falta de recursos económicos también se traduce en desigualdad de acceso al agua y al saneamiento y viceversa. Actualmente una cuarta parte de la población en América Latina no cuenta con acceso a agua potable, lo que genera riesgo de salud pública. La vulnerabilidad también es alta en las zonas rurales, los factores climáticos limitan las opciones económicas y provocan el éxodo rural (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Para muchos países de la región, el cambio climático tiene como telón de fondo la interacción y a veces la competición intersectorial por el agua, en la que compiten las zonas urbanas, los sectores energético y agrícola y las necesidades de los ecosistemas. El hecho de que las estrategias de desarrollo casi no mencionen explícitamente los problemas transfronterizos del agua-clima indica que todavía existen algunas barreras para la cooperación en torno a las aguas transfronterizas en algunas partes de la región. (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

En lo referente a los servicios, América Latina y el Caribe cuentan con grandes desafíos para el futuro próximo, y es que los servicios de agua potable y saneamiento no son un tema resuelto en los países. Millones de habitantes urbanos no cuentan con instalaciones de agua potable y saneamiento mejoradas, recibiendo agua en condiciones fuera de las normas vigentes de agua potable o con una falta de continuidad en el servicio. Los gobiernos de cada región deberán buscar alternativas de solución para superar los déficits existentes, tanto de cobertura, como de calidad de agua suministrada a la población en zonas urbanas. Esta es una situación agravante, considerando

que, en la región, más del 80% de la población vive en ciudades, siendo el continente más urbanizado del planeta. Lo que significa que, de continuar los problemas de gestión hídrica, solo seguirán empeorando en relación con la expansión de las ciudades.

En cuanto a cuerpos de agua, los países latinoamericanos deberán de prestar atención en temas que constituyen desafíos para la seguridad hídrica. Temas como completar el tratamiento de aguas servidas domiciliarias, regulación de nitratos, control de contaminación industrial y minera, control de procesos de salinización asociados al desarrollo del regadío y conservación de ecosistemas y la biodiversidad (CEPAL,2018).

Por estos desafíos específicos que afronta la región de América Latina y el Caribe, existe la Conferencia Regional de la Alianza de Megaciudades de América Latina y el Consejo de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo del Caribe, respectivamente. Ambos celebraron su última reunión en el año 2019, con el fin de llamar la atención sobre estos importantes desafíos.

El Informe Mundial Agua para un Mundo Sustentable (WWAP, 2015) comenta en su apartado referente a América Latina que la mayor prioridad de la región es construir una capacidad institucional formal para gestionar los recursos hídricos para concretar una integración sustentable de los mismos con un desarrollo económico y la reducción de la pobreza. Otra prioridad es asegurar la realización plena del derecho humano al acceso al agua y al saneamiento a partir del planteamiento de la agenda 2030 en el 2015.

Para implementar una *ciudad sensible al agua* en el contexto latinoamericano, deberá llevarse a cabo considerando estos rezagos técnicos y ambientales e institucionales y sobre todo la falta de capacidad institucional para generar recursos económicos para concretar esta transición.

I. 4 EL AGUA EN LAS CIUDADES

La urbanización es un fenómeno a nivel mundial. La población tiende a encontrarse en las ciudades debido a que se considera, la calidad de vida y las posibilidades de desarrollo serán mejores. La mitad de la humanidad vive en la actualidad en ciudades y, dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial habitará en núcleos urbanos. Las urbes actuales cuentan con

una población de entre 10 mil a 50 mil habitantes, hasta millones de ellos en las grandes metrópolis (IANAS, 2017).

El crecimiento urbano es mayor en los países en desarrollo, donde las ciudades aumentan su población, de media, en 5 millones de habitantes al mes. La explosión del crecimiento urbano conlleva desafíos sin precedentes entre los que la falta de suministro de agua y saneamiento es el más urgente y lesivo. Para 20230 se prevé que el mundo tendrá 43 mega-ciudades con más de diez millones de personas, la mayoría de las cuales se encontrarán en regiones en desarrollo UNESCO, ONU-Agua, (2020).

El crecimiento poblacional desmedido en urbes y la migración de zonas rurales, trae consigo una mayor demanda del recurso hídrico, no sólo por el número de personas que consumirán agua, sino porque el estilo de vida de los ciudadanos exige una mayor cantidad de agua en comparación con los habitantes rurales UNESCO, ONU-Agua, (2020).

A lo largo de todo el mundo, muchas ciudades se han edificado sin planeación y sin métodos de previsión, generando problemáticas relacionadas con el recurso hídrico, entre las que destacan: arrastre de sedimentos y contaminación de cuerpos de agua en las ciudades debido a la deforestación, vertido descontrolado de aguas residuales domésticas e industriales, manejo inadecuado de residuos sólidos por falta de hábitos de higiene en la población y la contaminación de aguas subterráneas debido a actividades económicas; mismas que exigen una solución.

Si bien los problemas anteriores afectan los asentamientos urbanos, son dos los principales desafíos en materia de agua que afectan su sostenibilidad: la falta de acceso a agua saludable y a saneamiento, y el aumento de desastres relacionados con el agua como inundaciones y sequías. Estos problemas son presenciados primordialmente en las periferias de las urbes y conllevan enormes consecuencias para la salud y el bienestar humanos, la seguridad, el medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

El acceso al agua potable y a su tratamiento ha aumentado en las últimas décadas, sin embargo, aún existen ciudades que presentan problemas de cobertura. Datos indican que la cobertura de suministro de agua y saneamiento aumentó satisfactoriamente entre 1990 y 2008, pero el crecimiento de la población urbana mundial pone en peligro estos resultados. Mientras

que entre 1990 y 2008, 1.052 millones de ciudadanos obtuvieron acceso a fuentes de agua potable mejoradas y 813 millones a saneamiento mejorado, la población urbana creció durante ese periodo en cerca de 1.089 millones de personas (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

El aumento en la cobertura de agua potable y su saneamiento ha reducido la propagación de enfermedades a causa de agua fuera de las condiciones óptimas para su uso. Sin embargo, esto no sucede a lo largo de todas las urbes, ya que algunas zonas marginadas no cuentan con estos servicios y tienden a presentar enfermedades como la diarrea o brotes de malaria y de cólera.

Como se comentó en el párrafo anterior, aquellos que sufren las consecuencias de la falta de agua son las poblaciones pobres de las ciudades que, con frecuencia, viven en zonas suburbanas o en asentamientos irregulares en rápido proceso de expansión y donde no están cubiertas las necesidades más básicas para la vida como un agua potable saludable, un saneamiento adecuado, el acceso a servicios de salud, una vivienda duradera y segura.

Así mismo, las poblaciones rurales tienden a experimentar las consecuencias de la falta de sistemas de drenaje y abastecimiento de agua. Se estima que, a nivel mundial, un 96% de la población urbana utilizaba una fuente mejorada de abastecimiento de agua en 2010, comparado con un 81% de la población rural. Ello significa que 653 millones de habitantes de zonas rurales carecen de acceso a una fuente mejorada de agua potable. En este mismo año, un 79% de la población urbana tenía acceso a saneamiento mejorado comparado con un 47% para la población rural (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Cuando se habla de cambio climático, son las ciudades uno de los sectores más afectados por el mismo. La falta de planificación de crecimiento y modernización conlleva a que muchas ciudades se encuentren expuestas a los fenómenos climáticos extremos. Todas las ciudades alrededor del mundo han experimentado cambios en la precipitación media, presentando épocas de estiaje más prolongadas y lluvias imprevistas de mayor intensidad. Dichos cambios se esperan sean más notorios en un futuro próximo, lo que traerá consigo un aumento en las inundaciones de las urbes (generando pérdidas económicas), y necesidad de transporte de agua de distancias mayores a las actuales para tiempos de sequía. Todo esto lleva dos puntos de acción: mejo-

ramiento en sistemas de desalajo de aguas pluviales y mejora en los procesos de gestión del agua (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Con el aumento de la temperatura media en el mundo se verá afectado el proceso de evapotranspiración, lo que obligará a restringir actividades con uso de agua secundarias para satisfacer las necesidades de consumo humano. Debido a las problemáticas a las que se está enfrentando el ser humano, es necesario cambiar el paradigma en lo que respecta a las ciudades para hacerlas sustentables. Para ello se han delineado nuevas tareas para el manejo del agua, como lo son (Jiménez, 2014):

- Empleo de nuevas fuentes para el suministro de agua, mismas como agua salada, agua pluvial, escorrentía urbana y aguas residuales.
- Uso eficiente del recurso hídrico.
- Control de la demanda de agua mediante la educación en el correcto manejo del recurso. Además de la implementación de equipos de bajo consumo.
- Manejo adecuado de drenajes e inundaciones en las urbes.
- Manejo sustentable del agua residual.
- Reintegración del agua utilizada a los cuerpos de agua en condiciones óptimas.
- Incentivar la agricultura urbana.

REFLEXIÓN

El panorama que se ha planteado en este capítulo nos debe llevar a la reflexión y a la acción. Por un lado, tenemos un fenómeno crítico que es el cambio climático que esta transformando la disponibilidad de agua en términos de calidad y cantidad. De acuerdo a los diversos informes y estudios que se presentaron el tema de cambio climático y su relación con el agua debe ser un asunto de prioridad nacional en cada país. Debe haber esfuerzos por incluir en la planeación urbana los impactos de este fenómeno. Como se verá más adelante el enfoque de Ciudad Sensible al agua considera al cambio climático como uno de los ejes para el diseño de asentamientos humanos.

Ante este fenómeno y las conductas erradas relacionadas con la gestión del agua que se ha llevado a cabo, la comunidad internacional ha establecido

las ODS que se resumen en abastecer de agua a la mayor población posible así como servicios de saneamiento. Los subjetivos también hacen énfasis en restaurar y proteger los cuerpos de agua así como mejorar los sistemas de agua, los cuáles se fundamentan en que el agua se debe gestionar de manera integrada. El enfoque de Ciudad Sensible al Agua ha adoptado los ODS como ejes orientadores para lograr la transformación de la gestión del agua en las ciudades, en los próximos capítulos se mostrará el peso que tienen en la implementación de estrategias que propone este enfoque.

México como parte de América Latina enfrenta los desafíos claros de desabasto y falta de saneamiento, que se manifiestan principal en sectores de la población que sufren la pobreza. Esta situación se presenta principalmente en las periferias de las grandes ciudades. Una de las aportaciones del enfoque de Ciudad Sensible al Agua es que propone que las ciudades puedan ser vivibles (medio ambiente sano), resilientes (adaptables al cambio climático) sustentables (amigables con el medio ambiente) y productivas (generadoras de riqueza para todos). Así que ante este panorama descrito se verá la situación específica del agua en las ciudades mexicanas.

II

LAS PRINCIPALES CIUDADES MEXICANAS Y EL AGUA

Este capítulo presenta la problemática del agua en las ciudades mexicanas desde el punto de vista de la urbanización voraz que se ha presentado en los últimos años en las ciudades mexicanas. Se muestran los impactos de la urbanización desordenada en el ciclo del agua y en el funcionamiento del sistema hidrosanitario urbano en las principales ciudades mexicanas. Enseguida, se comparte el plan Nacional Hídrico 2020-2024 y la Agenda del Agua 2030 realizada 2011 como marco necesario para entender la orientación de la gestión del agua del presente gobierno federal y específicamente la agenda hídrica en las ciudades mexicanas.

Con el objetivo de obtener un panorama general de la gestión del ciclo del agua y el sistema hidrosanitario en las ciudades mexicanas, se describe desde la parte operativa, su situación actual tres principales ciudades de la república: Ciudad de México (CDMX), Área metropolitana de Monterrey (AMM) y el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). La información que se presenta de los tres centros urbanos será muy útil para desarrollar una agenda de ciudad sensible al agua que pudiera servir de ejemplo para el resto de las ciudades mexicanas. Con este capítulo inicia el proceso de conocer las implicaciones del esfuerzo de iniciar y desarrollar una transición hacia la sensibilidad hídrica de México.

II. 1. LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN LAS CIUDADES

Este crecimiento urbano ha deteriorado el funcionamiento del ciclo del agua (hidrología) y de los sistemas hidrosanitarios (hidráulica). En lo referente a la parte natural llamada ciclo hidrológico, la construcción de viviendas ha

cubierto en gran parte la superficie de las cuencas provocando inundaciones y al mismo tiempo disminución de ingreso de agua a los acuíferos. Como es sabido, las inundaciones provocan graves daños económicos y pérdidas humanas cada año en las ciudades mexicanas, y por otro lado, la falta de recarga acuífera disminuye la falta de disponibilidad de agua subterránea.

II. 1.1 El impacto de la urbanización en el ciclo del agua

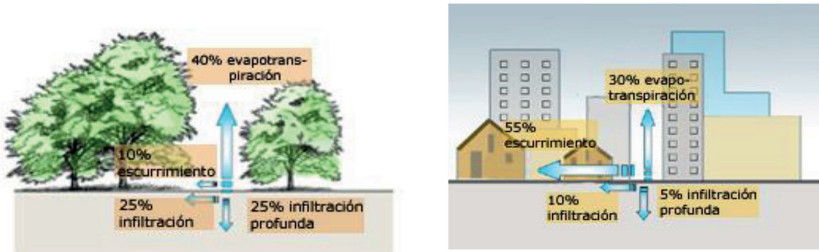
El impacto de la urbanización en el ciclo del agua se puede observar el comportamiento de las variables del ciclo del agua en una microcuenca en condiciones naturales (sin concreto) y urbanizadas (con concreto) (Ver figura 2.1). Además, se puede observar la reducción de la evapotranspiración por la ausencia de áreas verdes, lo que produce aumento de la temperatura durante el día y disminuye la presencia de lluvia en la zona por la falta de humedad. Ante la disminución de agua en la cuenca, se opta por buscar fuentes alternas de suministro de agua de otras cuencas, provocando daños ambientales a las mismas. Así también, el deterioro de los drenajes por la falta de mantenimiento o porque ha sobrepasado su vida útil, se presentan descargas de aguas negras al subsuelo que contaminan las aguas subterráneas.

La urbanización desordenada ha impactado negativamente el funcionamiento del ciclo del agua, a través de la construcción de avenidas, edificios y viviendas que han cubierto casi en su totalidad la superficie de las cuencas. De continuar con este tipo de crecimiento, se estará comprometiendo la disponibilidad de agua de las próximas generaciones, por lo que es necesaria una restauración hidrológica de las cuencas., de la cual se hablará en el capítulo cuatro.

En la figura 2.1 los cambios más contrastante radican en el aumento del escurrimiento cinco veces arriba en el escenario en condiciones urbanizadas; así como la disminución marcada en las tasas de infiltración somera y profunda. La urbanización desordenada provoca inundaciones pero a la vez la sequedad de los acuíferos, comprometiendo la disponibilidad del agua de las futuras generaciones.

En la figura 2.2 se observa estos escenarios en las tres principales ciudades mexicanas: Guadalajara, Monterrey y Ciudad de México).

FIGURA 2.1
Escenarios diferentes del ciclo del agua



a) Ciclo del agua en condiciones naturales c) Ciclo del agua en condiciones urbanizadas

Fuente: Melbourne Water, 2020.

FIGURA 2.2
Ciudades mexicanas en condiciones naturales y urbanizadas



a) Guadalajara sin urbanizar

b) Guadalajara urbanizada



c) Monterrey sin urbanizar



d) Monterrey urbanizada

FIGURA 2.2 (continuación)
Ciudades mexicanas en condiciones naturales y urbanizadas



Fuente: Castalán et lat., (2015)

II. 1.2 El impacto de la urbanización en el sistema hidrosanitario urbano

La urbanización desordenada no solo daña al ciclo del agua sino también a la infraestructura o sistema hidrosanitario urbano. Un problema frecuente en las ciudades mexicanas que refleja esta afectación, es la incapacidad de desalojo de los drenajes. En las tres principales ciudades se presentan inundaciones durante los temporales de lluvia, a pesar de que han realizado obras de desalojo, lamentablemente, el problema persiste. En la figura 2.3 se observan inundaciones en Guadalajara y Monterrey.

FIGURA 2.3
Incapacidad de desalojo



La abundante cantidad de agua pluvial satura los colectores y se desborda por las alcantarillas para correr por las calles arrastrando todo tipo de contaminantes, y algunos casos, provocando pérdidas humanas. Desafortunadamente también, esta agua que debió haberse infiltrado en el subsuelo para recargar los acuíferos, ahora corre por las calles con altos niveles de contaminación y es drenada en algunos casos a cuerpos de agua existentes, los cuáles se contaminan.

Cuando la urbanización desordenada se presenta al no tomar en cuenta al ciclo de la agua y al funcionamiento del sistema hidrosanitario urbano, los grandes volúmenes de escurrimientos provocados por la impermeabilización del suelo, no caben en los colectores lo que produce grandes inundaciones. Es necesario cambiar el paradigma de la gestión de aguas pluviales escurridas que se centra solo en el desalojo y no en la recuperación de esos caudales que provocan varios daños materiales y personales.

Por otro lado, un problema grave que enfrentan las ciudades mexicanas consiste en las fugas en la red de distribución de agua. A pesar de que la Asociación Americana de Obras Hidráulicas recomienda que las pérdidas aceptables son del 10% (AWWA, por sus siglas en inglés), las ciudades mexicanas tienen un 40% de pérdidas. De 10 vasos de agua, cuatro no llegan a los hogares mexicanos. Es menester priorizar, no tan solo la rehabilitación sino la digitalización de la red para conocer en tiempo real la cantidad y calidad de agua así como la presión. Sin embargo, el enfoque prevalece en este sentido, es aumentar la oferta de agua a través de la construcción de grandes obras de abastecimiento desdeñando la reparación de las fugas. ¿Quién en su sano juicio a sabiendas que sus bolsillos tiene hoyos, decide meter más dinero para recuperar lo que ha perdido? De tal manera, que es necesario mejorar el sistema hidrosanitario para que funcione bien y no comprometa la calidad de vida de los ciudadanos.

II. 2 LA AGENDA NACIONAL DEL AGUA

Es el turno de conocer la agenda pública nacional para el sector hídrico. El objetivo de este apartado es conocer el contexto de planeación del agua de

nuestro país para saber la orientación de las políticas públicas que se estarán implementando en los próximos años desde la administración pública.

II. 2.1 Programa Nacional Hídrico (2020-2024)

El Programa Nacional Hídrico (PNH) 2020-2024 es un programa especial derivado del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024. El PNH es el resultado de un proceso de consulta que inició con los foros para la construcción del PND, a través del proceso de consulta se identificaron los cinco problemas públicos que se indican en la siguiente figura 2.4 junto con los objetivos prioritarios definidos:

FIGURA 2.4
Programa Nacional hídrico de México (2019-2024)



Fuente: CONAGUA, 2019.

La política hídrica responde de manera directa a los siguientes principios rectores del PND 2019-2024:

- Por el bien de todos, primero los pobres.
- No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie afuera.
- Honradez y honestidad.

A continuación, se presenta parte del resumen del Plan Hídrico Nacional, emitiendo la información más relevante y crítica.

II. 2.1.1 Panorama nacional de los recursos hídricos en México

II. 2.1.1.1 Acceso a los servicios de agua potable y saneamiento insuficiente e inequitativo

A nivel nacional, solo el 58% de la población del país tiene agua diariamente en su domicilio y cuenta con saneamiento básico mejorado. El estado con la situación más crítica es Guerrero, con 10%, en contraste con Nuevo León, con un 95%. En el medio urbano se alcanza un valor de 64%, y en el medio rural de 39%. Son 14 los estados con mayor rezago en el acceso a los servicios, en los que el porcentaje de población que cuenta con agua todos los días y saneamiento básico mejorado oscila entre 10 y 50% (figura 2.5)

FIGURA 2.5
Estados con acceso a servicios de agua



Fuente: INEGI, 2019, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares 2018. (PNH)

De acuerdo con el artículo 115 constitucional, los municipios son los responsables de prestar los servicios de agua potable y saneamiento a la población; sin embargo, muchos de ellos carecen de las capacidades técnicas y gerenciales para brindar los servicios adecuadamente, aunado a que en el nivel municipal se siguen presentando problemas de simulación, transferencia de bienes públicos a privados y dispendio. (PNH 2020-2024)

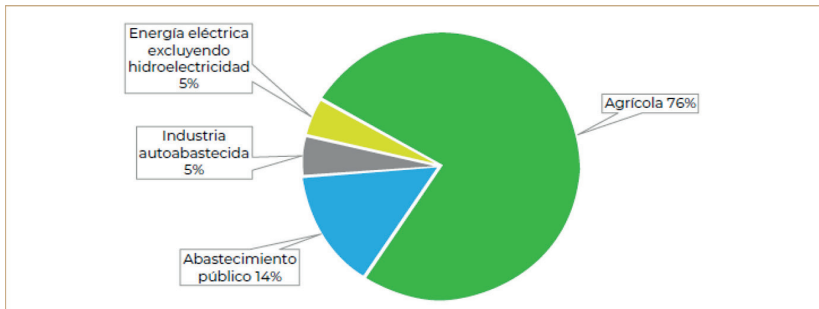
II. 2.1.1.2 Uso ineficiente del agua que afecta a la población y a los sectores productivos

El incremento de las extracciones de agua de cuencas y acuíferos del país ha ocasionado un aumento significativo del grado de presión sobre el recurso (proporción del agua renovable que es extraída para diferentes usos consuntivos), particularmente en las zonas centro y norte del país, donde el indicador alcanza un valor del 55% el cual se estima que seguirá aumentando de continuar con las tendencias actuales.

Del total de agua extraída, el mayor volumen se utiliza por las grandes centrales hidroeléctricas, que generan cerca del 12% de la energía eléctrica del país. No obstante, el uso para hidroelectricidad no implica consumo del recurso, ya que éste generalmente regresa a los cuerpos de agua sin daño en su calidad. Aún así, al reservarse grandes volúmenes de agua para las hidroeléctricas, no pueden aprovecharse para otros usos.

En lo que respecta a los usos consuntivos, aproximadamente el 61% del agua proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 39% restante se extrae de fuentes subterráneas (acuíferos). El sector agrícola utiliza cerca del 76% de las extracciones, le sigue el abastecimiento público que extrae el 14%, mientras que 5% corresponde a lo que usa la industria autoabastecida y 5% se emplea en centrales termoeléctricas (figura 2.6). De estos caudales, los sectores, agrícola y público urbano tienen pérdidas de cerca de la mitad del agua extraída, lo que representa una gran área de oportunidad para reducir las extracciones.

FIGURA 2.6
Usos de agua en México



Fuente: CONAGUA, 2018, Sistema Nacional de Información del Agua – PNH.

De acuerdo con los volúmenes de agua concesionados o asignados para usos consuntivos, la región con “muy alto” grado de presión es la XIII Aguas del Valle de México (141%); con un grado de presión “alto” están las RHA: I Península de Baja California (81%), II Noroeste (85%), III Pacífico Norte (40%), IV Balsas (50%), VI Río Bravo (75%), VII Cuencas Centrales del Norte (48%) y VIII Lerma-Santiago-Pacífico (45%); con un grado de presión “medio”, la RHA IX Golfo Norte (21%). El resto del país se considera con “bajo” grado de presión, como es el caso de la RHA XII Península de Yucatán, o sin presión como las RHA V Pacífico Sur, X Golfo Centro y XI Frontera Sur (figura 2.7). (PNH 2020-2024) (Figura 2.7)

FIGURA 2.7
Porcentajes de estrés hídrico de México



Fuente: CONAGUA, 2018, Sistema Nacional de Información del Agua – PNH.

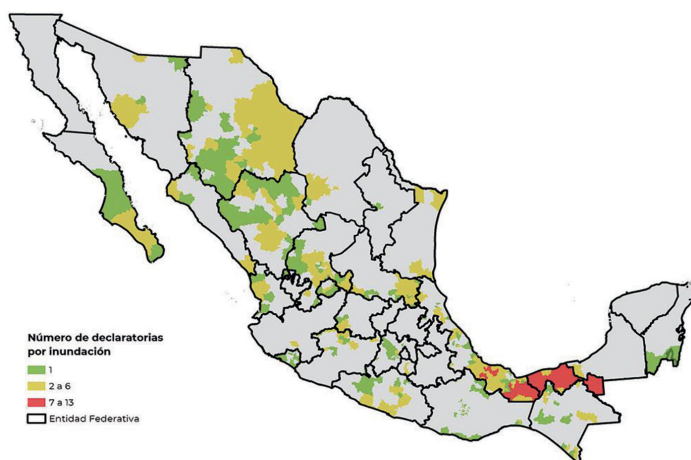
II. 2.1.1.3 Pérdidas humanas y materiales por fenómenos hidrometeorológicos extremos

Anualmente, en México impactan en promedio unos cinco ciclones tropicales, que pueden desencadenar desastres de gran magnitud, sobre todo en las costas del Pacífico, afectando la vida de las personas, los bienes materiales y la economía de las regiones. Las sequías también pueden tener consecuencias desde leves hasta catastróficas. Bajo condiciones de cambio climático y debido a una mala planeación del desarrollo territorial que ha generado asentamientos humanos en zonas de riesgo, los eventos hidrometeorológicos extremos, así como la ocurrencia de sequías e inundaciones tendrán impactos en las poblaciones que habitan en zonas de riesgo.

El mayor impacto histórico y la propensión de inundaciones se concentra en 17 entidades federativas que albergan al 62% de la población. Los estados más afectados son Veracruz, Tabasco y Chiapas, donde existen asentamientos con alta densidad de población localizados en zonas de riesgo por inundación. En la figura 2.8 se aprecia el número de declaratorias por

inundación que ha emitido el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) en diferentes partes del país, entre los años 2012 y 2018.

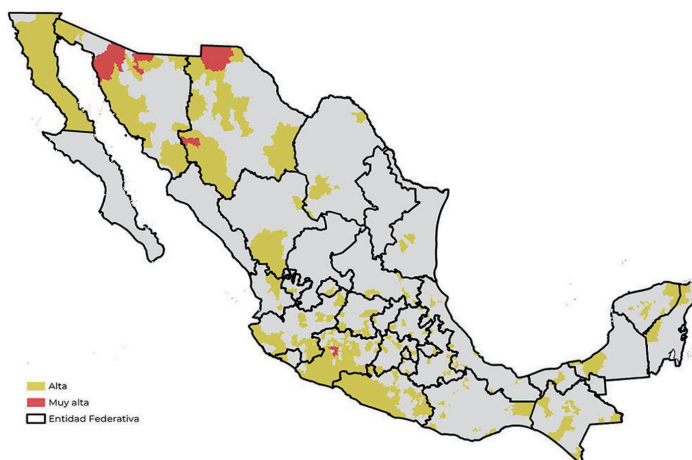
FIGURA 2.8
Número de declaratorias por inundación



Fuente: CONAGUA, 2019, Sistema Nacional de Información del Agua – PNH.

Además de las variaciones estacionales de agua, existen variaciones interanuales que pueden ocasionar sequías. Los acuíferos, que son la mejor forma de almacenar agua para enfrentar años secos, se están quedando sin reservas debido a que son sobreexplotados para atender las demandas regulares de agua. En este sentido, las regiones más vulnerables y que concentran mayor afectación por sequías son el norte, noroeste y centro del país; principalmente los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y Zacatecas. En el periodo de 2011 a 2013, México fue severamente afectado por una sequía que cubrió el 90% del territorio y que obligó a ejercer el mayor presupuesto federal de la historia en el portafolio de aseguramiento catastrófico 2011. (PNH 2020-2024). En la figura 2.9 se muestra los niveles de sequía en el país.

FIGURA 2.9
Nivel de sequías en México

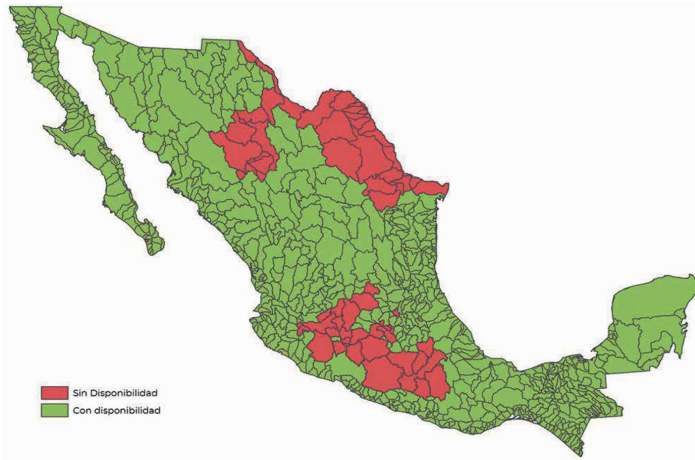


Fuente: CONAGUA, 2017. Programa Nacional contra la Sequía – PNH.

II. 2.1.1.4 Deterioro cuantitativo y cualitativo del agua en cuencas y acuíferos

El incremento en la extracción de agua en cuencas y acuíferos del país ha ocasionado que exista una situación de sobreexplotación en 115 de los 653 acuíferos. Por otro lado, en aproximadamente 69 de las 757 cuencas hidrológicas el caudal concesionado o asignado es mayor que el de agua renovable (situación de déficit.) Las aguas superficiales se encuentran contaminadas por descargas de aguas residuales, municipales e industriales sin tratamiento, así como por agroquímicos. De acuerdo con los últimos datos publicados sobre disponibilidad de las cuencas hidrológicas en julio de 2016, las cuencas del país con déficit de agua se localizan principalmente en las zonas centro y norte, particularmente en las RHA VI Río Bravo y XIII Aguas del Valle de México (figura 2.10).

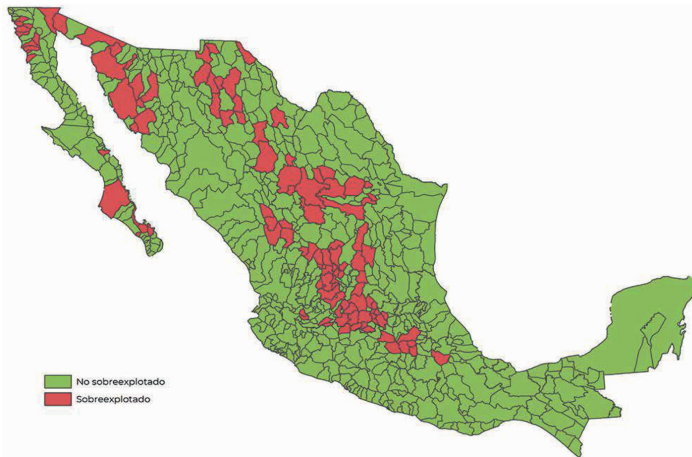
FIGURA 2.10
Disponibilidad de agua por cuencas en México



Fuente: CONAGUA, 2019. Elaborado con datos de DOF 2016 y Sistema Nacional de Información del Agua 2019 – PNH.

En gran parte del país, la extracción de aguas subterráneas es superior a la recarga, lo que significa que se está minando el patrimonio hídrico en aproximadamente 9 500 millones de metros cúbicos por año (figura 2.11). (PNH 2020-2024)

FIGURA 2.11
Situación de acuíferos en México



Fuente: CONAGUA, 2019. Elaborado con datos de DOF 2018 y Sistema Nacional de Información del Agua 2019 – PNH.

II. 2.1.1.5 Condiciones institucionales y de participación social insuficientes para la adecuada toma de decisiones y el combate a la corrupción

Aún cuando la participación social en la gestión del agua se ha consolidado gradualmente en el país, ya sea en los ámbitos formales o fuera de estos, todavía es necesario construir espacios inclusivos para dialogar, proporcionar información y concertar soluciones entre el gobierno, los usuarios y la ciudadanía en general. Para propiciar la participación, la Ley de Aguas Nacionales (LAN= define a la cuenca y a los acuíferos como las unidades territoriales básicas para la gestión integrada del agua; asimismo, reconoce a 26 consejos de cuenca (figura 2.12) y a sus órganos auxiliares como instancias de coordinación y concertación, y a los Comités Hidráulicos de los Distritos de Riego como órganos colegiados de concertación para la gestión del agua y la infraestructura.

FIGURA 2.12
Consejos de cuenca



Fuente: CONAGUA, 2018. Atlas del Agua en México – PNH.

Existen otros obstáculos para hacer funcional la participación social en la gestión del agua. Aunque las organizaciones de la sociedad civil (OSC) participan en los consejos, se considera que los espacios de diálogo no abordan las temáticas más urgentes, no cuentan con el nivel de convocatoria requerido, ni con verdadera representatividad de los actores locales. En general las consultas carecen de credibilidad y los mecanismos para tomar decisiones no son satisfactorios para todos los actores.

Ante la ineficiencia de los mecanismos de participación social promovidos hasta ahora, es común que las comunidades recurran a la acción directa y a la movilización para hacer valer sus derechos. Como parte de esta nueva administración, CONAGUA asume la oportunidad que representa la Ley Federal de Austeridad Republicana como un proceso para utilizar de manera responsable los recursos del pueblo y evitar el dispendio y excesos de administraciones pasadas. (PNH 2020-2024)

II. 2.1.2 Objetivos del Plan Nacional Hídrico

Continuando con el análisis se comenta que para la ejecución y el cumplimiento del Programa Nacional Hídrico (PNH) 2020-2024 deben sumarse esfuerzos y financiamiento de los tres órdenes de gobierno, los usuarios, las organizaciones civiles y la sociedad en su conjunto, por lo que el programa privilegia una visión en la que deberán coexistir los enfoques de transversalidad y territorialidad.

A continuación se presenten los objetivos prioritarios del Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Para cada uno de los objetivos se establecieron estrategias prioritarias que definen las intervenciones de política pública que serán implementadas para el logro de dichos objetivos. En la figura 2.13 se aprecia la relación entre la visión del sector, los objetivos y las estrategias prioritarias del PNH.

El primer objetivo plantea garantizar los derechos humanos al agua y saneamiento, el cual está alineado al objetivo seis de la agenda 2030 de la ONU, y para ello sus estrategias involucran la protección de la disponibilidad del agua en las cuencas y acuíferos; abatir los rezagos al acceso al agua y saneamiento en los medios rurales y periurbanos; fortalecer los organismos operadores para que brinde servicios de calidad; atender las necesidades de infraestructura hidráulica para enfrentar las presentes y futuras necesidades.

El segundo objetivo postula que es necesario *aprovechar* eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos. Para lograrlo, es menester aprovechar de manera eficiente el agua en el sector agrícola para contribuir a la seguridad alimentaria y al bienestar; fortalecer las asociaciones de usuarios agrícolas con el propósito de mejorar su desempeño; apoyar y promover proyectos productivos en zonas marginadas; y orientar el desarrollo de los sectores industrial y servicios para mitigar su impacto en los recursos hídricos.

El tercer objetivo señala que se debe *reducir* la *vulnerabilidad* de las poblaciones ante *inundaciones* y *sequías*, con énfasis en pueblos indígenas y afromexicanos. Las estrategias para alcanzar este objetivo son: fortalecer los sistemas de observación e información hidrológica a fin de mejorar la gestión de riesgos; fortalecer medidas de prevención de daños frente a fenómenos hidrometeorológicos y de adaptación al cambio climático para dis-

minuir vulnerabilidad; desarrollar infraestructura que considere soluciones basada en la naturaleza para la protección de centros de población y zonas productivas; y fortalecer la atención a emergencias.

FIGURA 2.13
Objetivos y estrategias del Plan Nacional Hídrico



Fuente: Plan Nacional Hídrico 2019-2024.

El cuarto objetivo menciona la necesidad de *preservar* la integralidad del *ciclo de agua* a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuífero. Para lograrlo, será necesario conservar cuencas y acuíferos para mejorar la capacidad de provisión de servicios hidrológicos; reducir y controlar la contaminación para evitar el deterioro de cuerpos de agua y sus impactos en la salud; reglamentar cuencas y acuíferos con el fin de asegurar agua en cantidad y calidad par la población y reducir la sobreexplotación; y atender las emergencias hidoecológicas para proteger la salud de la población y el ambiente.

Finalmente se presenta el quinto objetivo, el cual establece que se deben mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción. Las estrategias a desarro-

llar son: garantizar el acceso a la información para fortalecer el proceso de planeación y rendición de cuentas; promover la participación ciudadana a fin de garantizar la inclusión en la gestión del agua; fortalecer el sistema financiero del agua para focalizar inversiones a zonas y grupos de atención prioritaria, en particular pueblos indígenas y afromexicanos; y fortalecer las capacidades institucionales para la transformación del sector.

En otras palabras, el Plan Nacional Hídrico propone que todos los mexicanos tengan *acceso* al agua y saneamiento, que los sectores productivos la aprovechen eficientemente, proteger a la población de inundaciones y sequías, *preservar el ciclo del agua* y mejorar la *gobernanza* para incluir a los ciudadanos en la toma de decisiones y así combatir la corrupción.

II. 2.2 Agenda del agua 2030 para México

Otro documento importante a enunciar es la agenda del agua 2030 para México presentada en el 2011. Un año después de la celebración del Día Mundial del Agua de 2010, México asumió el compromiso de trabajar en la formulación de la Agenda del Agua 2030, en la que plantea los siguientes objetivos: consolidar una política de sustentabilidad hídrica y entregar a la siguiente generación un país con ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de agua potable y alcantarillado y asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas. El día 22 de marzo de 2011, en el Día Mundial del Agua, la Comisión Nacional del Agua publica la Agenda del Agua 2030.

A continuación, se presentan los subtemas del resumen ejecutivo de la Agenda del Agua 2030, en relación a materia hídrica. Esta agenda realizada por la CONAGUA es un documento referencial importante ya que es producto de meses de rigurosos estudios técnico-prospectivos, cientos de reuniones a lo largo y ancho del país y el procesamiento de gran número de iniciativas procedentes de todos los sectores de la sociedad. Se enuncian aquí las consideraciones más importantes dentro de la agenda para fundamentar la propuesta de transitar hacia ciudades mexicanas sensibles al agua.

II. 2.2.1 Cuencas en equilibrio

El país presenta un desequilibrio entre disponibilidad hídrica y demanda, existen cuencas donde se utiliza un bajo porcentaje del agua total disponible, y otras en que utiliza más del 100%. Las iniciativas que pueden apoyar de forma más relevante el logro de cuencas y acuíferos en equilibrio son:

- I) Dar un papel más relevante a los Comités Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) en la gestión de los acuíferos;
- II) Fortalecer la organización y funcionamiento de los Consejos de Cuenca y sus órganos auxiliares;
- III) Robustecer las funciones de gobierno de CONAGUA y su organización regional;
- IV) Involucrar a las Asociaciones Civiles de Usuarios de Riego y a los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas en el impulso del ahorro de volúmenes y tecnificación del riego;
- V) Formular reglamentos para la distribución de las aguas superficiales por cuenca y por acuífero, y;
- VI) Reforzar los sistemas de medición y verificación del cumplimiento de los volúmenes concesionados y autorizados en un año agrícola.

II. 2.2.2 Ríos limpios

Actualmente se generan 6.7 miles de millones de metros cúbicos de aguas residuales, y se espera que este volumen aumente a 9.2 miles de millones de metros cúbicos en 2030 en que únicamente el 38% de dicho volumen se trataría de acuerdo con el nivel requerido por la Ley. Revertir esta situación requiere inversiones de 114 mil millones de pesos al 2030, así como la instrumentación de las siguientes iniciativas:

- I) Reforzar los mecanismos institucionales disponibles para desincentivar las conductas contaminantes de los diversos usuarios;
- II) Desarrollar una normatividad específica para la evaluación, monitoreo y control de la contaminación difusa, y
- III) Promover y reforzar los programas de reforestación intensiva asociada a la conservación de suelos en cuencas hidrográficas prioritarias.

II. 2.2.3 Cobertura universal

Actualmente, de acuerdo al XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, el 91.3% de la población tiene servicio de agua potable y 89.9% tiene cobertura de alcantarillado (2010). Las entidades federativas con mayores retos en materia de coberturas de agua potable y alcantarillado son Baja California, Chiapas, Estado de México, Jalisco, Puebla y Veracruz.

Alcanzar la cobertura universal al 2030 requerirá inversiones de 215 mil millones de pesos y la instrumentación de las siguientes iniciativas:

- I) Dar una responsabilidad más relevante a los gobiernos estatales en materia de agua potable y saneamiento;
- II) Promover la certificación sistemática del personal directivo y técnico de los organismos operadores de agua y saneamiento; III) Fomentar que la definición de tarifas siga criterios técnicos y se desvincule de aspectos políticos, y IV) Fortalecer las capacidades y las atribuciones de la Comisión Nacional del Agua y de las comisiones estatales del agua para fomentar, supervisar y regular los servicios de agua y saneamiento.

II. 2.2.3 Asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas

Históricamente las inundaciones han afectado principalmente a las regiones hidrológico-administrativas Valle de México y Frontera Sur, lo que explica que las inversiones se concentran en tales regiones. Sin embargo, existen otras regiones en las que es necesario incrementar las inversiones en este rubro, como es el caso de Golfo Centro y Península de Yucatán. Se contemplan distintos tipos de inversiones en el país que se aplican básicamente en dos conceptos, construcción de drenaje pluvial (47%) y control de avenidas (45%).

Entre las iniciativas más relevantes para abatir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a las inundaciones catastróficas son las siguientes:

- I) Crear la Secretaría del Ordenamiento Territorial que instrumente una Estrategia de Ordenamiento Territorial de largo plazo; II) Hacer obligatorio e implantar gradualmente un Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio en todos los municipios del país, y extender sus alcances a las áreas urbanas de los centros de población; VII) Consolidar los servicios hidrológicos regionales y nacional.

II. 3 LA GESTIÓN DEL AGUA EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DE MÉXICO

En este apartado se muestra un panorama general de la situación de la gestión de los recursos hídricos bajo dos esferas: la del ciclo del agua (sistema natural) y la del sistema hidrosanitario (sistema artificial). Esta valiosa información ayudará a tener un acercamiento de cómo funciona el agua en tres de las ciudades más de México y los planes que sus sistemas operadores han proyectado, con el propósito de identificar similitudes o diferencias con el concepto de Ciudad Sensible al Agua que se expone en el capítulo tres.

II. 3.1 La gestión del agua en Ciudad de México

II. 3.1.1 Datos del sistema natural de agua en la Ciudad de México

La Ciudad de México es un área territorial que abarca 1.485 km², se conforma de un total de 16 alcaldías y cuenta con una población total de 8,918,653 habitantes (Instituto de Información Estadística y Geografía, 2015) (Ver figura 2.14). Está ubicada en una cuenca endorreica, lo que dificulta el drenaje de agua pluvial.

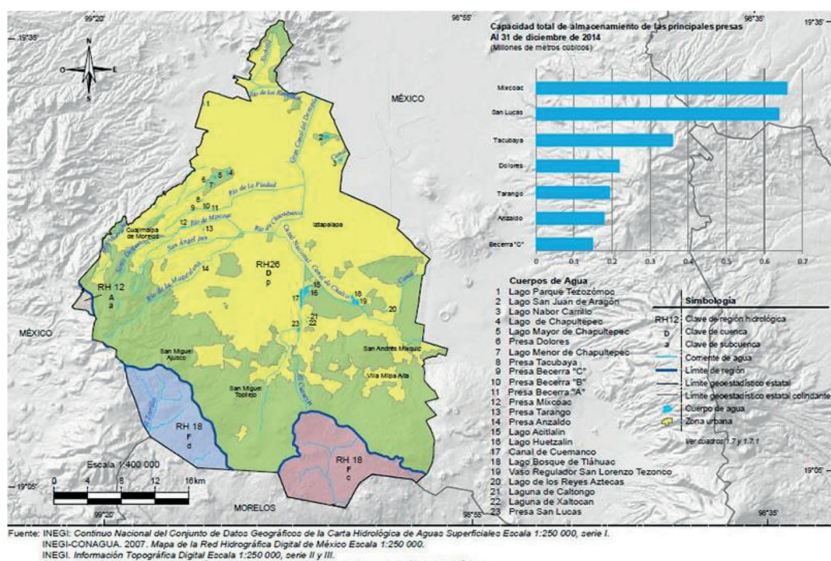
FIGURA 2.14
Alcaldías en la Ciudad de México



Fuente: Elaborado por INEGI con base al Marco Geoestadístico Municipal (2010)

De acuerdo al INEGI la precipitación media anual de la capital es de entre 600 mm en la región seca y en la parte templada húmeda es de 1200 mm anuales. Según la UAM, para la Ciudad de México se registra una precipitación media anual de 682 mm; de la cual 72% se evapora, 4% se recupera en aguas superficiales, 14% se escurre y 11% se infiltra para la recarga de acuíferos. La Ciudad de México se distribuye en tres regiones hidrológicas: Pánuco (RH 26), Balsas (RH 18) y Lerma Santiago (RH 12) (CONAGUA). En la figura 2.15 los principales escurrimientos la ciudad de México.

FIGURA 2.15
Escurrecimientos de la Ciudad de México



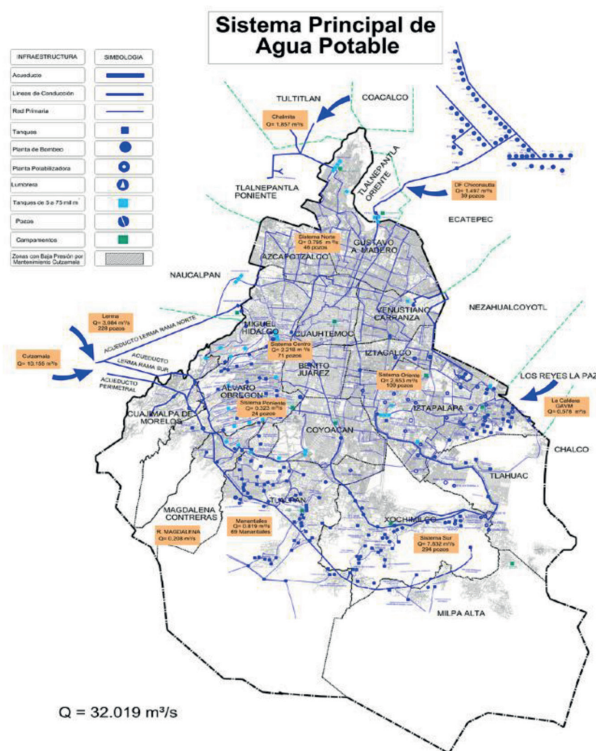
Fuente: Mapa elaborado por INEGI y CONAGUA (2018)

II. 3.1.2 Datos del sistema hidrosanitario de Ciudad de México

El sistema hidrosanitario de la Ciudad de México es manejado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX). La ciudad se provee de agua de dos principales fuentes, su principal fuente de abastecimiento es el Acuífero Zona Metropolitana del Valle de México, del cual son extraídos pozos explo-

tados (37%) y pozos recargados (22%). La segunda fuente de mayor importancia es el sistema Cutzamala (20%). También se extrae agua del sistema de saneamiento de aguas recuperadas (10%), del Río Lerma (9%) y de extracción de manantiales (2%). El agua llega desde las fuentes de abastecimiento mencionadas anteriormente, por medio de diversas obras de infraestructura como canales o acueductos. El caudal de suministro de un gasto promedio de $Q = 32.019 \text{ m}^3/\text{s}$. Ver figura 2.16.

FIGURA 2.16
Sistema de agua potable de la CDMX



Fuente: SACMEX, 2020.

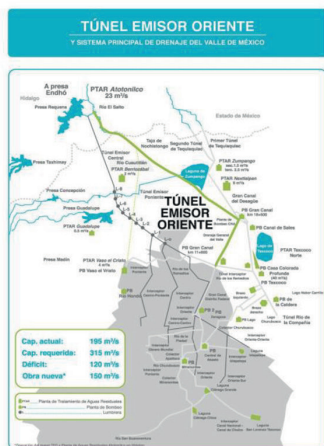
El Sistema Cutzamala bombea líquido a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar, y éste a su vez recorre aproximadamente 127 km para llegar a

la ciudad. En lo correspondiente a la etapa de alejamiento, el agua de drenaje pasa al Emisor Central, en el cual confluyen principalmente tres interceptores:

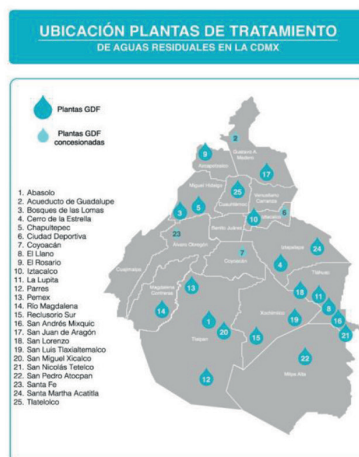
- Interceptor Centro-Poniente, el cual beneficia a gran parte de las alcaldías Miguel Hidalgo y Azcapotzalco.
- Interceptor Central, el cual beneficia a las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc y parte de Benito Juárez.
- Interceptor Oriente, el cual se conecta al Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco.

El sistema principal de drenaje del Valle de México es el Túnel Emisor Oriente, con una capacidad actual de desalojo de 195 m³/s (figura 2.17a). De ambas redes, el agua es tratada en un total de 26 plantas de tratamiento (PTARs), la cual se utiliza principalmente para la industria, el riego de áreas verdes, el llenado de canales y deportivos de la zona (Ver figura 2.17b)

FIGURA 2.17
Drenaje profundo de la CDMX y PTARS



a) Drenaje profundo de la CDMX



b) PTARS de la CDMX

Fuente: SACMEX, 2020.

II. 3.1.3 Plan institucional del SACMEX

Los días 18 y 19 de julio de 2019 el Gobierno de la Ciudad de México, a través de SACMEX publica su plan maestro de drenaje en la Cumbre de Fondos de Agua (SACMEX, 2019). En el que se establece que el drenaje de la capital se encuentra en déficit, y que puede ser un punto de recuperación para la intensa extracción de los acuíferos de la Zona Metropolitana del Valle de México, en el que el drenaje propiamente tratado podría ayudar a disminuir estas cifras con tendencia a aumentar. Respecto al abastecimiento, el déficit estimado de agua potable es de 3 m³/segundo, la sobreexplotación del acuífero (ZMVM) de 17.79 m³/s y la disminución de sus niveles de 1 metro por año, provocando hundimientos del subsuelo de hasta 30 cm por año, por lo tanto, un deterioro gradual de la calidad del agua en acuíferos, al extraerse cada vez a mayor profundidad.

De la problemática presentada por SACMEX las causas más relevantes son las siguientes:

- Existe un difícil acceso a nuevas fuentes de abastecimiento, tanto en el presente como en el futuro.
- El 42% del agua suministrada se pierde en red por fugas, agua no contabilizada y clandestinaje, además de que más de 430 puntos del sistema no cuentan con dispositivos de medición, lo que dificulta su rastreo y la recopilación de información estadística.
- Se requieren mejores esquemas de medición e información a usuarios para favorecer mejores porcentajes de recaudación y diseño de esquemas tarifarios adecuados al costo de los servicios de extracción, transporte, potabilización y distribución.

De estos problemas específicos SACMEX plantea los siguientes objetivos y sus sub-puntos más importantes.

1. Garantizar el Derecho al Agua para Todos
 - Cobertura del servicio, potabilización y red de distribución mejorada.
2. Drenaje, Tratamiento y Reuso
 - Mejorar el proceso de la red de drenaje, plantas y sistemas de tratamiento de aguas residuales y reuso de agua residual tratada

3. Sustentabilidad y Gestión Ambiental de los Recursos Hídricos
 - Aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos, recarga del acuífero (ZMVM) y la mitigación de hundimientos.
4. Transformación Estructural
 - Transformación jurídica y reestructuración organizacional del SACMEX. Además de modernizar los procesos de administración con el fin de que sean más prácticos y fiables.
5. Ejes Transversales
 - Promover la cultura del agua en la ciudad y ejecución de proyectos metropolitanos a nivel Cuenca de Valle de México.

Hasta ahora, lo que se lleva ejecutado de este plan, a grandes rasgos, es que se han hecho adecuaciones y mejoras en la infraestructura hidrosanitaria y la gestión de la misma. Asimismo, un plan de reposición y rehabilitación para los pozos, de los cuales son 18 de reposición y 19 de rehabilitación, total 38; los análisis realizados a estos Pozos son acorde a la NOM-127-SSA1-1994/2000 Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Finalmente, se está trabajando en una cobertura de 18.93 kilómetros de redes de colectores y atarjeas, de los cuales se tuvo un avance del 17% en 2019. También, la limpieza y desazolve de la red de drenaje, como programa anual se contempla una meta de 4,541 kilómetros de redes trabajadas, de las cuales se tiene ejecutado el 52% que representa, 2361 kilómetros. Los trabajos de desazolve realizados para 9 presas, 5 lagunas y 5 ríos representan un total de 697,393 metros cúbicos de azolve, de los cuales se tuvo un avance del 75.7 en el año 2019.

II. 3.2 La gestión del agua en el Área Metropolitana de Monterrey

II. 3.2.1 Datos del sistema natural de agua en el Área Metropolitana de Monterrey

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es un área territorial que abarca 7,657 km² y se conforma de un total de 13 municipios: Apodaca, Cadereyta Jiménez, El Carmen, García, San Pedro Garza García, General Escobedo,

Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina y Santiago; estos municipios reúnen a una población total de 4,689,601 habitantes (Instituto de Información Estadística y Geografía, 2015)

FIGURA 2.18
Municipios del área metropolitana de Monterrey

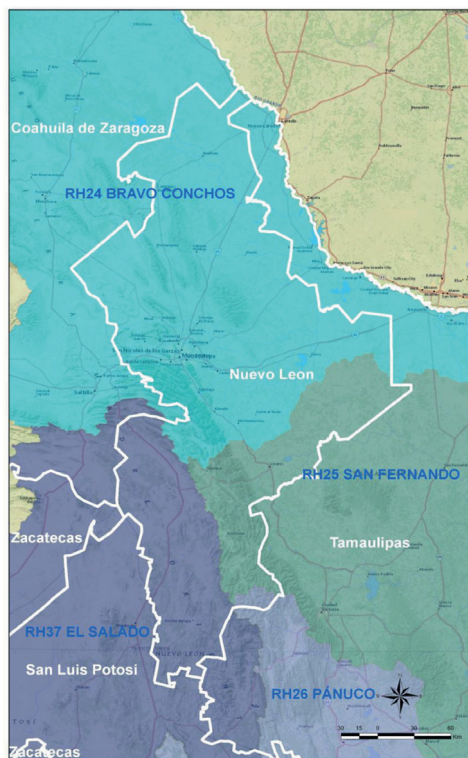


Fuente: Periódico *Milenio*, 2019.

De acuerdo al Plan Hídrico Nacional de Nuevo León 2050, el AMM se ubica en la cuenca del río San Juan, dentro de la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos, en una región semidesértica con poca disponibilidad natural de agua, debido a la precipitación escasa e irregular, tanto en tiempo como en espacio (figura 2.19), para Nuevo León la precipitación media anual en el

periodo 1981-2010 alcanza 542 mm, lo cual ubica la entidad federativa en una zona con una oferta limitada de agua.

FIGURA 2.19
Regiones hidrológicas del estado de Nuevo León

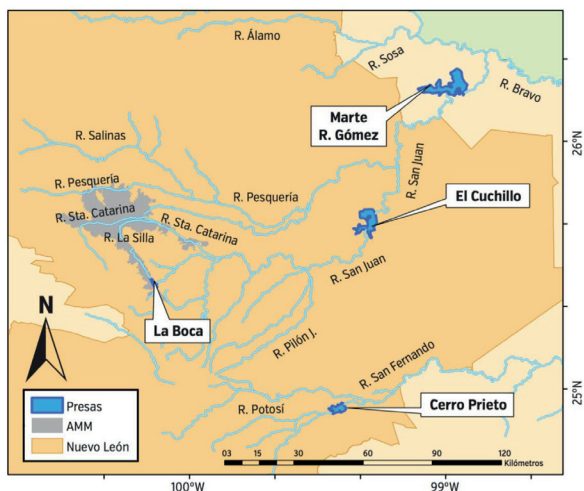


Fuente: Uso del agua en Nuevo León; elaborado por el autor con base en CONAGUA.

Con respecto a la hidrografía en el AMM surcan múltiples ríos, arroyos y cañadas. Su principal corriente, el río Santa Catarina, nace en la parte alta de los cañones de La Huasteca en la Sierra Madre Oriental. Luego de atravesar toda la zona urbana de poniente a oriente, confluye con el río San Juan, el cual alimenta la presa El Cuchillo –la principal fuente de agua superficial de la zona metropolitana-. En el límite norte de la zona urbana fluye el río Pesquería; receptor de la mayor parte de las descargas de aguas residuales

tratadas del AMM, se une al río San Juan aguas abajo de la presa El Cuchillo. De ahí el río San Juan sigue su ruta hasta la presa Marte R. Gómez, en Tamaulipas, para desembocar finalmente en el río Bravo en la frontera con Estados Unidos (Figura 2.20). (Aguilar et al, 2015).

FIGURA 2.20
Hidrografía del área metropolitana de Monterrey



Fuente: Aguilar et al (2015).

II. 3.2.2 Datos del sistema hidrosanitario del Área Metropolitana de Monterrey

La gestión del agua en el AMM está a cargo de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM). El sistema hidrosanitario urbano del Área Metropolitana de Monterrey se abastece tanto de fuentes superficiales (60%) como subterráneas (40%). Entre las fuentes superficiales para el abastecimiento de agua al AMM se cuentan la Presa Rodrigo Gómez – La Boca, la Presa José López Portillo – Cierro Prieto y la Presa el Cuchillo – Solidaridad (Ver figura 2.21).

Las fuentes de abastecimiento de origen subterráneo que complementan el suministro de agua para el AMM corresponden al sistema acuíferos

Buenos Aires (también conocido como Huasteca), Campo Mina, Sistema Santiago (Cañón del Huajuco), Pozos del Área Metropolitana de Monterrey (someros y profundos), Topo Chico, Sistema Elizondo y La Estanzuela. El sistema opera actualmente con pozos profundos de entre 700 m y 1,000 m de profundidad en los acuíferos Buenos Aires, Mina y AMM; con pozos someros de menos de 100 m de profundidad; en el AMM, un manantial; tres túneles (Cola de Caballo I y II y San Francisco) y una galería filtrante en La Huasteca.

FIGURA 2.21
Fuentes de abastecimiento de área metropolitana de Monterrey



Fuente: Uso del agua en Nuevo León, 2019.

En la tabla 2.1 se muestran las asignaciones otorgadas por la CONAGUA a SADM para el abastecimiento público – urbano. El total anual asciende a 510.28 hm³, lo que equivale a un gasto medio anual concesionado de 16.18 m³/s. El 68% del volumen asignado proviene de fuentes superficiales y el 32% restantes de subterráneas. De acuerdo con la información presentada con anterioridad, históricamente el gasto de extracción real de la presa La Boca ha sido mayor que el concesionado, mientras que de las presas El Cuchillo y Cerro Prieto las extracciones han sido sensiblemente menores a lo

autorizado. Es importante subrayar que, de forma agregada, ni aún en años críticos en cuanto a extracciones de agua potable, se ha sobrepasado la cantidad total asignada.

TABLA 2.1
Asignaciones otorgadas a sadm con fines de abastecimiento de agua

<i>Tipo</i>	<i>Fuente</i>	<i>Volumen anual concesionado por año (m³)</i>	<i>Gasto medio concesionado (m³/s)</i>
<i>Superficial</i>	Presa La Boca	29,000,000	0.92
	Presa Cerro Prieto	168,000,000	5.33
	Presa El cuchillo	150,742,000	4.78
<i>Total de fuentes superficiales</i>		<i>347,742,000</i>	<i>11.03</i>
<i>Subterránea</i>	Campo Mina	26,477,468	0.84
	Campo Buenos Aires	62,667,677	1.99
	Cañón Del Huajuco (Santiago)	34,689,600	1.10
	Área Metropolitana de Monterrey	27,685,139	0.88
	Campo Topo Chico	2,836,663	0.09
	Manantial La Estanzuela	6,307,000	0.20
	A. Los Elizondo	1,883,000	0.06
<i>Total de fuentes subterráneas</i>		<i>162,546,547</i>	<i>5.15</i>
<i>Total</i>		<i>510,288,547</i>	<i>16.18</i>

Fuente: Ramírez et al (2016)

El agua se conduce desde las fuentes de abastecimiento anteriormente mencionados por medio de diversas obras de infraestructura como canales o acueductos, hasta llegar a las tomas domiciliarias. Como se mencionó, la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento se encuentra a cargo de SADM, tanto en el AMM como en el resto del estado por lo que respecta a sistemas formales de abastecimiento. De acuerdo con SADM (2017), en el AMM, se mantiene una coberturas del 99.69% (figura 2.10) . En el caso del área no metropolitana, la cobertura de agua potable ha tenido una evolución significativa desde el año 2000 y se ubica actualmente en 99.45%. En la tabla 2.2 se muestran las estadísticas básicas del abasteci-

miento de agua potable, tanto para el AMM como para los municipios no metropolitanos, a septiembre de 2017.

TABLA 2.2
Prestación de servicios de agua potable

<i>Estadística</i>	<i>AMM</i>	<i>Área no metropolitana</i>
Operación		
Número de plantas potabilizadoras	4	10
Número de tanques de almacenamiento	228	380
Porcentaje de cobertura de agua potable	99.63	99.45
Porcentaje de agua no contabilizada	31.02	56.70
Volumen anual de agua producido (m ³)	346,826,188.80	40,717,320.00
Ingeniería		
Kilómetros de tubería de agua potable	10,900.24	3,411.09
Comercial		
Número de tomas registradas	1,269,283.00	330,267.00
Volumen actual de agua facturada (m ³)	194,576,931.00	34,041,465.00
Volumen actual de agua cobrado (m ³)	192,576,931.00	27,573,587.00
Administración		
Número de empleado por cada mil tomas	3.72	3.09

Fuente: Centro Internacional del Agua (2017).

En lo que se refiere a alcantarillado y drenaje pluvial existen un total de 8,299 km de atarjeas y colectores que reciben las aguas residuales generadas en el AMM. Al igual que en el caso del agua potable, la cobertura del servicio de drenaje alcanza al 99 % de la población. Por lo tanto y considerando que la totalidad de las aguas residuales recolectadas en el sistema de alcantarillado se mandan a plantas de tratamiento, en el Monterrey metropolitano se somete a tratamiento prácticamente el 100 % de las aguas residuales.

En cuanto a la red de drenaje pluvial del AMM, en septiembre de 2012 existían siete grandes sistemas. Entre los que destacan por su capacidad de conducción están los sistemas Obispo, Conductores, Torres de Escobedo, La Talavera y Sabinas. La longitud total de drenes y colectores de aguas plu-

viales construidos, incluyendo ramales secundarios, es de 160 km, con una capacidad de desalojo de 4.729 m³ /s. Si bien el sistema de drenaje existente ha disminuido notablemente los daños ocasionados por eventos pluviales, la capacidad de desalojo en la zona todavía es insuficiente, como queda demostrado año con año en diversos puntos de la metrópoli.

Los procesos de saneamiento iniciaron en Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey con la puesta en marcha en 1995 de las tres plantas de tratamiento de aguas residuales, Dulces Nombres (5,000 L/s), Norte (2,500 L/s) y Noreste (500 L/s). Con el Proyecto Monterrey V, las plantas fueron ampliadas a Dulces Nombres a 7,500, Norte 3,000 y Noreste 1,875 L/s respectivamente (Santa Rosa no se amplió), Recientemente Planta Norte se amplió a 4,000 L/s (tren 6), quedando actualmente la capacidad instalada en 13,575 L/s (SADM, 2020). A febrero de 2014, estas plantas se encontraban operando en promedio a un 74 % de su capacidad conjunta. (Ver figura 2.22)

FIGURA 2.22
Planta tratamiento Dulces Nombres



Fuente: SADM, 2020.

II. 3.2.3 Plan institucional del SADM

El plan institucional de SADM se plasma en el Plan Estratégico 2021, el cual es publicado en el mes de septiembre de 2009 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León; a través del gobierno del Estado, el Sistema de Planeación y Evaluación, el SADM.

El Plan Estratégico 2021 es un apéndice del Plan Estatal del Desarrollo 2003-2009, el cual se compone de 7 capítulos; el plan se deriva principalmente de los capítulos *V: Por un desarrollo ordenador y sustentable* y *VII: Proyectos estratégicos para transformar Nuevo León*. El documento, además, parte de las demandas ciudadanas que se captaron en los diversos foros de consulta para la conformación del Plan Estatal de Desarrollo 2003-2009. El objetivo del documento es, el de concientizar a la ciudadanía de la importancia de agua para la región y la prospectiva de la misma a futuro, además de servir de guía al Sistema de Aguas de Monterrey (SADM) para orientar sus proyectos futuros y ética de trabajo bajo estas directrices.

El SADM expone diversas metas estratégicas, a continuación, se presenta un resumen de cada una.

- a) Abasto de agua.
Por medio de la ejecución de una administración correcta, proteger y conservar las cuencas hidrológicas que surten a la entidad. De ser necesario, rehabilitar las cuencas de la entidad, mediante diversos sistemas de tratamiento, además de fomentar la reutilización del agua y evitar el uso de agua de pozos (acuífero).
- b) Cultura, cuidado y aprovechamiento diversos del agua
Promover la concientización y cultura del agua, mediante diversos programas, campañas y publicidad, aprovechando todos los medios de comunicación, incluyendo los oficiales.
- c) Contaminación del agua
Prevenir la contaminación de las fuentes de agua de la entidad, mediante la aplicación del marco normativo, de no acatarse, penalizar a los responsables.

d) Aguas residuales y descargas

Extender la normativa hacia los asentamientos irregulares, a fin de que todos puedan recibir servicio sanitario; corregir y aumentar las actuales obras de infraestructura de desagüe, y proponer la reutilización de las aguas grises.

e) Acciones a realizar fuera del Área Metropolitana

Ampliar la infraestructura actual de las redes de distribución de agua, recolectores sanitarios y los sistemas de tratamiento de aguas para localidades en crecimiento, además de diferentes propuestas de construcción a nivel Estado.

Para ampliar un poco sobre la gestión del agua en Nuevo León se presenta el Plan Hídrico Nuevo León 2050. Con un enfoque a un consumo responsable del agua y a la atención de riesgos hidrometeorológicos, el Plan Hídrico Nuevo León 2050 fue presentado por el fondo de Agua Metropolitano de Monterrey (FAMM) en colaboración con el Consejo Nuevo León para la Planeación Estratégica y Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM).

El objetivo del Plan Hídrico Nuevo León 2050 es el de ser un documento que sirva a manera de análisis y revisión continua, cuyo contenido se enriquezca paulatinamente y se adapte de forma periódica a las nuevas realidades y circunstancias. Podemos decir que es la actual carta magna en materia hídrica para el Estado de Nuevo León.

- Su contenido en materia de agua se lista de la siguiente manera:
- La demanda de agua, su dinámica y pronóstico a 2050
- La oferta actual del agua
- La brecha futura entre oferta y demanda
- Alternativas para cubrir la brecha
- La gestión del agua bajo incertidumbres profundas
- Fenómenos extremos
- Conservación de cuencas

Hasta ahora, sobre los resultados obtenidos de ambos planes cabe decir que del Plan Estratégico 2021 se han cumplido satisfactoriamente algunas de las metas, ya que el AMM cuenta con una cobertura de servicio de agua potable del 99.69% y un 98.81% del sistema de drenaje, lo que coloca al Área Me-

tropolitana de Monterrey como una de las tres ciudades más importantes de México, la que cuenta con mejor dotación de agua potable y servicios de drenaje, en relación a su cantidad de habitantes. Respecto al Plan Hídrico Nuevo León 2050, aún le queda a la entidad un camino por recorrer y este servirá como una guía cuando venza su plazo el anterior. (Ver figura 2.23)

FIGURA 2.23

Sesión de trabajo de consejo de Agua y Drenaje



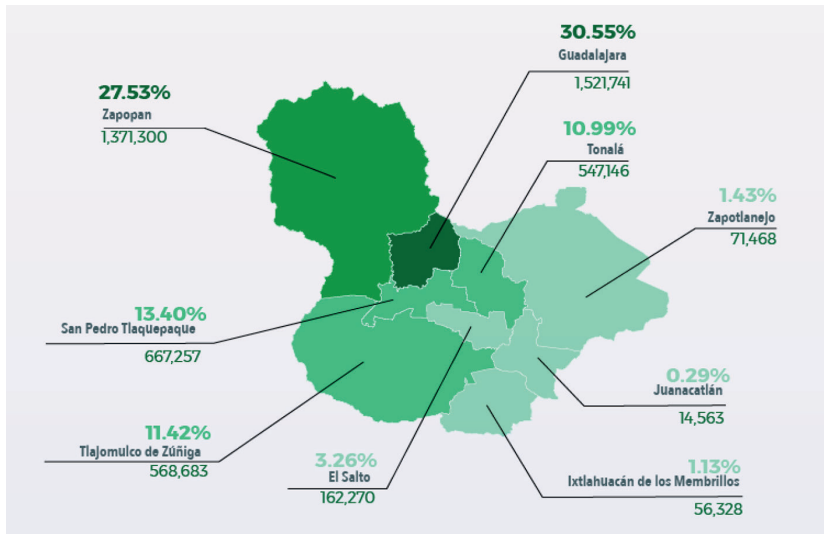
Fuente: SADM, 2020.

II. 3.3 La gestión del agua en el Área Metropolitana de Guadalajara

II. 3.3.1 Datos del sistema natural de agua en el Área Metropolitana de Guadalajara

A partir de 2015, se decretó que el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) quedaría conformada por los siguientes municipios: Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, El Salto, Zapotlanejo, Ixtlahuacán de los Membrillos y Juanacatlán; estos nueve municipios reúnen al 7 de noviembre de 2017 a 5 millones de habitantes (Instituto de Información Estadística y Geografía, 2017) Ver figura 2.24.

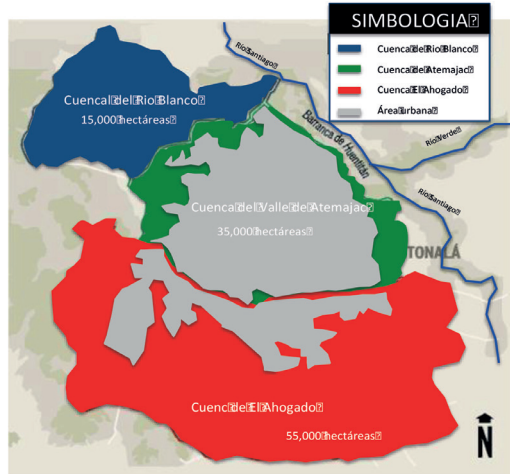
FIGURA 2.24
Porcentaje de la población en el amg por municipio



Fuente: Elaborado por el IIEG con base a CONAPO (1 de julio de 2017)

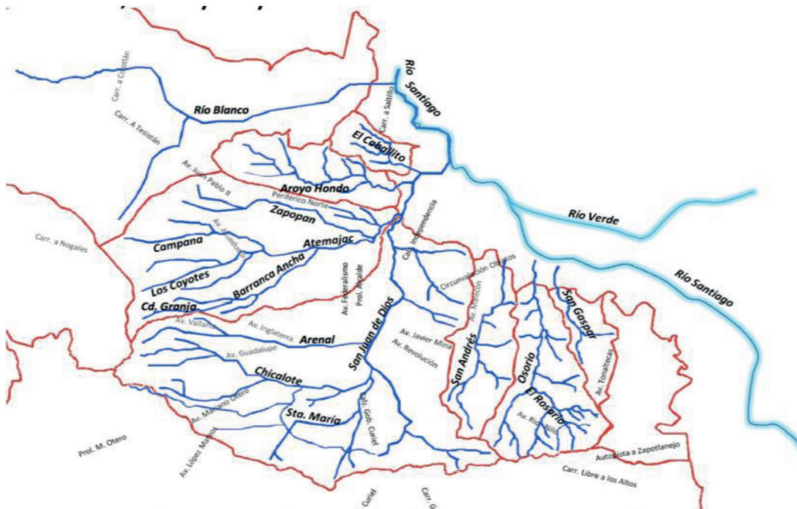
Según el (IIEG, 2018) la precipitación media anual del municipio es de 998 mm. La evaporación potencial media anual es de 700 mm, presentando los meses con el mayor índice, de marzo hasta junio. se encuentra ubicada en tres sub-cuencas: Valle de Atemajac (35,00 Has), El Ahogado (55,000Has) y El Río Blanco (15,000 Has). En la figura 2.25 se observan las cuencas y la mancha urbana del AMG y en la figura 2.26 se observan los escurrimientos en la subcuenca del Arroyo Blanco y del Valle de Atemajac.

FIGURA 2.25
Cuencas del área metropolitana de Guadalajara



Fuente: elaboración propia, 2016.

FIGURA 2.26
Arroyos en el área metropolitana de Guadalajara



Fuente: SIAPA, 2016.

II. 3.3.2 Datos del sistema hidrosanitario del área metropolitana de Guadalajara

El sistema hidrosanitario del AMG es operado por el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), el cual obtiene el agua de tres principales fuentes: Lago de Chapala (60%), acuífero de Atemajac y Toluquilla (30%) y la presa Elías González Chávez (10%). El agua es conducida del Lago de Chapala a través del acueducto de 42.6 Km de longitud, el canal de Atequiza de 96 km y el Acueducto de la Presa con una longitud de 31 km. (Ver figura 2.25). Para la extracción del agua subterránea se cuenta con 169 pozos repartidos en las tres sub-cuencas que abastecen a la población. El agua es potabilizada en las plantas: Miravalle, Las Huertas, San Gaspar y Toluquilla. (Ver figura 2.27)

FIGURA 2.27
Fuentes de abastecimiento superficiales y conducciones



Fuente: SIAPA.

El agua limpia es repartida a través de una red de distribución de 7,750 km de longitud con el apoyo de tanques de regulación, bombeos y re-bombeos. Una vez que el agua llega a las viviendas, la dotación de consumo es de 280

litros por segundo al día. Las viviendas desalojan sus aguas de desecho hacia una red de colectores que evacúan las aguas residuales y pluviales en Guadalajara, se realiza mediante una red de líneas primarias y secundarias. A su vez, esta estructura está integrada por una red de colectores con una longitud de 159 km. y de subcolectores de 152 km., a la que se conectan 6 900 km. de atarjeas que reciben 804, 193 descargas y conducen un volumen de 8.3 m³/seg. Esta evacuación está organizada por sub-cuencas naturales, en donde se concentran diferentes porcentajes de descargas.

Actualmente una porción de el aguas residuales se limpia en dos plantas de tratamiento: Agua Prieta y la de El Ahogado. La primera tiene tiene una capacidad de 8.5 m³/s y la segunda 2.25 m³/s. Ambas plantas estaban planeadas para sanear hasta 89% de las aguas negras que se generan en la metrópoli; sin embargo, según datos de la Comisión Estatal del Agua (CEA), sólo se sanea 59.5 por ciento (Consejo Consultivo del Agua, A.C. 2019). En la figura 2.28 se observa la planta de tratamiento

FIGURA 2.28
Planta de Tratamiento Agua Prieta



Fuente: CEA, Jalisco.

II. 3.3.3 Plan institucional del SIAPA

El 05 de diciembre del año 2018, se crea la nueva Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Jalisco, mediante decreto número 27213/LXII/18 publicado en el Periódico Oficial “El Estado de Jalisco” que entró en vigor el 06 de diciembre del 2018. Con esta Ley nace la Secretaría de Gestión Integral del Agua como dependencia de la Administración Pública Centralizada.

El 19 de diciembre del año 2018, se establece el acuerdo del Ciudadano Gobernador Constitucional del Estado Libre y Soberano de Jalisco mediante el cual se Sectorizan las diversas Entidades de la administración pública paraestatal a las dependencias de la Administración Pública Centralizada. En su punto de acuerdo cuarto, fracción IV, se sectoriza y se agrupan a la Secretaría de Gestión Integral del Agua del Estado de Jalisco, los Organismos Públicos Descentralizados de la Comisión Estatal del Agua; (CEA), el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, (SIAPA), y el Sistema de los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Puerto Vallarta, (SEAPAL).

Después de una revisión no se encontró un plan como tal para la administración 2019-2024, solo se encontró en la página web de SIAPA el Plan Institucional de la Secretaría de Gestión Integral del Agua, que contiene la siguiente información acerca de los Organismos Públicos Descentralizados Sectorizados a ella (Gobierno del Estado de Jalisco, 2019).

Los Objetivos Institucionales de la Secretaría de Gestión Integral del Agua se describen a continuación:

1. Incrementar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable a la población rural y urbana, así como a los servicios productivos del Estado.
2. Incrementar la cobertura del servicio de alcantarillado en el Estado.
3. Incrementar la cobertura y calidad del saneamiento en el Estado e incrementar la reutilización del Agua tratada.
4. Planes de Resiliencia.

Se identifica como programas públicos, proyectos institucionales, bienes o servicios:

1. Incrementar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable a la población
 - 1.1. Incrementar las fuentes de abastecimiento de agua.
 - 1.2. Mejorar la Infraestructura para la Calidad y distribución del agua.
 - 1.3. Impulsar programas de cultura del agua.
2. Incrementar la cobertura del servicio de alcantarillado en el Estado.
 - 2.1. Mejorar la Infraestructura de alcantarillado.
 - 2.2. Ampliar los sistemas de alcantarillado en el Estado.
 - 2.3. Acciones de planeación, rehabilitación y creación de una nueva infraestructura, encaminada a lograr una gestión integral del agua en Jalisco, incluyendo de manera prioritaria el saneamiento, la reutilización del agua residual, la mejora del abastecimiento en el Estado y de la infraestructura hidroagrícola.
3. Incrementar la cobertura y calidad del saneamiento en el Estado e incrementar la reutilización del Agua tratada.
 - 3.1. Aumentar el porcentaje de aguas tratadas.
 - 3.2. Mejorar la infraestructura para el tratamiento de las aguas.
 - 3.3. Impulsar programas de cultura del agua.
 - 3.4. Desarrollar el proyecto integral de reutilización de aguas residuales tratadas “Línea Morada del Corredor Industrial de El Salto”.
4. Planes de Resiliencia.
 - 4.1. Análisis y Estudios en su primer etapa conjuntamente con la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos.

II. 3.4 Cuadro comparativo técnico

Con la finalidad de resumir la información técnica sobre datos territoriales, hidrológicos e hidrosanitarios de las tres ciudades y a la vez compararla para observar diferencias y similitudes se presenta la tabla 2.3.

TABLA 2.3
Tabla comparativa de las tres ciudades

<i>Concepto</i>	<i>CDMX</i>	<i>AMM</i>	<i>AMG</i>
Territorio	1,485 km ²	7,657 km ²	2,742 km ²
Población (habitantes)	8,918,653	4,689,601	4,796,603
Municipios o alcaldías	16 alcaldías	13 municipios	9 municipios
Precipitación media anual	682 mm	542 mm	897 mm
Fuentes de suministro	Pozos 37% Pozos recar. 20% Cutzamla 20% Reuso 10% Río Lerma 9% Manantiales 2%	Presa Boca 5% Presa Cerro Prieto 33% Presa El cuchillo 30% Pozos 32%	Chapala 60% Pozos 30% Presa Calderón 10%
Caudal de suministro	Q = 32.019 m ³ /s	Q = 16.18 m ³ /s	Q = 9 m ³ /s
Distribución	11,000 km	8,390 km	7,750 km
Consumo	320 litros/hab/día	253 litros/hab/día	280 litros/hab/día
Alejamiento	10,000 km, 68 estaciones de bombeo, 111 km de canales abiertos, 42 km de ríos drenaje 118 km de túneles.	8299 km de atarjeas y colectores	300 km de colectores
Tratamiento	26 PTAR	PTAR Dulces Nombres, PTAR Norte, PTAR Noreste, PTAR Santa Rosa PTAR Zuazua PTAR Salinas Victoria	PTAR Agua Prieta PTAR El Ahogado

Fuente: elaboración propia, 2020.

III

NUEVO PARADIGMA: CIUDAD SENSIBLE AL AGUA

El presente capítulo detalla el desarrollo teórico que ha conducido al concepto de *ciudades sensibles al agua* que se maneja internacionalmente. En primer lugar, se explica el desarrollo histórico de la relación de las ciudades con sus recursos hídricos, se define el concepto de *ciudad sensible al agua* y los ejes en que se fundamenta. En seguida, se comenta una serie de principios en los que debe basarse el desarrollo práctico de una comunidad que sea sensible al agua. En tercer lugar, se hace mención de cómo debería ser el manejo de los recursos hídricos en una *comunidad sensible al agua*. Posteriormente se hace referencia a los principales retos que enfrentan las ciudades para volverse sensible al agua y, por último, se comentan algunos de los casos más relevantes de aplicación del concepto de *ciudades sensibles al agua* en el contexto internacional, enseguida se muestran las siete metas y 37 indicadores para lograr una ciudad sensible al agua. para después hacer mención de la situación de América Latina en general y México en lo particular. Al final se presenta el diseño urbano sensible al agua (DUSA, Water Sensitvie Urban Design por sus siglas en inglés) como herramienta para lograr una ciudad sensible al agua.

III. 1 ¿QUÉ ES UNA COMUNIDAD SENSIBLE AL AGUA?

El siglo XXI trajo consigo un importante cambio en la distribución de la población humana: por primera vez en la historia la proporción de personas habitando ciudades sobrepasó a la que habita el medio rural. Consecuentemente, el impacto de las ciudades sobre el entorno natural en que se desarrollan ha intensificado, al mismo tiempo que la población continúa incrementando. Además, el cambio climático plantea retos adicionales en cuanto al uso sustentable de los recursos hídricos (Wong y Brown, 2009). Ante esta

problemática, resulta patente la necesidad de transformar las prácticas de manejo del agua en los grandes centros urbanos para volverlas resilientes (capaces de soportar cambios sin alterar significativamente su funcionamiento) con el objetivo de asegurar que la provisión de agua sea suficiente y de calidad en el mediano y largo plazo.

Surge también la necesidad de transformar las concepciones que los diferentes actores sociales tienen con respecto al uso del agua. El conjunto implícito de valores y acuerdos entre la sociedad civil, gobiernos y los sectores productivos en referencia a los recursos hídricos ha sido denominado ‘contrato hidro-social’ y constituye un concepto de relevancia en el contexto del manejo sustentable del agua (Wong y Brown, 2009).

Las condiciones y necesidades de la ciudad del siglo XXI exigen dejar atrás el esquema tradicional del manejo del agua. En las grandes ciudades, éste ha consistido en la desvinculación, tanto en términos administrativos como de infraestructura, del abasto de agua, el drenaje sanitario y el drenaje pluvial (Wong y Brown, 2009).

El camino hacia la sustentabilidad en la concepción, diseño y construcción de las ciudades en cuanto al manejo de los recursos hídricos ha transitado por diversas etapas dictadas así mismo por diferentes motivaciones sociales y políticas. Estas etapas han sido propuestas por Brown, Keath y Wong (2009) a manera de un esbozo general basado en la experiencia australiana, aunque las particularidades sociales, económicas, políticas bióticas y físicas de las ciudades definen la individualidad de cada situación, propiciando que la transición entre las etapas no necesariamente deba ser lineal ni que las etapas sean mutuamente excluyentes. A continuación se describen dichas etapas.

En primer lugar, ocurren las *ciudades como suministro de agua*. En ellas, la infraestructura y el rol institucional se enfocan a lograr un suministro seguro, constante y barato para una población urbana creciente. El acceso al agua es interpretado como un derecho público que el estado debe proporcionar de forma ilimitada y a un costo asequible para asegurar el acceso a los grupos sociales menos privilegiados. El financiamiento se origina a través de impuestos a la población.

Posteriormente surgen las *ciudades enfocadas en el alcantarillado*. La preocupación pública por las condiciones de salubridad derivadas del manejo de las aguas residuales llevó a los gobiernos a construir infraestructura de

alcantarillado con el objetivo de llevarlas fuera de la ciudad. La construcción y mantenimiento de dicha infraestructura es también vista como un derecho que el estado debe proveer mediante el financiamiento proveniente de impuestos.

La invención del automóvil permitió que las personas pudieran residir a mayor distancia del centro de las ciudades. Estos nuevos espacios habitacionales, además de requerir sistema de alcantarillado, necesitaron también sistemas de drenaje que desalojaran rápidamente el agua de lluvia para evitar inundaciones y daño a la propiedad, con lo que surge la etapa de las *Ciudades enfocadas en el drenaje pluvial*. Muchos cauces naturales son entubados para permitir la expansión de la urbanización. En general se sigue viendo al gobierno como el responsable de proveer la infraestructura requerida.

Las etapas transcurridas hasta este punto tienen varios aspectos en común. En primer lugar, el contrato hidro-social bajo el que se han regido señala que el estado es el actor preponderante y con mayor responsabilidad, encargado de asegurar los servicios de abasto, drenaje y sanidad, dejando al resto de los actores roles secundarios, pasivos. En segundo, el entorno natural es siempre visto como benigno, capaz de actuar como fuente y vertedero estable por tiempo indefinido. Las siguientes etapas implican cambios fundamentales en estos dos aspectos. Por otro lado, las etapas que se describen a continuación no han sido alcanzadas cabalmente en la actualidad, por lo que en realidad representan propuestas de directrices generales de planeación para que los tomadores de decisiones y actores involucrados puedan proponer soluciones adecuadas a las características peculiares de su entorno natural, socioeconómico y político.

Los movimientos ambientalistas de los años sesenta introdujeron en diversos sectores sociales la preocupación por el impacto que las actividades humanas estaban teniendo sobre el ambiente. El estado de los cuerpos de agua ha sido uno de los aspectos de la nueva concepción medioambiental que mayor atención ha atraído en muchos países desarrollados. Además, el crecimiento y densificación de las ciudades ha promovido la exigencia por parte de la población de más y mejores espacios naturales de recreación. En este contexto surge el concepto de las *Ciudades enfocadas en los cursos fluviales*, que serían aquellas donde se han tomado medidas para incorporar la hidrología natural del sitio a la planeación y desarrollo urbano, así como para

reducir y regular la descarga de contaminantes al entorno. En esta nueva etapa se replantean los roles de actores sociales que en etapas anteriores tenían escasa participación, al transferirse mayores funciones y responsabilidades a la sociedad civil. Esta nueva concepción de la ciudad y el agua puede, sin embargo, entrar en conflicto con la inercia derivada de los planteamientos anteriores, por lo que los cambios en la infraestructura deben ir acompañados de cambios institucionales y culturales.

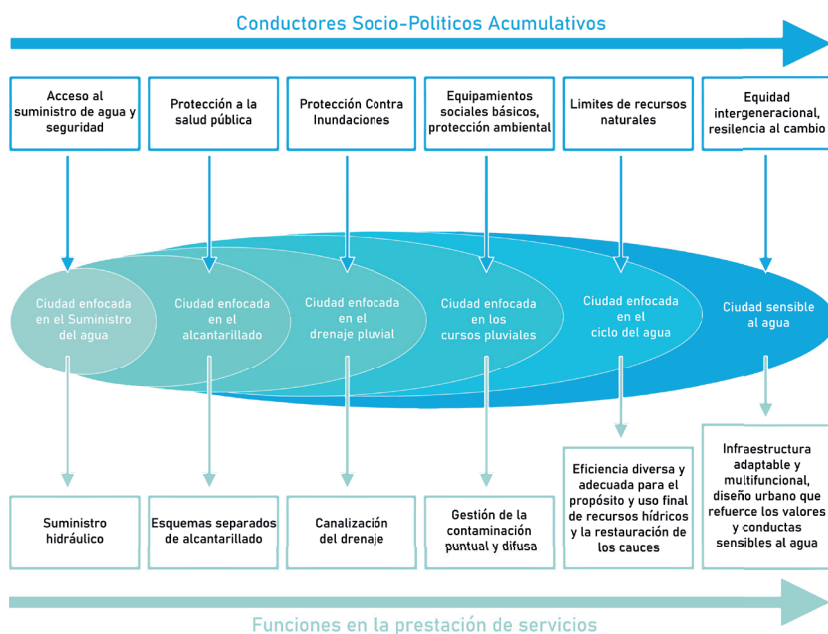
La siguiente etapa, la de *Ciudades enfocadas en el ciclo del agua* puede considerarse una extensión de la anterior. Al comprenderse que el alcance de las Ciudades-Cuerpos de Agua está limitado por la capacidad intrínseca de los propios cuerpos de agua circundantes para actuar como fuentes y vertederos es que se advierte la necesidad de que las ciudades no sólo incorporen mejor prácticas en el manejo, sino que la propia ciudad contribuya al adecuado desarrollo del ciclo del agua. El marco regulatorio de esta etapa contemplaría responsabilidad y riesgos compartidos entre gobiernos, iniciativa privada y sociedad civil en general. El reciclaje del agua constituye también un aspecto central de la Ciudad-Ciclo del Agua.

Tras transitar por las etapas enunciadas, se llegaría la *Ciudad Sensible al Agua*. Si bien en algunas ciudades del mundo existen elementos de las dos etapas anteriores, en el presente no existe caso alguno de esta clase de ciudades. El concepto, sin embargo, puede funcionar como modelo o punto de partida en la planeación para la sustentabilidad urbana. En la figura 3.1 se puede observar la transición de las etapas.

Una *ciudad sensible al agua* sería aquella en que se implementen las mejores prácticas de manejo urbano del agua de acuerdo a las características particulares del sitio, permitiendo alcanzar los beneficios que un ciclo del agua sano y correctamente manejado puede proveer: seguridad en el suministro, sanidad pública, protección contra inundaciones, protección y restauración ambiental, espacios de recreación, neutralidad climática, asegurando al mismo tiempo, que las futuras generaciones puedan gozar de estos mismos beneficios. Así también, sería aquella ciudad donde en los procesos de planeación urbana se otorga prioridad al manejo de los recursos hídricos integrando todas las partes del ciclo agua.

Un aspecto importante de las *ciudades sensibles al agua* es su resiliencia ante los efectos del cambio climático y del incremento poblacional. Si bien

Figura 3.1 Etapas para llegar a una ciudad sensible al agua



Fuente: Brown et. al, 2008.

esta resiliencia es en parte otorgada por las condiciones de infraestructura, son los sistemas de gobernanza, los cambios institucionales, y la división de responsabilidades entre los diversos actores sociales, es decir, las condiciones del contrato hidro-social, las que en última instancia determinan la resiliencia de los recursos hídricos. En esta etapa se esperaría contar con una ciudadanía comprometida a llevar un estilo de vida sustentable, con profesionistas capaces e innovadores, y con sistemas institucionales eficientes y flexibles.

El concepto de *ciudades sensibles al agua* se engloba dentro de la corriente de las *ciudades del futuro*, propuesta por la Asociación Internacional del Agua (IWA por sus siglas en inglés). En una ciudad del futuro los procesos de diseño y construcción urbana se ejecutan con bajo una perspectiva que va mucho más allá de la eficiencia económica; buscan lograr ciudades que otorguen calidad de vida a sus habitantes mediante paisajes urbanos atractivos y multifuncionales, que sean sustentables y resilientes ante las in-

certidumbres climáticas y el incremento poblacional y que sean productivas, tanto en cuanto a servicios ecosistémicos como económicamente. Para lograr esto, la IWA ha propuesto 12 principios que ilustran cómo deberían ser estas *ciudades del futuro*, agrupados en cuatro ejes temáticos que pueden servir como guía para todos aquellos tomadores de decisiones y actores sociales interesados en lograr Ciudades del Futuro Sensibles al Agua (Howe y Mitchell, 2011).

Los ejes temáticos son los siguientes:

- 1) las *ciudades del futuro* serán habitables y sustentables;
- 2) valoración de todos los componentes del *ciclo hidrológico* y de todos los potenciales usos del agua;
- 3) sociedad civil informada, participativa en la toma de decisiones y en el intercambio de conocimiento, y
- 4) sector encargado del manejo del agua adaptativo y colaborativo.

A continuación, se describen dichos ejes y sus principios (Howe y Mitchell, 2011).

Eje Temático 1. Ciudades habitables y sustentables

Principio 1. Las *ciudades del futuro* incrementarán su población, pero también incrementarán su habitabilidad. La complejidad inherente a las ciudades incrementará con el tiempo. Aspectos laborales, culturales o de recreación atraerán cada vez más habitantes. Es importante reconocer que las personas buscan espacios de recreación y realización personal, lo que a su vez promueve comunidades saludables.

Principio 2. Las *ciudades del futuro* proveerán agua potable y servicios sanitarios para todos sus habitantes. Los países en vías de desarrollo son aquellos con más problemas en cuanto al acceso a estos servicios. A pesar de que las tecnologías existen para mejorar dicha situación, la falta de gobernanza en cuanto al manejo del agua constituye el principal impedimento para lograr un acceso más equitativo a los recursos hídricos y servicios de sanidad.

Principio 3. Las *ciudades del futuro* conjugarán adecuadamente un patrón de impactos ambientales reducidos con la sustentabilidad y habitabilidad. Las *ciudades del futuro* deberán estar preparadas para tener una mayor densidad de población a la cual habrá que proveer de espacios verdes, que entre sus

múltiples funciones podrán servir para conectar distintas zonas de la ciudad. El incremento en la superficie de áreas verdes también contribuirá a reducir el efecto de 'isla de calor' (la tendencia de las áreas urbanas a ser más cálidas que el medio natural circundante) que generalmente ocurre en las ciudades.

Principio 4. Las *ciudades del futuro* no tendrán impacto mínimo sobre los recursos del medio natural. La infraestructura y diseño urbano de las ciudades generará agua, energía, y sub-productos nutritivos que muchas veces pueden satisfacer el total de la demanda urbana sin producir emisiones de carbono considerables. Algunas ciudades podrán incluso generar excedentes para exportar a regiones circundantes. Adicionalmente, las descargas residuales urbanas al medio natural serán efectuadas en total armonía con las condiciones físicas y bióticas del mismo.

Principio 5. Las *ciudades del futuro* serán parte de regiones prósperas, diversas y sustentables. Las ciudades de la misma serán interdependientes e interactuarán unas con otras, permitiendo el flujo de recursos, personas e información.

Eje Temático 2. Valoración de todos los componentes del ciclo hidrológico y de todos los potenciales usos del agua

Principio 6. Las ciudades serán provistas de agua por un ciclo hidrológico bien manejado. Al mantener un ciclo hidrológico *sano*, se asegurará el abasto, los servicios sanitarios y se mantendrán cuerpos de agua sanos y espacios verdes suficientes. Se promueve así el valor de los servicios ecosistémicos y se obtienen beneficios sociales, económicos y ambientales.

Principio 7. En las *ciudades del futuro* se reconocerá que toda el agua puede ser utilizada. Se tomarán en cuenta los múltiples usos del agua, asignando distintos usos a volúmenes de diferentes calidades, optimizando los resultados sociales y ambientales.

Eje Temático 3. Sociedad civil informada, participativa en la toma de decisiones y en el intercambio de conocimiento

Principio 8. Las *ciudades del futuro* serán administradas por una ciudadanía informada y comprometida mediante esquemas de gobernanza que permitan las decisiones locales. Las comunidades valoran más sus recursos cuando tienen mayor control sobre ellos. En este sentido, los recursos hídricos serán

mejor utilizados en una sociedad donde la población ejerce el derecho de decisión en niveles apropiados.

Principio 9. Libertad del usuario, que asume el costo ambiental y social de sus decisiones. Los ciudadanos informados podrán tomar decisiones individuales en cuanto a su forma de utilizar los recursos hídricos, conociendo los costos económicos, sociales y ambientales de la gama de opciones disponibles. Esta libertad de decisión informada de los consumidores incrementará la demanda de servicios eficientes y de bajo impacto ambiental.

Los ciudadanos tendrán una sólida ética de consumo que los asistirá en todas las decisiones tomadas. Lo anterior será complementado con un esquema tarifario y de recaudación adecuado y que promuevan el comportamiento sustentable.

Principio 10. Información útil y precisa, incluyendo medición inteligente. La ciudadanía sólo puede tomar decisiones adecuadas cuando tiene acceso a información de calidad. Los sistemas de medición inteligente sintetizan información de todo el ciclo hidrológico para ser compartida entre todos los actores involucrados.

Eje temático 4. Sector encargado del manejo del agua adaptativo y colaborativo

Principio 11. Las *ciudades del futuro* serán manejadas mediante sistemas integrales y adaptativos de desarrollo urbano. Una ciudad sustentable solamente se alcanzará cuando los proveedores de servicios, los gobiernos de todos los niveles, sectores productivos y la sociedad civil en general trabajen de manera colaborativa en todas las etapas de la planificación urbana.

Principio 12. Las *ciudades del futuro* serán provistas de agua mediante sistemas multifuncionales de manejo. El sector proveedor de agua se volverá más dinámico, diverso y proactivo, proponiendo soluciones a problemáticas internas del sector, así como multisectoriales. En el diseño, ponderación e implementación de soluciones se trabajará de manera conjunta con la sociedad civil y con los gobiernos (Howe y Mitchell, 2011).

Estos 12 principios agrupados en cuatro ejes son fundamento importante para establecer una visión de lo que pueden ser las comunidades o ciudades sensibles agua que se pueda lograr a través de tres pilares que a continuación se muestran en el siguiente apartado.

III. 2 UNA VISIÓN PARA COMUNIDADES SENSIBLES AL AGUA

Para llevar a la práctica el concepto de *ciudad sensible al agua* se deben abordar de manera integral y coherente los tres pilares que la sustentan: Las ciudades deben actuar como *captadoras de agua*, deben proveer de *servicios ecosistémicos* y contar con un *capital social* sensible al agua. A continuación, se explican los tres pilares que proponen Wong y Brown (2009).

En referente a las *ciudades como captadoras de agua*, se considera que la mayoría de las ciudades dependen de pocas fuentes de suministro, generalmente fuera de la ciudad, para abastecerse de agua. Estas fuentes son así mismo vulnerables al cambio climático y al aumento de la demanda. Diversificar las fuentes de agua se vuelve entonces fundamental. Algunas alternativas viables son las aguas subterráneas, las aguas de desecho tratadas, el agua desalinizada y la captación de agua de lluvia, tanto a nivel doméstico como urbano. Estas alternativas reducen el impacto de la demanda urbana de agua sobre el medio rural y los ecosistemas circundantes, ya que se sitúan al interior de la ciudad.

Además de la diversificación de las fuentes, es importante considerar el uso que se dará al agua proveniente de cada una de ellas. Un sistema de provisión de agua de 'segunda calidad' para usos que no requieran de agua potable, como evacuación de sanitarios o riego urbano puede ser una alternativa de uso que balance favorablemente el costo-beneficio.

Las Ciudades como proveedoras de servicios ecosistémicos. Las áreas verdes son elementos indispensables en las ciudades. Tradicionalmente su relevancia se ha fundado en su función como sitios de esparcimiento. Sin embargo, ante los retos planteados por el cambio climático se vuelve indispensable que su función vaya más allá de la recreativa y se les otorgue valor en cuanto a que proveen otros importantes servicios como regulación climática, sumideros de carbono o producción de alimentos.

Otro servicio ecosistémico de relevancia que prestan las áreas verdes de las ciudades es el de captadoras y tratadoras de agua de lluvia. La incorporación de sistemas de bio-retención puede mejorar la calidad del agua de lluvia posteriormente almacenada. De igual modo, la restauración a nivel de cuencas, así como de hábitats riparios (a los márgenes de los flujos de agua) aportarán a mejorar la calidad de los recursos hídricos.

Las ciudades con capital social sensible al agua. Los avances tecnológicos aplicados al diseño urbano sustentable ciertamente contribuyen a lograr un mejor manejo del agua en un sentido meramente técnico. Sin embargo, para que las nuevas tecnologías puedan incorporarse a esquemas de manejo hidrológico integrales, es necesario que las instituciones pertinentes, así como la sociedad civil, conozcan su relevancia, las acepten y las promuevan. La colaboración entre los diferentes actores sociales es vital en una *ciudad sensible al agua*. Las capacidades institucionales, el compromiso de la comunidad, la participación de gobiernos locales, del sector industrial, académico y profesional deben combinarse en la prosecución de objetivos socialmente aceptados, económicamente viables y acordes al contexto socio-político.

III. 3 RASGOS DISTINTIVOS DE UNA COMUNIDAD SENSIBLE AL AGUA

Una comunidad sensible al agua se caracteriza por las formas en que sus habitantes interactúan con el ciclo del agua. Estas interacciones propician los siguientes rasgos distintivos de una *ciudad sensible al agua* (Keath y Brown, 2009):

- Provee un abasto seguro de agua, proveniente de una diversidad de fuentes y que es fundamental para la prosperidad económica.
- Propicia el mantenimiento de cuerpos de agua sanos, de las cuencas que los alimentan, así como de todos los elementos hidrológicos del paisaje.
- Previene inundaciones y riesgos asociados a tormentas.
- Contiene espacios públicos de usos múltiples que ofrecen recreación y al mismo tiempo colectan, limpian y reciclan agua.

De acuerdo al Centro de Investigación Cooperativa para ciudades Sensibles al Agua (CRCWSC por sus siglas en inglés), una ciudad *sensible al agua* también se puede describir como una ciudad resiliente, habitable, productiva y sostenible. (Ver figura 3.2).

FIGURA 3.2
Características de una ciudad sensible al agua



Fuente: CRCWSC, 2020.

Una ciudad sensible al agua también se distingue por las diferencias en cuanto a su manejo del agua en comparación con las formas de manejo tradicionales. La tabla 3.2 describe en qué consisten estas diferencias.

TABLA 3.1
Diferencias entre el manejo tradicional del agua y el manejo sensible al agua

<i>Atributo</i>	<i>Manejo tradicional</i>	<i>Manejo sensible al agua</i>
<i>Delimitación de los Sistemas</i>	Suministro de agua, drenaje sanitario y pluvial para poblaciones crecientes y promover crecimiento económico.	Se mantienen cuerpos de agua sanos y se consideran propósitos múltiples para el agua en el largo plazo: transportación, recreación, servicios ecosistémicos, etc.
<i>Enfoque de Manejo</i>	Desvinculación de las partes del ciclo hidrológico, optimizando componentes individuales.	Enfoque adaptativo, e integrado de todo el ciclo hidrológico para lograr un sistema resiliente ante el cambio climático y las futuras demandas urbanas, mejorando también la habitabilidad de los espacios urbanos.
<i>Conocimiento</i>	Escaso conocimiento técnico, preferencia a conocimiento económico.	Enfoque interdisciplinario (técnico, económico, urbanista, ecológico), incluyente con todos los actores sociales.

<i>Atributo</i>	<i>Manejo tradicional</i>	<i>Manejo sensible al agua</i>
<i>Provisión de Servicios</i>	Centralizado, linear, generalmente fundamentado en aspectos económicos.	Múltiples servicios, sistema flexible y con soluciones para múltiples sectores mediante la combinación de los enfoques técnicos, ecológicos, económicos y sociales.
<i>Papel de la Sociedad Civil</i>	El agua es manejada por el gobierno, la sociedad civil tiene un papel pasivo.	El manejo del agua se da en colaboración del gobierno, sectores productivos y sociedad civil.
<i>Riesgos</i>	Riesgos regulados y controlados por el gobierno.	Riesgo diversificado y compartido por todos los actores sociales.

Fuente: Keath y Brown (2009).

III. 4 DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA LAS CIUDADES

Como se comenta al comienzo de esta sección, actualmente la mayoría de las personas del mundo habitan ciudades. El incremento de la población trae consigo cambios en la dinámica del uso de los recursos disponibles. El agua es, claramente, uno de los recursos más impactados. Además del incremento directo en el consumo de acuerdo a la mayor cantidad de habitantes, se ha observado que las ciudades más grandes también tienen una mayor demanda de agua per cápita. Adicionalmente, la tendencia a la reducción en el número de habitantes de los hogares también crea una mayor demanda de infraestructura y servicios (Mehta, 2014).

Aparte de la migración generalizada a los grandes centros urbanos, regiones del mundo que anteriormente consumían pocos recursos han experimentado en décadas recientes un crecimiento económico importante, por lo que la demanda de recursos hídricos ha incrementado. El incremento en el poder adquisitivo también genera mayor demanda de agua, al mismo tiempo que incrementa la competencia por la misma entre los diversos sectores de la sociedad (WBCSD, 2006). Además de lo anterior, una proporción importante de agua se pierde debido a infraestructura deficiente o dañada. Cerca de una tercera parte de estas pérdidas se da en países en vías de desarrollo (Me-

hta, 2014). En general, la crisis de abasto de agua ha sido identificada como uno de los cinco riesgos más importantes que afronta la humanidad, tanto por la magnitud del impacto como por la alta probabilidad de que ocurra (Van Leeuwen, 2013).

Ante el panorama descrito, es necesario transformar los paradigmas en cuanto a la forma en que aprovechamos el agua. Los cambios de paradigmas sugeridos por Metha (2014) se muestran en la tabla 3.2.

TABLA 3.2
Propuesta de nuevos paradigmas en el manejo del agua

<i>Viejos Paradigmas</i>	<i>Nuevos Paradigmas</i>
Las aguas negras y el agua de lluvia son inútiles y hay que evacuarlas.	Las aguas negras y el agua de lluvia son un recurso.
La infraestructura debe soportar la demanda.	La demanda se debe controlar de manera sustentable.
La demanda es simplemente una cuestión de la cantidad de agua a proveer.	La demanda incluye en realidad múltiples facetas diferenciadas.
La infraestructura debe priorizar elementos constructivos de concreto. Infraestructura gris.	La infraestructura debe priorizar elementos naturales. Infraestructura verde.
Infraestructura de gran tamaño y centralizada es mejor.	Infraestructura pequeña y descentralizada es posible y es preferible.
Utilización de soluciones tradicionales.	Utilización de soluciones innovadoras.
Integración de diseño físico e institucional se da de forma colateral.	Integración de diseño físico e institucional es fundamental.
Colaboración toma la forma de relaciones públicas.	Colaboración toma la forma de compromisos.

Fuente: Metha (2014).

Otro desafío importante para alcanzar *ciudades sensibles al agua* es la obtención del financiamiento necesario para llevar a cabo obras y adecuaciones institucionales y administrativas. De acuerdo con el reporte Sachs por parte de la Organización de las Naciones Unidas, el financiamiento para infraestructura hidráulica tendría que duplicarse para alcanzar las metas de desarrollo del milenio (Mehta, 2014). Considerando lo anterior, es necesario

incorporar nuevas fuentes de financiamiento además las tarifas pagadas por los usuarios y del dinero público proveniente de la recaudación de diversos impuestos. Fuentes adicionales de financiamiento pueden ser los Fondos de Inversión Sociales, los fondos provenientes de programas de Responsabilidad Social Corporativa o las grandes campañas de donación (conocidas como ‘crowdfunding’ en inglés).

Por otra parte, la estimación de riesgos es un reto fundamental de la planeación y toma de decisiones en el manejo del agua. Generalmente, en la evaluación de riesgo se considera a toda el agua como un único bien indiferenciado. Sin embargo, las presiones sobre el recurso hídrico derivadas del cambio climático y de la creciente demanda resaltan la necesidad de una forma novedosa de evaluar riesgos desde perspectivas adicionales a la económica. Los costos y beneficios no monetarios derivados de la implementación de nuevas tecnologías como la captación de agua de lluvia, tratamiento de aguas residuales, etc., deben ser tomados en cuenta al momento de comparar los enfoques de manejo tradicionales con aquellos derivados de diseño urbano sensible al agua. Así, al considerar la gama completa de valores asociados al agua (no solamente los económicos) en un contexto de toma de decisiones, se puede optar por una opción de manejo que sea flexible y resiliente en el largo plazo.

Wong *et al.* (2013) hacen las siguientes recomendaciones para llevar a cabo una mejor valoración de las iniciativas de manejo hídrico en *ciudades sensibles al agua*:

1. *Incorporar impactos no monetarios.*

Al evaluar diferentes opciones de inversión en infraestructura hidráulica, otros parámetros adicionales a los monetarios deben ser tomados en cuenta: la sustentabilidad, adaptabilidad, resiliencia, adecuación a la hidrología local, servicios ecosistémicos provistos, beneficios sociales obtenidos, entre otros. Si las condiciones son propicias para ello, las preferencias de la sociedad civil deben ser tomadas en cuenta.

2. *Priorizar parámetros relevantes.*

Los tomadores de decisiones deben ponderar qué parámetros son los más relevantes de acuerdo al objetivo de la inversión propuesta y al con-

texto socio-económico e incorporar esta ponderación al análisis de costo beneficio. Por ejemplo, la importancia de la vegetación en la calidad del aire es diferente en un contexto urbano y en uno rural.

3. *Incorporar la noción de riesgo.*

Es necesario tomar en cuenta y dar a conocer de manera explícita los riesgos asociados a diferentes propuestas de manejo o construcción de infraestructura durante los procesos de evaluación. También es importante considerar el riesgo en cuanto a la percepción pública de fallar en la provisión de alguno de los beneficios asociados a elementos del diseño urbano sensible al agua.

III. 5 INDICADORES PARA CIUDADES SENSIBLES AL AGUA (WSCÍ)

La utilización del Índice de Ciudades Sensibles al Agua (Water Sensitive Cities Index, WSCÍ por sus siglas en inglés) propuesto por el CRCWSC, se requiere un entendimiento muy preciso y detallado del funcionamiento de la ciudad a fin de alinear tales indicadores atinadamente con las citadas aspiraciones. Esto implica una completa caracterización y descripción de la ciudad, identificando plenamente las fortalezas y debilidades de la misma, así como la adecuada determinación de áreas estratégicas para la ejecución de desarrollo e intervenciones en el corto y mediano plazo. Si se entiende de tal forma y con tal detalle la ciudad, crecen las posibilidades de focalizar estratégicamente esfuerzos a fin de que los habitantes de la ciudad se sobreponga a sus barreras, y puede tener procesos de mejora para formalizarse como sensibles al agua.

El WSCÍ es una herramienta particular para evaluar y acreditar a una ciudad como sensible al agua. Se aprecia en la tabla los siete objetivos y 34 indicadores enmarcados en esta matriz con alcances de carácter biofísico, social y político.

TABLA 3.3
Metas e indicadores para una Ciudad Sensible al Agua

Siete metas y 34 indicadores para una ciudad sensible al agua							
1. Asegurar una buena gobernanza Sensible al agua	2. Incrementar el capital comunitario	3. Alcanzar equidad en los servicios esenciales	4. Mejorar la productividad y la eficiencia de los recursos	5. Mejorar la salud ambiental o ecológica	6. Asegurar la calidad del espacio público	8. Promover la infraestructura adaptativa	
1.1 Habilidades de conocimiento y capacidad organizacional	2.1 Alfabetización del agua	3.1 Acceso equitativo al suministro de agua seguro y garantizado	4.1 Beneficios en otros sectores relacionados con servicios hídricos	5.1 Hábitat saludable y biodiverso	6.1 Activación de espacios verdes y azules conectados	7.1 Diversificación del sistema de abastecimiento de agua según propósito de uso	
1.2 El agua es un elemento clave en la planeación diseño de la ciudad	2.2 Conexión con el agua	3.2 Acceso equitativo al saneamiento seguro y confiable.	4.2 Decremento de gases de efecto invernadero en el sector hídrico	5.2 Flujo y calidad de aguas superficiales	6.2 Funcionamiento de elementos urbanos como parte del sistema hidráulico urbano	7.2 Multifuncionalidad del sistema hidráulico urbano	
1.3 Acuerdos y procesos institucionales que sean intersectoriales	2.3 Gestión, Propiedad compartida y responsabilidad de los activos hídricos.	3.3 Acceso a la protección contra inundaciones.	4.3 Decremento de la demanda de usuarios finales para el consumo de agua potable	5.3 Calidad y recarga de agua subterránea	6.3 Cobertura vegetal	7.3 Control integrado e inteligente	
1.4 Compromiso público con la participación y la transparencia	2.4 Preparación y respuesta comunitaria a eventos extremos	3.4 Acceso equitativo y asequible a valores recreativos del patrimonio hídrico	4.4 Oportunidades económicas y comerciales relacionadas al agua	5.4 Protección de áreas existentes de alto valor ecológico		7.4 Infraestructura robusta	
1.5 Liderazgo, visión de largo plazo, y compromiso	2.5 Participación indígena en la planeación de los RH.		4.5 Recuperación maximizada del recurso hídrico			7.5 Infraestructura y apropiación en múltiples escalas	
1.6 Recursos hídricos y financiamiento para entregar un amplio valor social						7.6 Mantenimiento adecuado	
1.7 Representación equitativa de perspectivas							

Fuente: adaptada por el autor a partir de CRCWSC, 2019.

A continuación se explica en qué consiste el proceso de acreditación para cada uno de los objetivos, que a su vez contiene una serie de indicadores de evaluación (Rogers et al, 2020):

1. *Asegurar una buena gobernanza sensible al agua*: implica la formulación de acuerdos y consensos para manejar el agua en una ciudad. Implica generar capacidades y liderazgos dentro de las organizaciones a fin de generar productos y resultados, los cuales se procurará reportar, promover y difundir de manera transparente.

2. *Incremento de capital comunitario.* Que el público en general entienda su rol en la consolidación de las comunidades y ciudades como sensibles al agua. Para ello se evalúa el grado de identificación y relación de las personas con el ciclo del agua urbano, así como los niveles de participación en torno a los procesos de planeación y de toma de decisiones.
3. *Alcanzar equidad en los servicios esenciales.* Implica la garantización de suministro de servicios de abastecimiento de agua potable, de saneamiento, de protección contra las inundaciones, de recreación y amenidades en entornos urbanos, entre otros. En la medida que se facilitan estos recursos, se debe evaluar la relación de cada indicador con la salud de los habitantes de la ciudad.
4. *Mejorar la productividad y eficiencia de los recursos.* Se evalúa la eficiencia en los procesos relacionados al manejo del agua en la ciudad en conjunto con otros recursos relacionados tales como energía, nutrientes, alimentos, etc. Se analiza la relación del sector hídrico con la promoción de modelos de negocio, así como con estrategias comerciales, a fin de buscar prosperidad económica.
5. *Mejorar la salud ecológica.* Se busca llevar a cabo procesos de mejora continua en materia de gestión hídrica a partir de ecosistemas saludables. Tales ecosistemas requieren un monitoreo y restauración tanto en suelo y agua, apuntando a la conservación de la biodiversidad en el entorno.
6. *Asegurar la calidad del espacio público.* Se contempla un diseño urbano adecuado, incorporando espacios verdes y agua en el paisaje. Lo anterior trae consigo beneficios tales como mitigación de islas de calor, cohesión social, salud ambiental y pública.
7. *Promover la infraestructura adaptativa.* Se procura contar con obras civiles e infraestructura del sector hídrico, robusta, inteligente y multifuncional. Se evalúa la constante prestación de servicios del sistema hidráulico, materia de abastecimiento de agua potable y saneamiento, incluyendo las labores de operación y mantenimiento. Se espera como resultado concreto la adecuada relación del sector hídrico con las personas y organizaciones inscritas en las ciudades y comunidades. Así, se busca que el público en general pueda entender el funcionamiento de la infraestructura hidrosanitaria urbana y contribuir a sus procesos de mejora.

Al utilizar el WSCI es posible comparar el rendimiento y funcionamiento de las ciudades en términos de sus sensibilidad hídrica. Se reportan así resultados que presenten el promedio, valores mínimos y máximos correspondientes a la evaluación de cada indicador u objetivo de la matriz de indicadores. Resulta útil analizar y obtener deducciones a partir de estos valores. Por ejemplo a optación de desviaciones mínimas y máximas. Las primeras evidenciarán comportamientos similares entre las ciudades o comunidades en estudio, y las segundas comportamientos distintos. En suma, el análisis de estas evidencias serán de gran utilidad para generar conocimiento, aprendizaje y en consecuencia mayores capacidades para tomar decisiones. También es posible presentar valores acumulados de los mismos resultados.

Para evaluar que tan sensible puede ser una ciudad al agua, resulta conveniente determinar en qué punto de las seis etapas de transición se encuentra (Figura 3.1). Es común que las primeras dos etapas de transición suele que estén cubiertas en un orden cercano al cien por ciento. Sin embargo, en la medida que se busca transitar a las siguientes etapas los indicadores se vuelven más complejos y exigentes en términos de evaluación.

Por su parte, la tercera etapa (drenaje pluvial) contempla una difícil consolidación, pues los diversos sectores inscritos en la ciudad suelen estar fragmentados. Además no es raro que exista falta de coordinación e intereses diversos en cuanto a la toma de decisiones se refiere. Por ejemplo es frecuente visualizar impactos al ciclo del agua que derivan en fenómenos de inundación. Para trascender hacia etapas posteriores es imperativo impulsar programas, proyectos, así como análisis, monitoreo y modelaciones que signifiquen un punto de partida hacia soluciones concretas.

Tampoco es fácil consolidar la cuarta etapa citada, pues para ello se tendrán que haber cumplido acciones que deriven en impactos positivos ambientales. Para ello habrá sido necesario tener formalizadas actividades de monitoreo, planeación, ejecución y mantenimiento de los recursos urbanos con una visión de ordenamiento basado en cuencas.

En cuanto a la quinta etapa, se necesita información que responda a una gestión integrada del agua, políticas que impulsen la economía circular en el sector hídrico, así como prácticas eficientes de retención de escurrimientos, recarga acuífera y reutilización del vial líquido. Una vez concluida esta etapa junto con las anteriores, con una evaluación favorable se puede pensar

en transitar hacia la sexta etapa que implica la consolidación de la ciudad sensible al agua como tal. Deberán en ella ser claros ciertos indicadores y parámetros de resiliencia, equidad, inclusión e integración socio ambiental. Como consecuencia adicional, se entenderá que las comunidades estarán compuestas por actores participativos y no solo como consumidores en el marco del sector hídrico (Rogers et al, 2020).

III. 6 TRANSICIONES HACIA UNA CUIDAD SENSIBLE AL AGUA

Para lograr transitar u trascender hacia una ciudad sensible al agua es necesario llevar a cabo cambios estructurales, culturales y mejorar prácticas y materia de planeación, diseño y toma de decisiones de diseño urbano y ordenamiento territorial. Todos estos cambios serán llevado a acabo en un largo plazo, pues se considera un verdadero desafio cambiar viejas y actuales prácticas que no responden a criterios de sustentabilidad.

Es imperativo considerar cambios sustanciales que deriven en la implementación de reformas en la ley u políticas públicas que prioricen como resultado ultimo la adecuada habitabilidad y la resiliencia hídrica , en vez de limitar el marco de trabajo a un análisis de costo beneficio. En la medida que sucedan estos cambios, se podrá dar lugar a una efectiva transición de seis pasos:

1. identificación y abordaje de problemas urgentes;
2. definición de problemas en general;
3. construcción de consensos y acuerdos;
4. difusión de conocimiento;
5. difusión de políticas, programas, proyectos y practicas;
6. consolidación de procesos de mantenimiento y mejora de las nuevas prácticas adoptadas.

Transitar de un paso a otro será imposible si no se cuenta con los siguientes recursos:

1. líderes con alta participación en el proceso de planeación y toma de decisiones;

2. plataformas para compartir y difundir conocimiento así como perspectivas y experiencias en torno a la gestión del agua;
3. elevar la capacidad técnica y cognitiva en procesos de intervención en el territorio;
4. articulación de proyectos y aplicación de programas y políticas sensibles al agua;
5. herramientas, técnicas y métodos para instrumentar procesos de monitoreo, evaluación y mejora continua de procesos vinculados al desarrollo urbano sensible al agua.

En tanto existan estos elementos y recursos recién mencionados y que estos estén alineados con cada uno de los pasos citados, se podrá apuntar a lograr una evaluación positiva en marcada en los criterios e indicadores del WSCI, y en consecuencia acreditar una ciudad sensible al agua. Por otro lado, si no existen estos insumos alienados con tales etapas de transición, no se considerarán las ciudades en estudio como sensibles al agua (Rogers et al, 2020).

III. 7 CREANDO UN LEGADO PARA UNA COMUNIDAD SENSIBLE AL AGUA

En la actualidad el impacto a los recursos hídricos debido al crecimiento demográfico es mayor en los países en vías de desarrollo que en los desarrollados; lo mismo sucede con los efectos e incertidumbres derivadas del cambio climático. Sin embargo, han sido los países desarrollados quienes han liderado los procesos de transición, tanto técnicos como institucionales hacia las *ciudades sensibles al agua*. Australia ha sido uno de los países líderes en la implementación del *diseño urbano sensible al agua*, y ha sido en sus espacios académicos que se ha desarrollado el concepto de *ciudad sensible al agua*.

Un ejemplo notable de lo anterior es el plan de manejo del agua para la zona Pimpama-Coomera en la ciudad de Gold Coast, en Queensland, Australia. Se prevé que en el mediano plazo 7000 hectáreas de esta zona en desarrollo sean habitadas por 130,000 habitantes. La estrategia diseñada lleva el nombre de 'Plan Maestro del Agua del Futuro' (Waterfuture Master Plan) y, como su nombre lo afirma, el desarrollo urbano ha sido planeado priorizando el manejo sustentable del agua, de manera que la región tenga un abasto

de agua seguro y de calidad para las futuras generaciones. La estrategia incluye la provisión de agua de diferentes fuentes, la diversificación en el uso del agua, mediante la reutilización de agua no potable, así como el tratamiento de aguas residuales a través de sistemas de bioretención y trincheras de infiltración previamente a su descarga en cuerpos de agua. Este plan fue reconocido con el Premio Mayor de la Asociación Internacional del Agua en 2006 (Wong y Brown, 2009).

Singapur, uno de los países más desarrollados del Sudeste Asiático, también ha comenzado a adoptar medidas de diseño urbano sensible al agua. La diversificación de fuentes de suministro, la desalinización de agua salada y la captación masiva de agua de lluvia son algunos de los elementos que componen su esquema de manejo del agua.

Otro caso notable de manejo sustentable del agua es sin duda el de Ámsterdam, en Países Bajos. Esta ciudad ha sido reconocida como la que mejor manejo hídrico lleva a cabo en Europa. Este éxito se debe a: 1) visión de largo plazo y manejo descentralizado en múltiples niveles; 2) integración de los sistemas de provisión y manejo hídricos, de producción energética y flujo de materiales; 3) la vinculación entre manejo hídrico y calidad de vida urbana; y 4) La transparencia, intercambio de información y colaboración constante entre todos los actores involucrados. Aparte del desarrollo técnico e institucional en Países Bajos, ha existido también considerable avance conceptual. Uno de los conceptos desarrollados es el de 'City Blueprint' (Blueprint se traduce como plano, en un contexto arquitectónico; la palabra 'blue', azul, da lugar a un peculiar juego de palabras). Éste es un conjunto de 24 indicadores agrupados en ocho ejes: seguridad del abasto hídrico, calidad del agua, disponibilidad de agua para consumo humano, sanidad, infraestructura, robustez ante el clima, biodiversidad y gobernanza (Van Leeuwen y Sjerps, 2015).

Los casos arriba mencionados corresponden a países económicamente desarrollados, que paradójicamente son aquellos con menos riesgo de padecer crisis hídricas. Una de las características en común de los ejemplos aquí comentados es que las decisiones respecto al desarrollo urbano y el uso de los recursos hídricos se han tomado en contextos de sólida gobernanza, donde las opciones son analizadas desde perspectivas políticas, económicas, socia-

les y ambientales, al mismo tiempo que todos los actores sociales son tomados en cuenta.

La situación de gobernanza no es sólida en América Latina. Las características generales de la gobernanza para el manejo del agua en la región, de acuerdo con el Informe para la Gobernanza del Agua en América Latina y el Caribe de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OECD por sus siglas en inglés) (Akhmouch, 2012) son los siguientes:

- Las responsabilidades y competencias se encuentran considerablemente fragmentadas. En general se ha observado que la provisión de servicios al consumidor final (provisión de agua, drenaje sanitario y pluvial) es delegada a gobiernos locales, mientras que los gobiernos de niveles superiores se encargan del manejo de los recursos hídricos. En muchos casos no existe relación entre la estructura constitucional de un país y el manejo institucional, real, del agua. En algunos países han surgido esquemas de manejo a nivel de cuencas, aunque su efectividad resulta difícil de evaluar, ya que en la mayoría de los casos han surgido en tiempos recientes.
- En la mayoría de los países existen huecos y discordancias en cuanto a la legislación, reparto de responsabilidades, información disponible, financiamiento y capacidades técnicas e institucionales.
- Muchos países han comenzado a implementar diferentes mecanismos, formales e informales, para tratar de cubrir los huecos arriba mencionados. La mayoría de ellos se enfocan en coordinar diferentes niveles de gobierno, en la coordinación entre instituciones del nivel principal de gobierno y en la vinculación del manejo del agua con otras políticas relacionadas con la planeación espacial, desarrollo regional, agricultura y energía.
- A pesar de los esfuerzos implementados, existen aún importantes retos para la coordinación de acciones entre dependencias o instituciones, así como entre diferentes niveles de gobierno.
- Durante las últimas tres décadas, muchos países en América Latina han implementado reformas en busca de incrementar la eficiencia en el manejo del agua. La gobernanza, sin embargo, sigue siendo el punto débil de todas estas medidas.

Para México, el informe señala los siguientes huecos: en cuanto a la coordinación en el primer nivel de gobierno, los principales obstáculos son la falta de liderazgo y compromiso político, la falta de personal, las dificultades para la implementación de las decisiones centrales en el nivel local, la ausencia de planeación estratégica y seguimiento y la falta de preocupación de los ciudadanos por la legislación relacionada al agua. En cuanto a los obstáculos para la coordinación vertical, las tarifas insuficientes o inestables y la falta de conocimiento e infraestructura han sido identificados como los principales obstáculos. La repartición de los recursos hídricos, la falta de capacidad en los gobiernos regionales y locales, la aplicación de la legislación ambiental, la regulación económica y la limitada participación de la ciudadanía, destacan como los grandes retos para México en la regulación de los recursos hídricos.

III. 8 DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA

El concepto de Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA en adelante) surge a principios de la década de 1990 en Perth, Australia como respuesta al manejo ineficiente arriba descrito. En su concepción original, proponía una alternativa a la dependencia de las grandes ciudades en grandes obras de infraestructura para proveer agua de fuentes externas. Se fundamenta en el aprovechamiento de todos los flujos, en los usos múltiples del agua y en la diversificación de las fuentes de provisión. El aspecto de este nuevo concepto que recibió más atención fue la captación de agua de lluvia, trabajándose a lo largo de la década (Wong, 2007; Wong et al., 2013).

En el presente, el concepto ha evolucionado para englobar todos los elementos del ciclo hidrológico y su incorporación al diseño urbano. El DUSA ha sido definido como “la integración de la planeación urbana con el manejo, protección y conservación del ciclo del agua urbano, que asegura que el manejo urbano del agua es sensible a la hidrología natural y a los procesos ecológicos” (Wong y Ashley, 2006). En una ciudad planeada y ejecutada bajo estos criterios el agua es el elemento prioritario en los procesos de planeación, que integra disciplinas técnicas, ambientales y sociales relacionadas con el abasto de agua.

La Comisión Nacional del Agua de Australia ha definido la Gestión del Ciclo Urbano Integrado del Agua como:

La integración del suministro de agua, alcantarillado y aguas pluviales, para que el agua se utilice de manera óptima dentro de un recurso de captación, un contexto de política estatal y nacional”. Promueve la planificación, el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados (incluido el uso de energía) que están vinculados a las áreas urbanas y la aplicación de los principios de WSUD dentro del entorno urbano construido.

La Comisión Nacional del Agua de Australia, por su parte, establece que como objetivo principal el lograr una *gestión del ciclo urbano integrado del agua* (que consiste en la integración del suministro de agua, alcantarillado y aguas pluviales, para que el agua se utilice de manera óptima como recurso de suministro en un contexto de política estatal y nacional. Promueve la planificación, el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados (incluido el uso de energía) que están vinculados a las áreas urbanas y a la aplicación de los principios del DUSA dentro del entorno urbano construido. En la figura 3.3 se observa como la *gestión integral del ciclo del agua integrado* con el DUSA.

FIGURA 3.3
Vinculación entre el ciclo del agua y el DUSA



Fuente: New Water Ways, 2020.

Los procesos de planeación en el contexto del DUSA abarcan todos los elementos del ciclo hidrológico, así como múltiples dimensiones:

- El manejo integrado de los tres flujos urbanos: agua potable, aguas residuales y agua de lluvia. El agua subterránea también debe ser considerada.
- Integración de las múltiples escalas de manejo: desde áreas verdes o edificios individuales hasta distritos urbanos o regiones completas pueden ser incorporadas a un esquema de manejo hidrológico integral.
- Integración del manejo hidrológico sustentable en los nuevos edificios, incorporando diseño arquitectónico, arquitectura del paisaje e incluso formas de expresión artística.
- Integración de mejores prácticas de planeación, estructurales (técnicas y de infraestructura) y no estructurales (regulatorias o educativas, por ejemplo) de manejo sustentable urbano del agua (Wong, 2007).

Los objetivos de manejo del DUSA se agrupan en los tres grupos interrelacionados que muestra la tabla 3.3 (Wong, 2007; Department of Planning and Local Government, 2009). Las acciones que llevan a estos grandes objetivos y que también pueden entenderse como objetivos particulares bien pueden compartirse entre ellos.

El DUSA integra consideraciones técnico-estructurales en cuanto a sistemas constructivos, diseño de infraestructura, etc., así como consideraciones que no se relacionan directamente con las obras físicas de diseño urbano pero que contribuyen a que éstas puedan ser implementadas y aprovechadas de manera eficiente. Además, es fundamental que exista un proceso de planeación consciente y que tome en cuenta las características de los sitios donde se ejecutarán las obras.

Es así como se proponen tres grupos de ‘mejores prácticas’: las estructurales, las no estructurales y las de planeación. Las mejores prácticas de planeación constan de tres etapas (Lloyd *et al.*, 2002):

1. *Análisis de sitio*. Implica caracterizar el sitio de acuerdo con sus características físicas, climáticas y de uso de suelo. Las características que deben considerarse son la geología y tipo de suelo, topografía, hidrología superficial, clima (principalmente precipitación), vegetación y caracte-

TABLA 3.4
Objetivos de manejo del dusa.

<i>Conservación del agua</i>	<i>Reducción de aguas residuales</i>	<i>Manejo del agua de lluvia y control de flujos</i>
• Manejo de la demanda. • Reutilización del agua de lluvia. • Recuperación de acuíferos. • Reutilización de aguas residuales. • Integración del Diseño Urbano Sensible al Agua en la infraestructura. • Paisaje con oferta recreativa y de esparcimiento.	• Manejo de la demanda. • Reutilización de aguas residuales. • Reducción de la infiltración de aguas contaminadas.	• Reutilización del agua de lluvia. • Recuperación de acuíferos. • Reducción de flujos máximos durante tormentas. • Mejoramiento de la calidad del agua captada. • Preservación de las características hidrológicas naturales. • Reducción de la infiltración de aguas contaminadas. • Paisaje con oferta recreativa y de esparcimiento.

Fuente: Wong (2007).

- rísticas bióticas relevantes como hábitats o especies amenazadas, infraestructura existente y características históricas del sitio.
2. *Análisis de viabilidad en el largo plazo.* En esta etapa se busca vincular las características físicas del paisaje estudiado con las tendencias en el cambio del uso de suelo de forma que se logren identificar sitios con características deseables en cuanto al manejo hidrológico y que además puedan conservar el mismo uso de suelo en el largo plazo.
 3. *Planeación del uso de suelo.* Derivadas de las dos etapas anteriores pueden surgir múltiples alternativas posibles. La prioridad deberá darse a aquellas que más beneficios aporten al ciclo hidrológico, que mejor se ajusten al presupuesto disponible y que requieran menor mantenimiento.

Las mejores prácticas no estructurales tienen el objetivo de modificar los patrones de comportamiento y percepción social hacia actitudes que busquen y promuevan la sustentabilidad. Algunas de estas prácticas son:

- Desarrollo de políticas ambientales y de desarrollo urbano: El desarrollo de políticas públicas y su integración en todos los niveles de gobierno e instituciones pertinentes debe promover la implementación de DUSA.
- Consideraciones ambientales en obras de construcción: No considerar el contexto natural del sitio donde se llevan a cabo obras constructivas y que pueden alterar la hidrología natural y causar problemas con los flujos de lluvia.
- Educación y capacitación: Todo el personal, tanto de sectores gubernamentales, como del sector industrial y comercial deben ser sensibilizados y capacitados en la implementación de DUSA.
- Programas de educación comunitaria: La sensibilización de la población civil en general contribuye a reorientar estilos de vida hacia conductas más sustentables.
- Programas de refuerzo: Las penalizaciones financieras hacia actores que realicen actividades en detrimento de la calidad de los recursos hidrológicos son una opción que no debe descartarse.

Por otro lado, las mejores prácticas estructurales son aquellas en que se construye o adecúa infraestructura para optimizar el manejo integral del ciclo hidrológico urbano.

A manera general, las prácticas estructurales implementadas en el DUSA se fundamentan en los siguientes principios:

- Reutilización de aguas grises para disminuir la presión en suministros potables.
- Diversificación de fuentes de abastecimiento.
- Retención de agua de lluvia en vez de su rápido drenaje para su posterior almacenamiento y reutilización, así como para reincorporarla en buen estado a los flujos naturales.
- Uso de la vegetación para retener y filtrar aguas pluviales.

- Plantas de tratamiento de aguas residuales con el doble propósito de reducir el consumo de agua potable y de reducir los vertidos contaminados a los flujos naturales.
- Utilización de aguas pluviales y tratadas para compensar las pérdidas de los flujos naturales modificados.

III. 9 CONSIDERACIONES FINALES EN TORNO A UNA CIUDAD SENSIBLE AL AGUA

Una visión sensible al agua es un modelo aspiracional enmarcado desde el sector hídrico y relacionado a otros sectores de la ciudad que brindan guía, orientación y capacidad de evaluación para llevar a cabo cambios y acciones focalizadas hacia las mejores prácticas posibles en torno al manejo del agua urbana. Para ello se requieren importantes y destacados liderazgos que estén activamente participando en todo sector de la ciudad, es decir, no solamente actores con una formación especializada en términos técnicos e hidráulicos. Se busca permanentemente lograr un espíritu de colaboración que busque mejoras en estructuras organizacionales con alcances multisectoriales. Serán también importantes aquellos procesos que tengan que ver con la innovación en la planeación de la ciudad con criterios sensibles al agua, en permanente experimentación y búsqueda de soluciones concretas que sean replicables y escalables en entornos urbanos. Se considerará fundamental generar y mejorar capacidades y conocimiento técnico a través de formales procesos de capacitación y entrenamiento (Rogers et al, 2020).

Una vez acumulados estos insumos, el conocimiento podrá ser reportado como información transparente que clarifique y comparta experiencias particulares, herramientas y métodos específicos. Por supuesto, no es fácil llegar a acreditar una ciudad como sensible al agua, pues se requieren altos niveles de compromiso y motivación a fin de transformar complejas y completas estructuras organizacionales, generando así las condiciones necesarias para tener a nuestras comunidades y ciudades un futuro sensible al agua.

IV

HACIA UN MÉXICO SENSIBLE AL AGUA

En este capítulo se presenta la propuesta general para iniciar una transición que permita que las ciudades mexicanas puedan ser sensibles al agua, tomando como sustento el concepto *Ciudad Sensible al agua*, con el objetivo de atender las necesidades actuales y enfrentar las que surgirán a partir de la crisis hídrica que se avecina en el 2030 según ONU.

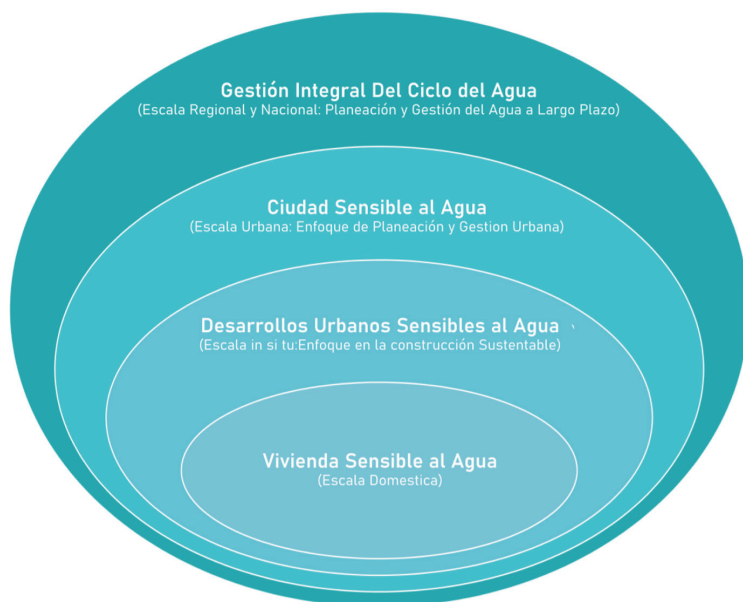
En este capítulo se presenta en primer lugar, una propuesta de modelo teórico a partir de los propuestos por el concepto en cuestión, que sustenta el establecimiento de una agenda nacional que envuelve tres ejes principales: técnico, institucional-político y social. En tercer término, se muestra la estrategia para difundir este concepto en varias ciudades mexicanas que puedan ser certificadas como ciudades sensibles al agua. En este capítulo se describen estas ideas con el objetivo de que se conviertan en un recurso valioso para la solución de los presentes y futuros problemas de agua en las ciudades mexicanas.

IV. 1 EL ENFOQUE TEÓRICO APLICADO A MÉXICO

Como se presentó en el capítulo tres a Comisión Nacional del Agua de Australia, estableció que su objetivo principal es lograr una *gestión del ciclo urbano integrado del agua* que consiste en la integración del suministro de agua, alcantarillado y aguas pluviales, para que el agua se utilice de manera óptima como recurso de suministro en un contexto de política estatal y nacional. Plantea que el Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA) es una parte esencial para lograr esta meta dentro del entorno urbano construido. Sin embargo, a partir de esta propuesta teórica, se propone que el inicio de una transformación que llegue a una gestión integral del ciclo urbano del agua, comience en la vivienda.

A partir de esta propuesta teórica donde se establece que la *gestión integral del ciclo del agua integrado* se puede lograr aplicando el DUSA, ahora se propone que el punto de partida sea la *vivienda sensible al agua*. Con la incorporación de la vivienda en este modelo teórico, se observa que la transformación de ese primer espacio habitacional a través de la implementación de tecnológicas de aprovechamiento y ahorro de agua, puede impactar el entorno inmediato con el mismo enfoque. La vivienda sensible al agua tendrá un efecto expansivo en las demás viviendas que en conjunto propicien un desarrollo sensible al agua donde los espacios públicos sean rescatados y regenerados ambientalmente. Esta evolución puede escalar a desarrollos o fraccionamientos sensibles al agua, que a su vez, la suma de todos ellos concebirán una ciudad sensible al agua que gestionará al ciclo del agua de manera integral garantizando la disponibilidad del agua para las presentes y futuras generaciones. (Ver figura 4.1)

FIGURA 4.1
Evolución hacia una gestión integral del ciclo del agua

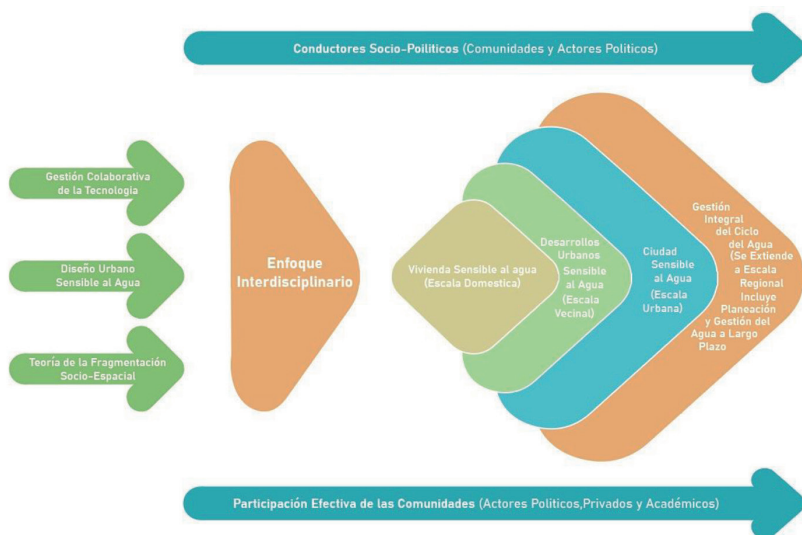


Fuente: elaboración propia, 2020.

Esta evolución comenzará desde la vivienda. Es en este punto donde la ruta hacia una ciudad sensible y por ende una gestión integral del ciclo del agua. Los habitantes de las viviendas tienen que ser educados para despertar la conciencia sobre la problemática ambiental y en específico la del agua. En la figura 4.2 se muestra como esta evolución comienza a partir de impulsar la aplicación del diseño urbano sensible al agua acompañado de otros referentes teóricos.

FIGURA 4.2

Desde una vivienda sensible al agua hasta el ciclo integral del agua



Fuente: elaboración propia, 2020.

Con una gestión colaborativa de la tecnología mostrada en una estrecha colaboración entre usuario y diseñador de la tecnología y una comprensión clara de las razones de la fragmentación socio-espacial, el DUSA puede aportar con mayor fuerza a la transformación de la vivienda, cambiando desde los hábitos del usuarios en el consumo del agua hasta su comprometida participación colaborativa en la restauración ambiental y mejora de su entorno. La sensibilidad al agua se reflejará con un cambio de conciencia y por lo tanto, en un cambio de conducta.

IV. 2 AGENDA HACIA UN MÉXICO SENSIBLE AL AGUA

En este apartado se presenta una agenda nacional para que las ciudades mexicanas puedan convertirse en *ciudades sensibles al agua* la cual comprende tres ejes de acción: el técnico, institucional y social. Los tres están intrínsecamente unidos, deben ponerse en acción de manera simultánea y complementaria. Si bien es cierto que es necesario diseñar una sólida propuesta técnica que resuelva los problemas, también es muy necesario contar con el apoyo institucional que facilitaría los recursos y el acompañamiento para garantizar la continuidad de un proceso virtuoso. Los aspectos técnicos e institucionales deben avanzar de la mano de la participación colaborativa de los usuarios para que las propuestas estén dirigidas a resolver sus necesidades.

IV. 2.1 Agenda técnica

El primer eje consiste en desarrollar una agenda técnica basada primeramente en la medición de las variables del ciclo del agua y de los componentes del sistema hidrosanitario urbano. En otras palabras, medir en términos de su funcionamiento, calidad y cantidad el agua que se encuentra en la naturaleza y la que es manejada en el sistema que la suministra y la limpia. Lo que no se mide, no se puede mejorar, lo que no se mejora, se degrada siempre.

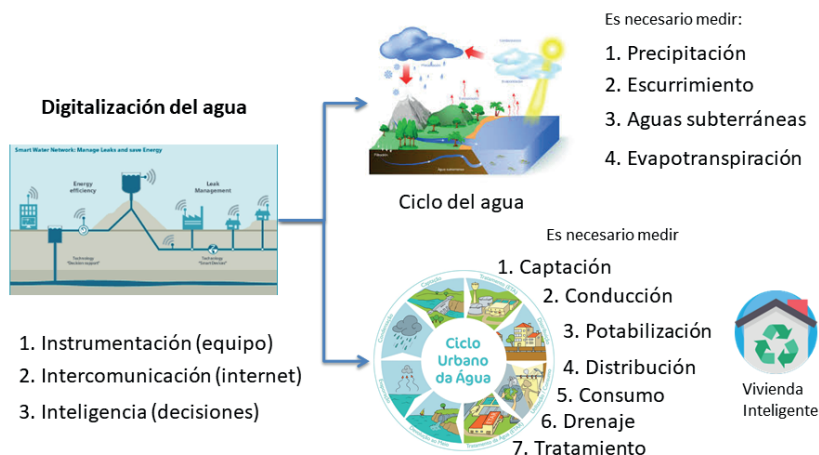
Esta medición consta de elementos llamados las tres “i”: instrumentación, la intercomunicación y la inteligencia. El primer elemento consiste en la captura de los datos en los diferentes variables del ciclo y componentes del sistema hidrosanitario a través de sensores que captan la información y la transmiten a data-loggers (dispositivos de captura de información) que éstos a su vez la envían vía internet a servidores de almacenamiento, siendo esta la segunda “i”. Finalmente, la tercera “i” consiste en procesar esta información a través de softwares que la presentan en los formatos apropiados con el propósito de que sea entendible para los tomadores de decisiones.

Esta información debe de ser captada, transmitida y analizada en tiempo real y puede ser almacenada para la creación de bancos de información que permita construir modelos digitales para la predicción de ciertos comportamientos que se necesite conocer en el ciclo del agua y en el sistema hidrosanitario de una ciudad. Por ejemplo, teniendo datos acumulados de

escurrimientos en las calles pueden construirse escenarios de inundación por medio de software como el Modelación de gestión de aguas escurridas (Stormwater Management Model), y de esta manera identificar zonas de inundación para articular planes de riesgo.

En la figura 4.3 se observan los elementos que se tienen que medir tanto en el ciclo del agua y el sistema hidrosanitario urbano considerando las tres “I”. Con esta información la planeación de las ciudades se lleva a cabo con mayor sensibilidad a ambos sistemas estratégicos.

FIGURA 4.3
Digitalización del ciclo del agua y sistema hidrosanitario urbano



Fuente: elaboración propia, 2020.

IV. 2.1.1 Digitalización del ciclo del agua en México

Esta medición es necesaria para conocer el comportamiento de los recursos hídricos en el ciclo del agua que permita administrarlos eficientemente. Cuánto es lo que se precipita, lo que se infiltra, lo que escurre superficial y subterráneamente y lo que se evapo-transpira son los datos capturar. A partir de esta obtención de información en tiempo real, se pueden planear los procesos de urbanización con mayor orden. Por ejemplo, al conocer la cantidad

y calidad del agua subterránea se pudiera planear con precisión las extracciones sin riesgo a agotarlas. Hoy en día, se construyen casas y edificios sin saber exactamente si el agua subterránea es suficiente para asegurar la satisfacción de las demandas presentes y futuras. Se construyen edificios altos cuya cimentación intercepta los flujos subterráneos a través de sótanos y estacionamientos los cuáles tienen que ser bombeados al drenaje municipal durante y después de la construcción, disminuyendo la disponibilidad de agua para la población y los ecosistemas.

Ante la escasa, desorganizada, limitada información sobre la situación de los recursos en tiempo real y a través del tiempo, se propone construir el *Sistema Automático Nacional de Información de Agua (SANIA)*, el cual tenga el objetivo principal de generar información del ciclo del agua en el territorio nacional para la toma de decisiones inteligente que permita optimizar la asignación y explotación de los recursos hídricos, así como predecir la presencia de avenidas de agua en el contexto de cambio climático.

Los sistemas actuales de información deben trabajar de manera coordinada donde sea una prioridad equiparlos con instrumentos modernos que capten la información en tiempo real, que transmitan de manera ininterrumpida los datos a bancos de información con capacidad suficiente y se cuente con los sistemas de inteligencia que procesen la información de tal manera que sea clara para tomar decisiones bien fundamentadas. Además los sistemas de información de agua existentes deben integrarse en el SANIA para trabajar de manera coordinada y brindar la información en tiempo y forma.

Seguir creyendo que solo con datos aislados y escasos que generan los sistemas actuales los cuáles reciben poco o nulo mantenimiento, que con la carencia de mecanismos de divulgación que sean claros y entendibles y de fácil acceso a la población; es continuar planeando al aire y seguir tomando decisiones injustas que puedan afectar innecesariamente a las personas y al medio ambiente.

De tal manera, que es necesario corregir el rumbo, pero no dando el respaldo a obras que fueron concebidas con este tipo de información, o en un caso peor, sin información. Es coyuntural ver más de allá de la construcción de mega obras sin datos precisos que quedan por debajo de los objetivos por los cuáles se construyeron. Las ciudades deben prepararse para enfrentar la crisis del agua que se avecina a partir del 2030 (Vega, 2019), con informa-

ción precisa para lograr una planeación fundamentada en datos precisos y no en suposiciones. Un sistema como el SANIA ayudará mostrar la situación de los recursos hídricos y tomar las mejores decisiones para enfrentar los futuros retos de manera inteligente y socialmente comprometida.

A continuación se presenta un ejemplo de medición del ciclo del agua en el río Ebro en España. Esta cuenca se encuentra al noreste de la península ibérica. Este tipo de monitoreo tiene el nombre de *Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (SAIH)*, el cual responde a la necesidad de *racionalizar* y *agilizar* el *proceso de toma de decisiones* en dos objetivos fundamentales relacionados con la gestión hidráulica de la cuenca.

El primer objetivo consiste en la predicción y actuación en situaciones de avenida con objeto de reducir, en lo posible, los daños causados a las mismas. El segundo objetivo radica en la gestión global de los recursos hidráulicos a fin de optimizar su *asignación* y *explotación*. Para cumplir estos objetivos se dispone de una red de medida y control a distancia que transmite y procesa datos periódicamente (SAIH Ebro, 2019).

El SAIH constituye una red de recogida de datos de precipitación y de control de caudales circulantes (niveles en embalses, cauces y canales, posiciones de compuertas, etc.). El primer SAIH en construirse en España fue el de la Confederación Hidrográfica del Júcar que está en funcionamiento desde finales de 1984 tras el desastre del embalse de Tous. En la compleja red que conforma un SAIH los datos captados por los distintos sensores se registran en los denominados puntos de control que transmiten su información vía radio y vía satélite al Centro de Proceso de Cuenca. Se denomina así a la sala de control del SAIH donde se centralizan las labores de gestión y mantenimiento de la información recibida y que normalmente se sitúan en la sede de la Confederación correspondiente.

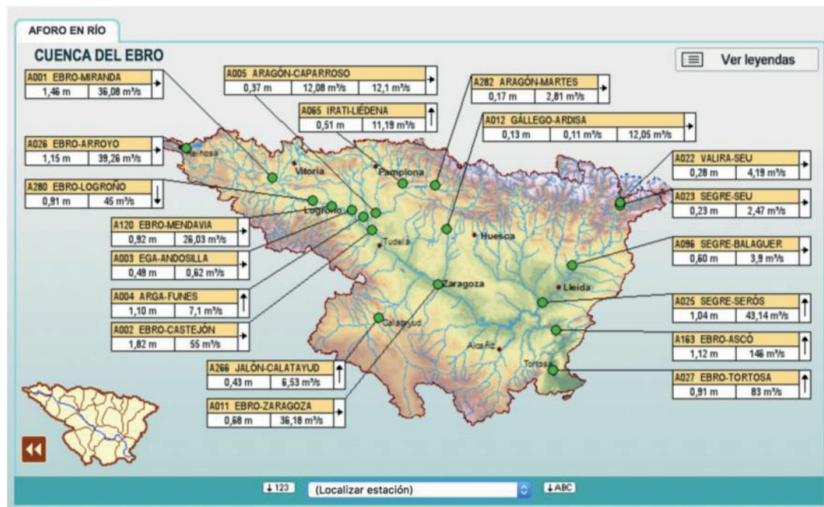
En la figura 4.4 se observan los íconos de las variables que ofrecen información en tiempo real. En la figura 4.5 se puede observar el mapa de la cuenca del río Ebro que muestra la ubicación de los equipos que mide los aforos del río en tiempo real.

FIGURA 4.4
Datos en tiempo real



Fuente: SAIH Ebro, 2019.

FIGURA 4.5
Aforos del río Ebro en tiempo real



Fuente: SAIH Ebro, 2019.

De esta manera, se confirma la urgencia de conocer el comportamiento del ciclo del agua en México que permita llevar a cabo una planeación sensible al funcionamiento de las variables del ciclo del agua, que inhiba una planeación a corto plazo, la cual justifica la construcción de obras que no satisfacen a largo plazo la demanda de agua y, sí provocan daños irreparables al medio ambiente.

Con esta información se pueden planear las estrategias para enfrentar las crisis de escasez de agua que anuncia la ONU por la sobre-explotación y contaminación y ahora por los cambios hidrológicos por el cambio climático (UNESCO, ONU-Agua, 2020). ¿Cómo se planean las ciudades sin conocer con exactitud de cuánta agua se dispone en tiempo real para el presente y el futuro? ¿Cómo se piensa viajar a un “x” lugar sin saber si se cuenta con la gasolina suficiente para llegar? ¿Por qué se permite el crecimiento urbano sin saber de cuánta agua se dispone? Queda para la reflexión.

IV. 2.1.2 Digitalización de los sistemas hidrosanitarios urbanos en México

La digitalización de la gestión del agua consiste en la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para optimizar esa gestión. Así que, ahora es el turno de describir el monitoreo del funcionamiento del sistema hidrosanitario urbano desde sus fuentes de captación hasta las descargas de aguas residuales con el objetivo de operarlo de manera eficiente y detectar riesgos y peligros que afecten la calidad de vida de los ciudadanos. Es necesario recordar que el sistema hidrosanitario urbano consta de siete etapas: captación, conducción, potabilización, distribución, consumo, alejamiento y tratamiento de aguas negras (Gleason, 2014).

La digitalización es más que una tendencia compartida en diferentes sectores. La implementación de nuevas tecnologías trae grandes beneficios y tiene el poder de transformar la industria del agua de varias formas:

1. Medir la eficiencia es ahora un objetivo alcanzable para las organizaciones.
2. Las nuevas tecnologías implementadas con una mentalidad de mejora continua pueden impulsar la eficiencia.
3. Los procesos de toma de decisiones pueden basarse en datos en lugar de opiniones o creencias.

Con la digitalización del sistema hidrosanitario urbano; la adquisición, integración y procesamiento de datos hace que la eficiencia sea un objetivo alcanzable para las organizaciones del agua cuando implementan los servicios y soluciones adecuados. (Idrica, 2020).

Por lo tanto, en materia de *fuentes de suministro* de agua se propone el monitoreo de cuerpos de agua y subterráneas. En el apartado anterior se mostró un ejemplo de monitoreo de escurrimientos (ríos) y embalses, sin embargo el principal abastecimiento de agua para las principales ciudades de México, como se vio en el capítulo dos, proviene de los acuíferos y de cuerpos de agua como el Lago de Chapala. En este sentido es fundamental conocer el estado de estos volúmenes de agua por lo que cada ciudad de contar con un sistema digital de monitoreo de aguas subterráneas y de cuerpos de agua superficiales.

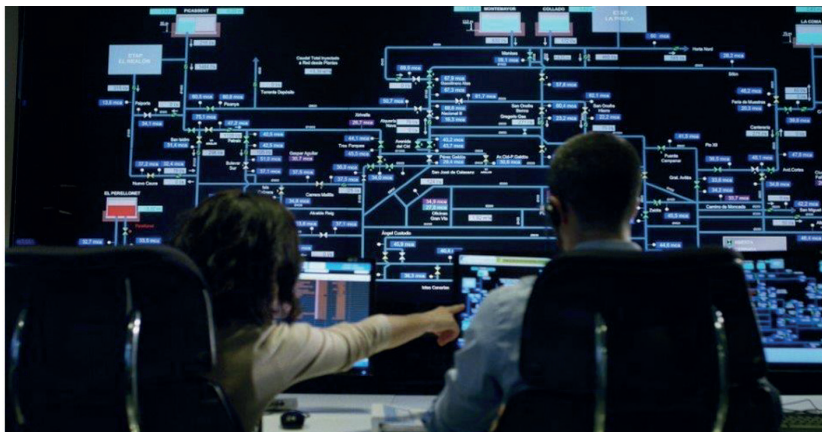
Un ejemplo de lo anterior es la Red de Nacional de Agua subterránea de Estados Unidos (NGWMN, por sus siglas en inglés) es una conjunto de pozos de monitoreo de aguas subterráneas que han sido seleccionados y que pertenecen a otros sistemas de monitoreo a nivel federal, estatal y local en todo el país (NGWMN, s.f.)

Otro ejemplo, es el Proyecto Jefferson en el lago George. El proyecto está construyendo una plataforma informática que captura y analiza datos de una red de sensores que rastrean la calidad y el movimiento del agua. Estos datos de los sensores se combinan con otros datos experimentales y de monitoreo para crear una comprensión profunda de los factores que impulsan la red alimentaria del lago y la calidad general del agua. Los conocimientos científicos y la tecnología creados para el proyecto no solo ayudarán a administrar y proteger uno de los lagos más famosos de Estados Unidos, sino que crearán un plan para preservar importantes lagos, ríos y otros cuerpos de agua dulce en todo el mundo (Rensselaer, 2020)

En términos de conducción es necesario conocer el caudal que es conducido a través de estas grandes tuberías que trasladan el agua de la fuente de suministro a la planta potabilizadora, en donde se debe monitorear la calidad y cantidad de agua que sale limpia para ser repartida a través de la red de distribución a cada vivienda. Esta red de distribución de agua tiene monitoreada en términos de calidad, cantidad y presión a través de sistema digitales. En la figura 4.6 se observa personal vigilando la operación de una

red de distribución. Se está apostando por la sensorización de las redes, la telelectura y la aplicación de sistemas de detección de fugas con el empleo de técnicas basadas en algoritmos avanzados (Retema, 2020).

FIGURA 4.6
Modelación hidráulica en tiempo real



Fuente: Idrica, 2020.

El agua potabilizada es entregada al usuario y por medio de la digitalización se pueden medir los consumos exactos, lo que permite un cobro justo y transparente. Así también las descargas de agua negras de cada edificio pueden ser inventariadas y monitoreadas para conocer la calidad y cantidad de agua negra que es canalizada hacia los drenajes urbanos.

En cuestión de los drenajes es necesario monitorear, el caudal, el grado de explosividad por las gases que se producen por la descomposición de materia orgánica con otras sustancias y la condición de las paredes de los colectores desgastados. Finalmente la última etapa a digitalizar es la del tratamiento de aguas residuales. Actualmente existen plantas de tratamiento que operan casi de manera automática donde solo se necesitan no más de cinco personas porque casi todo el trabajo de monitoreo del funcionamiento lo hacen los sistemas digitales. Un caso es la planta de tratamiento en el municipio de Reading en el Reino Unido (Hyde, 2016).

La digitalización de los servicios de agua es uno de los grandes pendientes en las ciudades mexicanas. Aunque se están llevando a cabo esfuerzos importantes como en la ciudad de Monterrey Nuevo León, la gran mayoría de los sistemas operadores de agua del país, no tienen acceso a este tipo de conocimiento, ni este tipo de tecnología tan importante.

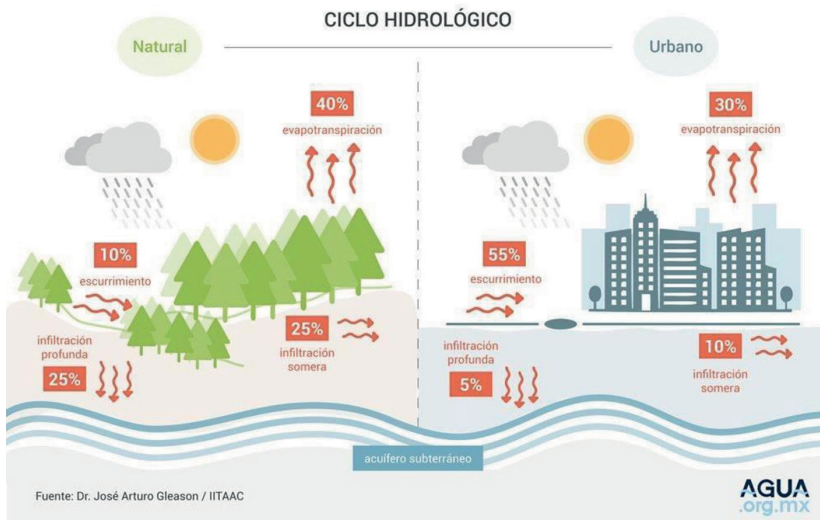
Teniendo los datos de la situación actual del ciclo del agua y del sistema hidrosanitario urbano, es necesario ahora describir los desafíos en materia ambiental que se muestran en una agenda de restauración del sistema natural de provisión del agua (ciclo) y del sistema artificial (urbano).

IV. 2.1.3 Restauración del ciclo del agua en las ciudades

Se comentó que el DUSA es el motor para iniciar un proceso de conversión de las ciudades mexicanas en ciudades sensibles al agua. Sin embargo, es importante posicionar en esta agenda, el tema de la restauración del ciclo del agua. La figura 4.7, se observa que en condiciones naturales el escurrimiento superficial experimenta la mayor modificación cuando la cuenca se urbaniza, incrementando los escurrimientos superficiales de 10 por ciento en condiciones naturales a 55 por ciento después de la urbanización. Además se observa una disminución considerable en ingreso de agua de lluvia a los acuíferos cuando las cuencas se urbanizan sin ser sensible al ciclo del agua. La infiltración somera disminuye de 25 por ciento en condiciones naturales a 10 por ciento en condiciones urbanizadas, y en lo correspondiente a la infiltración profunda se observa el mayor impacto ya que disminuye de 25 a 5 por ciento.

Esta situación pone en riesgo la disponibilidad de agua de los acuíferos de las ciudades. La urbanización desordenada ha llevado a que las ciudades se conviertan en “monstruos sedientos” que son voraces en cuanto a obtener agua de cualquier punto al costo que sea. Por eso, desde la Universidad de Guadalajara a través del CUAAD, se propone el concepto de Restauración del ciclo del agua en cuencas urbanizadas (RECICU). Este concepto consiste en un proceso mediante el cual las variables del ciclo hidrológico son restauradas a través de la implementación de tecnología que permita (Gleason, 2016):

FIGURA 4.7
Deterioro del ciclo de agua



- 1) Infiltrar el agua y recargar acuíferos.
- 2) Ampliar las zonas verdes a través de la plantación de flora que permita elevar la evapo-transpiración.
- 3) Captar agua de lluvia en edificios para coadyuvar a la oferta y disminuir los escurrimientos que provocan inundaciones.
- 4) Captar el agua pluvial escurrida en las calles para canalizarla, almacenarla, y utilizarla para riego con un pre-tratamiento y regular avenidas.

En la figura 4.8 se observa el proceso de restauración que parte del escenario natural, para luego mostrar el escenario urbanizado y finalmente se muestra el escenario restaurado. Obsérvese cómo en el escenario restaurado disminuyen los consumos de agua de las fuentes actuales, ya que al captar el agua de lluvia, se reducen los consumos y aumentan las recargas de los acuíferos. Es muy importante invertir los esfuerzos en restaurar las cuencas antes de buscar nuevas fuentes de suministro.

FIGURA 4.8
Balance hídrico bajo distintos escenarios



Fuente: elaboración, propia, 2018.

Esta estrategia prioriza la restauración de cuencas urbanizadas o erosionadas, ya que el ignorarlo compromete la disponibilidad local del agua en el presente y en el futuro; y fomenta la búsqueda de nuevas fuentes de suministro en cuencas lejanas a altos costos económicos y sociales.

IV. 2.1.4 Rehabilitación del sistema hidrosanitario urbano

En la mayoría de las ciudades mexicanas las siete etapas que componen el sistema hidrosanitario urbano reciben un escaso mantenimiento, y en algunos casos es ausente. Esta situación ha empeorado por el aumento de construcción de más edificios que demandan más agua y arrojan más agua pluvial a colectores viejos y desgastados. Los actuales sistemas viejos que a pesar de todo continúan brindando servicios, poco a poco la calidad de su funcionamiento va disminuyendo. Por ejemplo, en el municipio de Guadalajara, el primer colector llamado San Juan de Dios fue construido a finales XIX y principios del siglo XX, sigue operando a pesar del escaso o nulo mantenimiento que recibe. Otro problema muy frecuente en las principales ciudades mexicanas es que lidian con las fugas en la red de distribución. Es necesaria

su rehabilitación y su digitalización para garantizar un abastecimiento justo y de calidad.

Por lo tanto, se debe considerar que para lograr convertirse en una ciudad sensible agua, tendrá que realizarse un diagnóstico a fondo y moderno de cada una de las siete etapas para identificar los rezagos prioritarios que puedan comprometer el servicio eficiente que provoque daños a la salud pública. Esta agenda prioriza la atención de estos problemas que en caso de no atenderlos apropiada y oportunamente provocará daños irreversibles en el futuro.

En este sentido, es prioritario optimizar la demanda de agua reduciendo los consumos. La eficiencia en la gestión del agua no es un plus, es una obligación, por lo que los suministros no deben brindarse con alto índice de desperdicios. De acuerdo a Antonio Capella Vizcaíno, consultor del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en México se pierde el 40 por ciento del agua potable por fugas en redes; enfatiza que variar la presión o vaciar los tuberías las deteriora; de acuerdo a estudios ingleses, las tuberías sometidas a estos procesos aceleran su deterioro hasta en 10 veces, y por tanto habrá roturas más frecuentes (Agencia ID/DICYT, 2019). En la figura 4.9 se observa una fuga de agua en la tubería de distribución ya deteriorada.

FIGURA 4.9
Fuga en la red de distribución



Fuente: Agencia ID, 2020.

El desdeñar la atención a las fugas en la red representa un desperdicio que puede ser irreparable en futuras crisis de disponibilidad. Conforme no se atiende el problema, el deterioro avanza, y por lo tanto el costo de reparación se eleva, dificultando su futuro financiamiento.

Otro problema importante a atender es rehabilitar los drenajes urbanos. Es prioritario disminuir la descarga de agua de lluvia a los drenajes sanitarios actuales. Permitir que este volumen de agua se vaya al drenaje es como tirar una cantidad de dinero considerable al caño. Lamentablemente la sociedad brinda mayor valor al dinero que a la lluvia. Será urgente impulsar programas de captación de agua de lluvia que la retengan en las casas procurando canalizar las excedencias a estructuras de infiltración en caso de que el suelo lo permita. Tirar el agua de lluvia al drenaje es tirar el agua de las futuras generaciones de manera indiscriminada.

IV. 2.2 Agenda institucional

La agenda técnica no puede ser implementada si no existe el andamiaje legal y operativo en el sector público del agua. No basta tener los conocimientos técnicos, si no existe voluntad política para aplicarlos a las necesidades públicas. La apuesta principal en este ámbito radica en el entrenamiento y formación de los servidores públicos que facilite el cambio de conciencia y la adquisición de nuevas capacidades en un contexto de escasez. Al contar con un conocimiento y conciencias renovadas, será posible realizar los cambios a la ley que fomenten los cambios en las conductas de los ciudadanos e instituciones a favor del cuidado y conservación del agua. A continuación se presentan propuestas para el mejoramiento del trabajo institucional de las agencias públicas que gestionan el agua.

IV. 2.2.1 Formación de servidores públicos (Certificación)

El Índice de Ciudades Sensibles al agua (WSCl, por sus siglas en inglés), dentro de la meta que consiste en asegurar una buena gobernanza sensitiva, el primer indicador que es necesario cumplir, es contar con habilidades y conocimientos que fortalezcan una capacidad organizacional. El sector público del agua debe estar influenciado por la ciencia, la cual permea a todo el sector

con el propósito de encaminar las actividades de gestión con un sentido claro hacia la sustentabilidad. El servidor público debe aprender a trabajar de manera científica y multidisciplinaria buscando integrar saberes y experiencias de diferentes campos del conocimiento.

Esta formación debe ser constante y puede apoyarse en programas de certificación enfocados al manejo del agua, la cual puede provenir de universidades o instituciones de ciencia, o asociaciones civiles que creando e impulsando contenidos académicos y profesionales con respaldo científico de alto nivel. Un ejemplo de lo anterior, es la labor que ha hecho el Cuerpo Académico UDG-CA-604 “Gestión y tecnología para la arquitectura y urbanismo sustentable”, el cual después de 10 años de investigación en la captación de agua de lluvia, creó con el apoyo de ciudadanos comprometidos, la Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, A.C. (AMSCALL).

Actualmente la AMSCALL esta promoviendo vía online a raíz de la pandemia del COVID 19, cursos en línea a servidores públicos de entes de gobierno de México y de Guatemala. Esta programa comprende cuatro cursos enfocados en estrategias para la gestión sustentable del agua de lluvia. Estos cursos están dirigidos a individuos que tienen el interés de conservar el agua de lluvia aprendiendo las mejores prácticas en este campo, así como a los profesionales de la industria de la construcción que desean una capacitación más profunda aplicada a edificaciones de tipo residencial, uso industrial y comercial. En la figura 4.10 se muestra a la primer generación de alumnos que llevaron el curso 001 “Promotor del cuidado y conservación del lluvia”, que se llevó a cabo en el mes de noviembre en la ciudad de Morelia Michoacán del 2019, en las instalaciones de la Cámara de la Industria de la Construcción Delegación Michoacán.

FIGURA 4.10
Primera generación del curso de certificación 001



Fuente: AMSCALL, 2019.

De tal manera que la capacitación de los servidores públicos no es una opción, es una obligación. Con servidores públicos capacitados y actualizados será mucho más fácil llevar a cabo una gestión del agua orientada hacia la sustentabilidad. Este tipo de gestión permitirá intervenir los problemas urgentes de manera apropiada proponiendo estrategias integradas que resuelvan de fondo y de forma definitiva los problemas más urgentes, dejando de lado las medidas paliativas que los complican más.

IV. 2.2.2 Reforma legal

Esta tarea brinda el cimiento de la acción institucional y social. Es resultado de un cambio de mentalidad producto del conocimiento y la experiencia al actuar de manera diferente. Tanto servidores públicos, expertos y la sociedad en general deben enfocar esfuerzos para reformar la ley de aguas de México. En este sentido, se propone incluir:

- a) La medición de las variables del ciclo del agua y las etapas del sistema hidrosanitario urbano, como requisito obligatorio para llevar a cabo la planeación urbana sensible al agua y la construcción de obras públicas.
- b) La implementación de ecotécnicas que realicen un manejo sustentable del agua en la construcción de vivienda y nuevos edificios, así como en los espacios públicos.

- c) La capacitación y certificación periódica de los servidores públicos en el sector agua, como obligación para permanecer en los cargos de toma de decisión.
- d) La inclusión obligatoria de los ciudadanos en la toma de decisiones para lograr un gestión sustentable del agua. El ciudadano debe ser el centro del proceso de toma de decisión y no tan solo un validador de la decisión tomada en altas esferas.

En el 2020, el autor tuvo la oportunidad de participar en el proceso de discusión para la creación de una nueva ley de aguas nacionales en el H. Congreso de la Unión, donde representantes de varios sectores relacionados con el agua, participaron los primeros meses del año.

IV. 2.2.3 Transformación de las empresas gestoras de agua

Las ciudades mexicanas necesitan un cambio en la forma de gestionar el agua. Actualmente el agua es un simple elemento más dentro de una lista de necesidades a considerar cuando se planean las ciudades. El agua no es posicionada como eje central de la planeación como lo propone el DUSA, es un requisito más para obtener los permisos para urbanizar. El problema se agrava cuando existe una desvinculación entre la planeación urbana y los servicios de agua, si bien, el primero necesita la información básica para tener la certeza de que cuenta con el agua para los nuevos asentamientos, a la hora de planear el ciclo del agua no es contemplado ni el estado actual del funcionamiento del sistema hidrosanitario urbano. Por consecuencia se construyen desarrollos que en ocasiones no cuentan con los servicios de agua suficientes y son deplorables. En este aspecto institucional, se destacan tres puntos a impulsar dentro de las agencias públicas:

- a) la inclusión del agua como eje central en la planeación y gestión del agua, no debe ser un requisito más el agua, debe ser el eje de la planeación ya que ignorarlo traerá como consecuencia escasez por la falta de disponibilidad no prevista e inundaciones por ubicarse en zonas de riesgo.
- b) el trabajo colaborativo intersectorial e inter-institucional. El agua no es solo asunto de ingenieros, deben integrarse las disciplinas y saberes necesarios para gestionar el agua de manera sustentable. Todas deben tra-

bajar con un espíritu de complementariedad para elaborar propuestas integrales.

- c) Transparencia. Una de las características del sector público del agua es la falta de difusión de información técnica del ciclo del agua y el sistema hidrosanitario urbano. Para la participación ciudadana debe participar de manera informada, pero esto no será posible, si los ciudadanos desconocen el funcionamiento de su sistema y la información de su operación en tiempo real y la histórica acumulativa.

IV. 2.3 Agenda social

El eje más importante es el social, sin la participación de los ciudadanos, los otros dos ejes son prácticamente imposibles. Se pronunciaron estos primeros dos ejes al principio, con el objetivo de marcar la dirección de los esfuerzos, sin embargo, el motor de la transformación de la ciudad será el compromiso real del ciudadano informado que le permita involucrarse activamente en los problemas del agua. Esta participación debe darse desde la propuesta y no desde la queja, ya que al tener un conocimiento objetivo de los problemas y su solución, se despertará el interés sincero y colaborativo para solucionar estos problemas tan complejos.

IV. 2.3.1 Cultura del agua

Desafortunadamente, la mayoría de las personas desconoce la importancia del ciclo del agua en la vida del planeta, así cómo es que llega el agua a su vivienda y qué pasa cuando la desecha a través del WC. Esta ignorancia generalizada es un obstáculo grande para que el ciudadano salga del marasmo en el que está sumergido. Se propone a nivel de política pública una campaña de concientización de la importancia del cuidado del agua “agresiva” que transforme los pensamientos y las conductas de la ciudadanía.

Esta política pública debe impactar dos niveles: en la opinión pública y en el sector educativo del país. En primer instancia, debe llevarse a cabo una campaña mediática permanente que muestre los aspectos del funcionamiento del ciclo del agua y del sistema hidrosanitario y su importancia en la preservación de la vida y el rol que juega el ciudadano en su cuidado y con-

servación. Además esta campaña debe incluir la concientización de la gravedad del colapso de los recursos naturales en el planeta, en caso particular, el agua. En segundo lugar, estos mismos contenidos deben ser incluidos en los programas de educación básica, media, medio-superior, superior y posgrado. Una población ignorante, difícilmente participará en la solución de los problemas presentes y futuros. De tal manera, que este cambio de cultura debe iniciar en el círculo familiar y en todos los niveles de educación.

En la figura 4.11 se muestra al Súper héroe “Waterman” que enseña a los niños el funcionamiento de importancia del ciclo del agua y el sistema hidrosanitario urbano a través de clases que brinda a las comunidades con el Cazatormentas (camión equipado con un SCALL) y un programa artístico. Waterman es parte de un programa educativo que desarrolla el Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Agua Lic. Arturo Gleason Santana, A.C (IITAAC).

FIGURA 4.11
Waterman: programa educativo para niños



Fuente: IITAAC, 2020.

Para concientizar y despertar el interés y compromiso de las personas se propone la creación de un *museo nacional del agua* que exponga los aspectos más básicos del funcionamiento del agua en la naturaleza y de la infraestruc-

tura de suministro y tratamiento, la problemática del agua global y local, y las estrategias tecnológicas, sociales y económicas para resolver los problemas del agua. A mayor conciencia mayor compromiso y acción.

IV. 2.3.2 Organización social

Uno de los principales retos en esta transición hacia una ciudad sensible al agua es la organización de la sociedad civil. Aunque en México el número de organizaciones no gubernamentales (ONGs) crece, las necesidades son aún mayores que las manos que se necesitan para enfrentar los problemas presentes y futuros del agua. Para que haya una gobernanza como lo solicita una ciudad sensible al agua, se necesita como ya se dijo, ciudadanos informados y comprometidos.

El autor de la presente obra ha podido impulsar la creación de dos organizaciones civiles sin fines de lucro relacionadas con el agua. La primera fue el IITAAC (www.iitaac.org.mx) que se fundó en noviembre de 2013 en donde se realizan trabajos de investigación de monitoreo de lluvias y captación de agua pluvial junto con su programa educativo Waterman y su unidad de monitoreo del ciclo de agua “El Cazatormentas”. La segunda organización se fundó en el 2017 con el nombre de AMSCALL (www.amscall.org.mx). Esta organización es de tipo gremial y tiene el objetivo de promover la captación de agua de lluvia en el territorio nacional y la creación de habilidades en esta disciplina a través de su programa de certificación de expertos en captación de agua de lluvia. En la figura 4.12 se muestran los dos logotipos de estas organizaciones.

FIGURA 4.12
Organizaciones civiles dedicadas al agua



Fuente: IITAAC, 2020.

Fuente: AMSCALL, 2020

IV. 3 UNA RUTA PARA LLEGAR A SER UN MÉXICO SENSIBLE AL AGUA

Una vez definida la agenda, ahora es el turno para describir cómo puede aterrizar. En primer término se propone la organización de talleres (workshops) con el modelo de impartición del Centro Cooperativo para la Investigación de Ciudades Sensibles al Agua ubicado en Melbourne Australia (CRCWSC, por sus siglas en inglés). Al momento de escribir esta obra, el autor y uno de sus colaboradores están capacitándose para recibir la acreditación como Proveedor Acreditado del Index de Ciudades Sensibles al Agua (WSCl, por sus siglas en inglés). Hasta el momento, a través de la AMSCALL y la UdeG se tienen firmados convenios de colaboración con ciudades como Morelia Michoacán, Zapotlán Jalisco y Tepic Nayarit para que en el 2021 puedan arrancar estos talleres.

El índice WSCI se utiliza para comparar el desempeño actual sensible al agua de una ciudad, pueblo o región. Se debe determinar un punto de referencia oficial de lo que es una ciudad sensible al agua a través de un taller de evaluación comparativa impartido por dos proveedores acreditados de la WSC. El índice WSCI tiene tres objetivos:

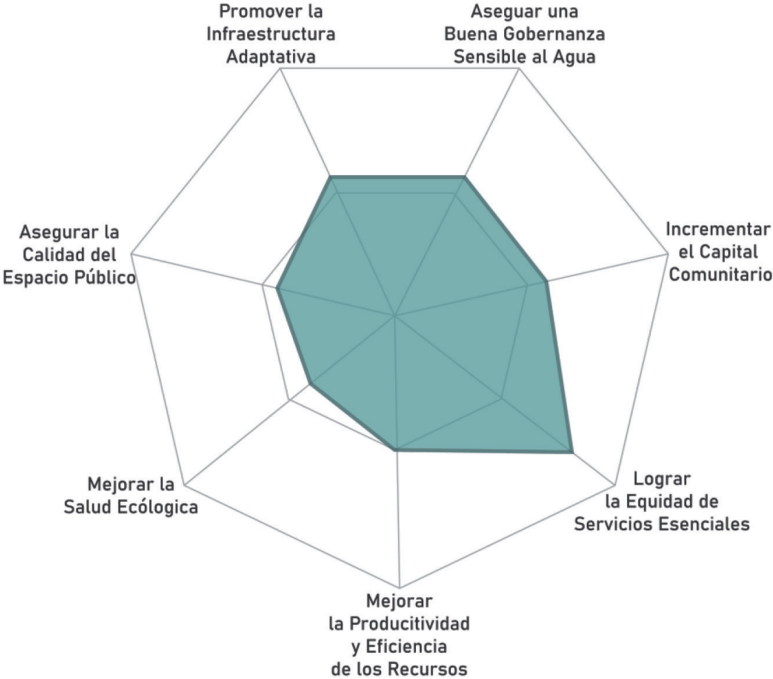
1. Proveer un diagnóstico profundo para fundamentar las acciones que permitan una transición a una ciudad sensible al agua.
2. Fomentar la colaboración con la industria.
3. Ayudar a fijar las metas y trazar la ruta de progreso de la transición.

El índice WSCI comprende siete metas y 34 indicadores (Ver tabla 3.3), los cuáles son analizados y valorados por diversos actores del sector público con el fin de determinar qué tan sensible es al agua la ciudad en cuestión. A continuación se muestran nuevamente las metas que se enunciaron en el capítulo tres:

1. Asegurar una buena gobernanza sensible al agua
2. Incrementar el capital comunitario
3. Lograr la equidad de servicios esenciales
4. Mejorar la productividad y eficiencia de los recursos
5. Mejorar la salud ecológica
6. Asegurar la calidad del espacio público
7. Promover la infraestructura adaptativa

Cada una de estas metas contienen indicadores específicos los cuáles son ponderados a través de consideraciones preestablecidas por expertos CRCWSC con valores del uno al cinco, siendo uno el menor alcance y cinco el cumplimiento del indicador plenamente. En la figura 4.13 se muestra un heptágono perfecto que representa el cumplimiento pleno de las siete metas, si el polígono que se encuentra en el interior (verde) se parece al del exterior (heptágono), entonces quiere decir que esa ciudad esta cerca de convertirse en una ciudad sensible al agua.

FIGURA 4.13
Score del Índice de ciudad sensible al agua



Fuente: CRCWSC, 2020.

La organización de estos talleres permitirá el encuentro de diversos actores interesados e involucrados en la problemática, por lo que se propone que a

partir de estos talleres, crear el Consorcio de Ciudades Mexicanas Sensibles al agua (COCMEXSA) el cual permita articular las acciones colaborativas para que estas primeras ciudades puedan certificarse.

El COCMEXSA tendría el objetivo de crear bajo su modelo de organización otros consorcios a nivel regional, estatal o local según sea el caso. Este COCMEXSA sería un punto de apoyo para apalancar los procesos de certificación de las ciudades Mexicanas a partir de su estrecha relación con el CRCWSC de Australia y la acumulación de experiencias y procesos documentados que serán de gran apoyo para los interesados.

IV. 4 AVANCES PARA LOGRAR UN MÉXICO SENSIBLE AL AGUA

Definitivamente los esfuerzos para lograr un México sensible al agua comenzaron desde hace años. Destacan esfuerzos como el realizado por el Dr. Manuel Anaya Garduño, investigador del Colegio de Posgraduados en Texcoco, quien desde hace años impulsa la captación de agua de lluvia en México. Sobresalen los avances de grupos como Isla Urbana que junto con el gobierno de la Ciudad de México a través de su Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), impulsaron en el 2019, la implementación del Programa de Cosecha de Agua de Lluvia de la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2020). En la figura 4.14 se observan algunos SCALL instalados en viviendas en las alcaldías de Iztapalapa y Xochimilco.

FIGURA 4.14
SCALL instalados en la CDMX



Fuente: SEDEMA, 2019.

Captar el agua de lluvia es el inicio tecnológico, para que la ciudades mexicanas puedan convertirse ciudades sensibles al agua. Afortunadamente día con día crece el interés en la captación de agua de lluvia a lo largo del territorio nacional. Gobiernos locales y estatales, asociaciones, empresas, industria se involucran cada vez más en este tipo de tecnología. La captación de agua de lluvia es el primer paso hacia la sustentabilidad hídrica de México.

Otro avance importante, el trabajo desarrollado en el 2016 por el Gobierno de la Ciudad de México, en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México, con las empresas consultoras en investigación por diseño De Urbanisten y Deltares, con el financiamiento de CAF Banco de Desarrollo de América Latina y Embajada de los Países Bajos en México.

Del 2 al 5 de febrero de 2016, se llevó a cabo un taller interdisciplinario en las oficinas de la Autoridad del Espacio Público (AEP) en la Ciudad de México. El trabajo realizado durante estos días constituye el contenido en el que se ha basado la consultoría extendida incluida en este reporte. El evento fue planeado cuidadosamente por Víctor M. Rico E. de la AEP, Eduardo Marín y Florian Boer de De Urbanisten, y Bas van de Pas y Hans Gehrels de Deltares. El taller consistió de un encuentro de cuatro días en el cual se compartieron e intercambiaron conocimientos, inspiración y soluciones. De este importante evento se generó el documento “Hacia una ciudad de México sensible al agua” (Gobierno de la ciudad de México, 2016).

Otro trabajo realizado es Intervenciones Urbanas: Distritos”, coordinado por Elena Tudela Rivadenerya (s.f), donde se establece una plataforma para orientar políticas y proyectos hacia objetivos comunes con base a la elaboración de visiones integrales hídricas para las ciudades. A través de ellas se visualizan vocaciones territoriales y se plantean las bases para cualquier intervención donde el eje principal es el recurso hídrico.

Finalmente la AMSCALL, bajo su lema “Un paso hacia la sustentabilidad hídrica en México”, ha emprendido un camino para iniciar la transición hacia la certificación ciudades sensibles al agua. En su segundo congreso nacional (II CONAMSCALL) celebrado Morelia Michoacán en el mes de noviembre de 2019, tuvo como conferencista principal al CEO actual de CRCWSC Ben Furmarge y quien fue testigo de honor en la firma del convenio entre la AMSCALL y el Organismo Operador de Agua Potable y Saneamiento de Morelia (OOPAS) para impulsar el proyecto de “Morelia Sensible al

Agua”. Así también a principios del 2020 la AMSCALL firmó convenio con el Municipio de Zapotlán El Grande Jalisco para impulsar el concepto. En la figura 4.15 se observan las firmas del convenio con ambos municipios. A través de estos acuerdos se pretende realizar los talleres en el 2021 para para diagnosticar esos municipios e iniciar la transición para convertirse en ciudades sensibles al agua.

FIGURA 4.15
Firma de convenios



a) Firma de convenio entre AMSCALL y Morelia (2019).



a) Firma de convenio entre AMSCALLA y Zapotlán (2020).

Fuente: AMSCALL, 2020.

Finalmente otro esfuerzo, es el realizado por el Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables (LNVCS) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el cual a través de su sede regional la Universidad de Guadalajara creó en el 2017 el Centro de Servicios de Diseño de Comunidades Sensibles al Agua (CESDISCOSENA) que esta impulsando el proyecto “Plan de manejo integral hidrológico y de saneamiento en la cuenca del río mololoa en Tepic, Nayarit: escenarios urbano-ambientales sensibles al agua” financiado por CONACYT (Ríos, 2020).

V

REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES

El problema del agua en el mundo es un problema presente y real el cual se va a complicar en nuestros próximos años, desdeñar esta realidad será marginar a la sociedad de las capacidades y recursos para solventar la problemática tan compleja que la agobiará. La demanda de agua crecerá en 40% en el 2030 y 55% en el 2050, lo que representa que habrá menos agua con calidad aceptable para muchas más personas que explotarán y contaminará el vital líquido. Es necesario controlar esta demanda, o al menos, que los gobiernos enfoquen esfuerzos en educar a la población en el cuidado y conservación del agua, lo cual, no sucede en la mayoría de los países. En pocas palabras, habrá poca agua limpia para un número mayor de personas, la problemática se irá agravando a menos de que no haya un cambio en la gestión de recurso hídrico escaso que se oriente hacia la sustentabilidad.

Lo anterior se complica con los efectos del cambio climático. El cambio climático es una variable que debe incluirse en la definición de las políticas públicas del agua ya que afectará la disponibilidad de agua en términos de calidad y cantidad, y desde luego su impacto en la seguridad de las poblaciones por los fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios que causarán desastres. Las severas sequías y frecuentes inundaciones son y serán los principales efectos de este fenómeno. La divulgación de este fenómeno debe ser prioritario en cualquier agenda pública de cualquier gobierno y de cualquier nivel. Una sociedad consciente e informada es vital para enfrentar los efectos y diseñar las estrategias de adaptación y mitigación.

Una directriz importante en la gestión del agua consiste en fijar a los objetivos del milenio como reales metas para la transformación de las ciudades. El objetivo seis señala claramente que se debe garantizar la disponibilidad del agua así como su gestión sostenible y el saneamiento para todos. El acceso al agua en términos de calidad y cantidad de manera eficiente es un derecho inalienable, que tenga como meta lograr una gestión integrada colaborativa, que a

su vez proteja y restaure los ecosistemas. El concepto de ciudad sensible al agua esta completamente de acuerdo con este objetivo seis, y desde luego, con sus submetas. Igual que en el caso del cambio climático, debe haber una política de divulgación consolidada para que la población conozca este objetivo.

Nuestro continente latinoamericano es un ejemplo de la urgencia de que temas como el cambio climático y los ODG sean ampliamente divulgados, ya que su desconocimiento los aleja de una posible participación en la solución de los problemas tan complejos que enfrentan. Los países latinoamericanos son vulnerables a los efectos de cambios climáticos como las inundaciones y sequías, por lo que es necesario que las poblaciones estén informadas y entrenadas para enfrentar estos efectos. Aunado a esto, Latinoamérica sufre los efectos de una urbanización desordenada, la prueba de ellos, son las periferias hundidas en la pobreza y abandono. Es necesario que se diseñen políticas públicas que permitan la inclusión del ciudadano en la solución de esos problemas de la mano de autoridades fortalecidas en sus capacidades de manejo técnico y político.

Las ciudades deben ser capaces de enfrentar los desafíos actuales y futuros. Garantizar de servicios básico de agua y saneamiento no son la única obligación de las autoridades, sino que es necesario, emprender un proceso de restauración de las cuencas urbanizadas, donde primeramente la urbanización desordenada sea detenida. Esta restauración ambiental hidrológica debe devolver al ciudadano su calidad de vida, una vivienda digna y espacio público adecuado para desarrollarse plenamente. En la gestión del agua en las ciudades el ciudadano debe ser el punto de partida con el objetivo de regenerar su entorno natural, tal y como lo postula el concepto de ciudad sensible al agua.

Los esfuerzos nacionales mostrados en el Plan Nacional Hídrico y Agenda 2030 deben incluir enfoque innovadores como ciudades sensibles al agua. Se necesita tener una visión más amplia de la problemática y no enfocarse solo en los aspectos ingenieriles. El problema debe abordarse de manera interdisciplinaria y transectorial. Todos los saberes y experiencias deben ser incluidos al momento de generar las agendas locales, estatales y federales Las tres principales centros urbanos: Ciudad de México (CDMX), Área Metropolitana de Monterrey y el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) han hecho esfuerzos importantes para cumplir con el objetivo seis de la agenda

2030, sin embargo, no han sido suficientes ya que se han basado en un enfoque ingenieril, dejando de lado otros aspectos. Sin embargo, están poco a poco realizando esfuerzos para un cambio en la gestión del agua que efercen.

Aquí se presenta el principal reto de este trabajo: ampliar la visión sobre lo que representa gestionar el agua de manera sustentable. Hay que salir de una visión sesgada a los aspectos técnicos ingenieriles y moverse a una visión donde todas las visiones de distintos conocimientos, experiencias y sectores, es fundamental para la solución de los presentes y futuros problemas del agua.

El concepto australiano de ciudad sensible al agua es un paradigma innovador respaldado por más de 20 años de estudio y experiencia en la transformación de ciudades de ese país y del extranjero. Es un concepto que plantea los fundamentos teóricos coherentes que pueden ser aplicables en varias ciudades del mundo. Su agenda teórica es un recurso que puede ser aplicado en México a través de un análisis profundo que sea inclusivo e interdisciplinario y de un compromiso claro en la implementación de estos principios.

La agenda para llevar a cabo la transición hacia ciudades sensibles al agua debe contemplar tres ejes: técnico, institucional y social. El primero radica en conocer en qué estado se encuentran tanto el sistema natural (ciclo del agua) y el sistema artificial (sistema hidrosanitario) y se les implementen sistemas de medición digitales para el monitoreo de su funcionamiento con el objetivo de planear las ciudades con información precisa de la disponibilidad del agua en términos de calidad y cantidad. ¿Cómo se planea la ciudad sin conocer si el agua alcanza y alcanzará para las presentes y futuras generaciones? Es tan contradictorio como la ausencia de un medidor de gasolina en un carro, como la de un medidor en los sistemas que producen y manejan el agua para las ciudades. Por ello, se considera prioritario la implementación de estos sistema para conocer la situación actual de los recursos hídricos.

En este mismo sentido técnico, es menester que la urbanización desordenada deba detenerse urgentemente, de seguir en esta dirección, los recursos hídricos escasearán hasta el punto de agotarse. El modelo actual de urbanización debe transformarse en uno que apueste por la restauración y conservación del ciclo de al agua para asegurar la disponibilidad del vital líquido a las presentes y futuras generaciones. En la agenda pública debe ser prioritario al restauración hidrológica de las cuencas urbanas, así como la rehabilitación de los sistemas hidrosanitarios urbanos, antes que buscar incrementar

la oferta a través de construcción de obras faraónicas que no resuelven el problema de fondo.

El eje institucional es el brazo del eje técnico. Los esfuerzos institucionales deben comenzar desde la formación técnico-social de los servidores públicos en los principios de una ciudad sensible al agua que les permita ejercer su responsabilidad con inteligencia para concretar la transformación del marco legal y las instituciones públicas encargadas de la gestión pública del agua. Debe asegurarse la protección del ciclo del agua y la rehabilitación y conservación del sistema hidrosanitario urbano para garantizar la disponibilidad del agua para las comunidades.

El eje social, es el fundamento de los dos anteriores. Es el punto de partida de la transición hacia una ciudad sensible al agua. El individuo es el agente de cambio de toda transformación, cambiando su mentalidad, su conducta es transformada. Esta conducta se refleja en una la gestión responsable del agua a nivel doméstico hasta altos niveles de toma de decisión. Es fundamental que el ciudadano sienta la responsabilidad no tan solo en individual sino en lo colectivo. La organización social es un brazo estratégico para empujar la transformación de las ciudades para que sean sensibles al agua. Las organizaciones civiles deben ser los impulsores y supervisores de esta transformación porque en ellas radica la participación libre y voluntaria que garantizará que los procesos de cambio se mantengan a lo largo del tiempo.

Con el conocimiento y experiencia que el CRCWSC ha generado en los últimos años se podrá definir y llevar a cabo una agenda para México. La ruta que se plantea, comienza con la impartición de talleres en distintas ciudades para conocer qué tan sensibles son al agua, los cuales permitirán no tan solo tener un diagnóstico en función de las siete metas y 34 indicadores de una ciudad sensible al agua, sino también generarán una agenda de trabajo para iniciar la transición conforme al contexto de cada ciudad. Así también será estratégico la organización de los esfuerzos en un ente nacional llamado Consorcio de Ciudades Mexicanas Sensibles al agua (COCMEXSA) que permita expandir el conocimiento y experiencias en todo el territorio nacional con el objetivo de más ciudades puedan lograr esta transformación, y así, estar preparados para enfrentar las crisis que se avecinan en el 2030.

Finalmente, se pone sobre la mesa, la necesidad de actuar pronto ante la creciente crisis de agua que se avecina y que en el 2030 será más intensa en

todo el globo terráqueo. El concepto de ciudad sensible al agua es un recurso importante que se ha tomado como soporte para iniciar una transición hacia un entorno mejor, pero que junto con otros que se incorporen en este camino de transformación, se logrará la preservación del medio ambiente y la humanidad si se trabaja en equipo. No esperemos un minuto más, pongámonos a trabajar antes de que sea demasiado tarde.

REFERENCIAS

- Agencia ID/DiCYT. (s. f.). *En México se pierde el 40 por ciento del agua potable por fugas en redes*. Agencia de Noticias para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología (DiCYT). Recuperado 27 de noviembre de 2020, de <https://www.dicyt.com/noticias/en-mexico-se-pierde-el-40-por-ciento-del-agua-potable-por-fugas-en-redes>
- Aguilar, I., Sisto, N., Ramirez, A. (2015). *Agua para monterrey. Logros, retos y oportunidades*. Centro del Agua para América Latina y el Caribe del Tecnológico de Monterrey
- Akhmouch, A. (2012). Water Governance in Latin America and the Caribbean: A Multi- Level Approach. OECD Regional Development Working Papers. 2012/04. OECD Publishing.
- Blanco, D. (2015, 21 marzo). *El mundo enfrentará una severa escasez de agua en 2030: ONU*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/mundo/el-mundo-enfrentara-una-severa-escasez-de-agua-en-2030-onu>
- Brown, R. R., Keath, N., y Wong, T. H. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water science and technology*, 59(5), 847- 855.
- Brown, R. R., Keath, N., y Wong, T. H. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water science and technology*, 59(5), 847- 855.
- Castelán, R. Contreras, A. Tapia, F. (2015). *Los últimos humedales en el Distrito Federal: Xochimilco y Tláhuac, servicios ambientales y la ruta hacia su*
- Centro Internacional del Agua (2017). *Diagnóstico simplificado de la situación de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento por región en el estado de Nuevo León*. UANL, preparado para el Fondo del Agua Metropolitano de Monterrey. 
- CEPAL, BID, (2018). Proceso Regional de las Américas: foro mundial del agua 2018: Informe regional América Latina y el Caribe: resumen ejecutivo, CEPAL. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0001028>
- Consejo Consultivo del Agua, A.C. (2019, 1 abril). *Abandonan más de la mitad de plantas tratadoras de agua*. <https://www.aguas.org.mx/sitio/blog/noticias/item/1648-abandonan-mas-de-la-mitad-de-plantas-tratadoras-de-agua.html>

- Department of Planning and Local Government. (2009). Water Sensitive Urban Design Technical Manual for the Greater Adelaide Region, Government of South Australia, Adelaide
- FAMM. (2009) Plan Estratégico 2021. Segunda publicación. Recuperado de <https://pfiles.sadm.gob.mx/PFiles/Uploads/Documentos/300.pdf>
- Font, N. (2009) *Un enfoque desde la idea de post-metrópolis* [Tesis de grado de especialista publicada] Universidad Autónoma de México. Acomodar en la lista de referencias.
- Gleason, J. (2014). Sistemas de agua sustentables en la ciudades. Editorial Trillas Ciudad de México, México.
- Gleason, J. (2016). *Gestión y planeación del sistema hidrosanitario del área metropolitana de Guadalajara. Un reto hacia la sustentabilidad*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Gobierno del Estado de Jalisco, (17 de octubre de 2019). *Plan institucional de la Secretaría Integral del Agua*. Recuperado de https://www.sipa.gob.mx/sites/default/files/plan_institucional_de_la_secretaria_de_gestion_integral_del_agua.pdf
- Gobierno de México. (2020a). Programa Nacional Hídrico - Resumen. <https://www.gob.mx/conagua/articulos/consulta-para-el-del-programa-nacional-hidrico-2019-2024-190499>
- Gobierno de México. (2020b). Agenda del Agua 2030 https://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos_hidraulicos/docs/doc1.pdf
- Gobierno de la Ciudad de México, (2016). *Hacia una ciudad de México sensible al agua*. Recuperado de http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/2016.07.21_Reporte_CAF_Urb-AEP_lr-2.pdf
- Gobierno de la Ciudad de México, (2020). *Programa de Cosecha de Lluvia de la Ciudad de México*. Recuperado de <https://www.sedema.CDMX.gob.mx/programas/programa/programa-de-sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-en-viviendas-de-la-ciudad-de-mexico>
- Howe, C., y Mitchell, C. (Eds.). (2011). *Water sensitive cities*. Londres, Reino Unido. IWA Publishing.
- Hyde, N. (2016, 4 mayo). *Behind the scenes at the Thames Water Sewage Treatment Works*. Berkshirelive. <https://www.getreading.co.uk/news/reading-berkshire-news/behind-scenes-thames-water-sewage-10564716>
- Idrica. (2020). *Beneficios de la digitalización para la industria del agua: eficiencia basada en datos*. <https://www.idrica.com/blog/benefits-digitalization-water-industry-data-driven-efficiency/>
- IANAS, UNESCO, iap. (2017). *Desafíos del agua urbana en las Américas*, Ciudad de México, Red Internacional de Academias de Ciencias.
- INEGI. (s. f.). *Clima de la Ciudad de México*. Cuéntame. Recuperado 29 de noviembre de 2020, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/in->

- formacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me&e=09%23:~:text=La%2520temperatura%2520m%C3%A1s%2520alta%2520C%2520mayor,-de%25201%2520200%2520mm%2520anuales
- Jiménez, B., 2014. *AGUA, ciudades y futuro. ciencia*, 65(4), pp. 14-19.
- Keath, N. A., y Brown, R. R. (2009). Extreme events: being prepared for the pitfalls with progressing sustainable urban water management. *Water Science and Technology*, 59(7), 1271-1280.
- Lloyd S.D., Wong T.H. y Chesterfield C.J. (2002) Water sensitive urban design: a stormwater management perspective. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- Mehta, M. (2014). *Cities, Water and Urban Planning From challenges to emerging opportunities*. Presentación en el 50 ISOCARP Congreso Internacional de Planeación – Transformaciones Urbanas, Ciudades y el Agua, Gdynia, Polonia. Recuperado de <https://isocarp.org/app/uploads/2014/10/Mehta.pdf>
- Martínez A., (2017). *El agua y los retos del siglo XXI*. Aquae Papers, 7, <https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2017/11/aquae-papers7.pdf>
- Naum, U. (2017, 3 agosto). *2030: el año de la catástrofe del agua en México*. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/2030-ano-la-catastrofe-del-agua-mexico/>
- NGWMN, National Ground-Water Monitoring Network. (s. f.). *National Ground-Water Monitoring Network*. Recuperado 26 de noviembre de 2020, de <https://cida.usgs.gov/ngwmn/index.jsp>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Objetivos del desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Ramírez, A., Sandoval, R., Gómez, D. (2016). Estimación de la oferta sostenible de agua en el AMM. Tecnológico de Monterrey y Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey.
- Rensselaer Polytechnic Institute (RPI). (2020.). *Proyecto Jefferson en Lake George*. Recuperado 26 de noviembre de 2020, de <https://jeffersonproject.rpi.edu/>
- Retema. (2020, 1 junio). *La digitalización de la gestión del agua no es una opción*. Retema. Revista Técnica de Medio Ambiente. <https://www.retema.es/articulo/la-digitalizacion-de-la-gestion-del-agua-no-es-una-opcion-4mL2C#:~:text=La%20digitalizaci%C3%B3n%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20agua%20consiste%20en%20la,servicios%20ofrecidos%20a%20la%20ciudadan%C3%ADa.>
- Ríos, J. (2020, 3 noviembre). *UdeG participa en proyecto para mitigar inundaciones en Tepic*. Canal 44. <http://udgtv.com/noticias/udeg-participa-proyecto-mitigar-inundaciones-en-tepic/?fbclid=IwAR2NMQDlhj9HqycE4CCx-vl1TSe3SIYRJWYGLSZwS4nuh-eSWXt4MVB47K2E>

- Rogers, B. C., Dunn, G., Hammer, K., Novalia, W., de Haan, F. J., Brown, L., Brown, R. R., Lloyd, S., Ulrich, C., Wong, T. H. F., & Chesterfield, C. (2020). Water Sensitive Cities Index: A diagnostic tool to assess water sensitivity and guide management actions. *Water Research*, 186, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116411>
- SACMEX. (2019). Cumbre de Fondos de Agua – Sistema de Aguas de la Ciudad de México SACMEX. Primera publicación. Recuperado de <https://www.fondos-deagua.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/latin-america/aguas.pdf>
- SADM, (2020a). *Plan Hídrico Nuevo León 2050*. Única publicación. Recuperado de <https://famm.mx/wp-content/uploads/2018/10/Plan-Hídrico-NL-2050.pdf>
- SADM,(2020b). *Saneamiento*. Recuperado de <https://web.sadm.gob.mx/areas/saneamiento>
- SAIH Ebro, (2019). *Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (SAIH)*. Recuperado de <http://www.saihebro.com/saihebro/index.php?url=/principal>
- Salvador, R. (2017, 7 de mayo). El mundo crece en las ciudades. *La Vanguardia*. Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/economia/20170506/422335535562/el-mundo-crece-en-las-ciudades.html>
- Tudela, R. (s.f). Intervenciones Urbanas: Distritos Hídricos. Recuperado de <https://www.fondosdeagua.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/latin-america/intervenciones.pdf>
- UNESCO, ONU-Agua, (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático*, Paris, UNESCO.
- Van Leeuwen, C. J. (2013). City blueprints: baseline assessments of sustainable water management in 11 cities of the future. *Water Resources Management*, 27(15), 5191-5206.
- Van Leeuwen, C. J., y Sjerps, R. M. (2015). The City Blueprint of Amsterdam: an assessment of integrated water resources management in the capital of the Netherlands. *Water Science and Technology: Water Supply*, 15(2), 404-410.
- Vega, S., (7 de agosto de 2019). México en ruta de escasez de agua. Reporte Indigo. Recuperado de <https://agua.org.mx/mexico-en-ruta-a-la-escasez-de-agua-reporte-indigo/>
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2006). *Facts and trends: Water*. Geneva, Switzerland. Recuperado de: <http://wbcsdpublications.org/project/water-facts-and-trends/>
- World Resources Institute. (2020, 6 julio). *Identify and evaluate water risks around the world*. The Aqueduct tools. <https://wri.org/aqueduct>
- Wong, T.H. y Ashley, R, (2006), *International Working Group on Water Sensitive Urban Design*, submission to the IWA/IAHR Joint Committee on Urban Drainage, March 2006.

- Wong, T. H. (2007). Water sensitive urban design-the journey thus far. *Australian Journal of Water Resources*, 10(3), 213-222.
- Wong, T. H. y Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 673-682.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2015). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Capítulo I

<i>Figura 1.1</i>	Estrés hídrico en el planeta Tierra	12
<i>Figura 1.2</i>	Evolución de las catástrofes naturales relacionadas con el clima	15

Capítulo II

<i>Figura 2.1</i>	Escenarios diferentes del ciclo del agua	29
<i>Figura 2.2</i>	Ciudades mexicanas en condiciones naturales y urbanizadas	30
<i>Figura 2.3</i>	Incapacidad de desalojo	30
<i>Figura 2.4</i>	Programa Nacional hídrico de México (2019-2024)	32
<i>Figura 2.5.</i>	Estados con acceso a servicios de agua	33
<i>Figura 2.6</i>	Usos de agua en México	35
<i>Figura 2.7</i>	Porcentajes de estrés hídrico de México	36
<i>Figura 2.8</i>	Número de declaratorias por inundación	37
<i>Figura 2.9</i>	Nivel de sequías en México	38
<i>Figura 2.10</i>	Disponibilidad de agua por cuencas en México	39
<i>Figura 2.11</i>	Situación de acuíferos en México	40
<i>Figura 2.12</i>	Consejos de cuenca	41
<i>Figura 2.13</i>	Objetivos y estrategias del Plan Nacional Hídrico	43
<i>Figura 2.14</i>	Alcaldías en la Ciudad de México	47
<i>Figura 2.15</i>	Escurrimientos de la Ciudad de México	48

<i>Figura 2.16</i>	Sistema de agua potable de la CDMX	49
<i>Figura 2.17</i>	Drenaje profundo de la CDMX y PTARS	50
<i>Figura 2.18</i>	Municipios del área metropolitana de Monterrey	53
<i>Figura 2.19</i>	Regiones hidrológicas del estado de Nuevo León	54
<i>Figura 2.20</i>	Hidrografía del área metropolitana de Monterrey	55
<i>Figura 2.21</i>	Fuentes de abastecimiento de área metropolitana de Monterrey	56
<i>Figura 2.22</i>	Planta tratamiento Dulces Nombres	59
<i>Figura 2.23</i>	Sesión de trabajo de consejo de Agua y Drenaje	62
<i>Figura 2.24</i>	Porcentaje de la población en el AMG por municipio	63
<i>Figura 2.25</i>	Cuencas del área metropolitana de Guadalajara	64
<i>Figura 2.26</i>	Arroyos en el área metropolitana de Guadalajara	64
<i>Figura 2.27</i>	Fuentes de abastecimiento superficiales y conducciones	65
<i>Figura 2.28</i>	Planta de Tratamiento Agua Prieta	66
 <i>Capítulo III</i>		
<i>Figura 3.1</i>	Etapas para llegar a una ciudad sensible al agua	75
<i>Figura 3.2</i>	Características de una ciudad sensible al agua	81
<i>Figura 3.3</i>	Vinculación entre el ciclo del agua y el DUSA	94
 <i>Capítulo IV</i>		
<i>Figura 4.1</i>	Evolución hacia una gestión integral del ciclo del agua	100
<i>Figura 4.2</i>	Desde una vivienda sensible al agua hasta el ciclo integral del agua	101
<i>Figura 4.3</i>	Digitalización del ciclo del agua y sistema hidrosanitario urbano	103
<i>Figura 4.4</i>	Datos en tiempo real	106
<i>Figura 4.5</i>	Aforos del río Ebro en tiempo real	106
<i>Figura 4.6</i>	Modelación hidráulica en tiempo real	109
<i>Figura 4.7</i>	Deterioro del ciclo de agua	111

<i>Figura 4.8</i>	Balance hídrico bajo distintos escenarios	112
<i>Figura 4.9</i>	Fuga en la red de distribución	113
<i>Figura 4.10</i>	Primera generación del curso de certificación 001.	116
<i>Figura 4.11</i>	Waterman: programa educativo para niños	119
<i>Figura 4.12</i>	Organizaciones civiles dedicadas al agua	120
<i>Figura 4.13</i>	Score del Índice de ciudad sensible al agua	122
<i>Figura 4.14</i>	SCALL instalados en la CDMX	123
<i>Figura 4.15</i>	Firma de convenios	125

Índice de Tablas

<i>Tabla 2.1</i>	Asignaciones otorgadas a SADM con fines de abastecimiento de agua	57
<i>Tabla 2.2</i>	Prestación de servicios de agua potable	58
<i>Tabla 2.3</i>	Tabla comparativo de las tres ciudades	69
<i>Tabla 3.1</i>	Diferencias entre el manejo tradicional del agua y el manejo sensible al agua	81
<i>Tabla 3.2</i>	Propuesta de nuevos paradigmas en el manejo del agua.	83
<i>Tabla 3.3</i>	Metas e indicadores para una Ciudad Sensible al Agua.	86
<i>Tabla 3.4.</i>	Objetivos de manejo del DUSA.	96

MÉXICO SENSIBLE AL AGUA
Un enfoque innovador para la Gestión
del Agua en las Ciudades Mexicanas
se terminó de editar en marzo de 2021
en los talleres de Ediciones de la Noche.
Guadalajara, Jalisco.

www.edicionesdelanoche.com

Esta obra presenta una propuesta de un nuevo enfoque en la gestión del agua en México, basado en el desarrollo de una sensibilidad hídrica que se refleje en la conservación y restauración del ciclo del agua en las ciudades mexicanas y en la rehabilitación de sus sistemas hidrosanitarios urbanos de acuerdo a los estándares internacionales. Esta obra presenta como paradigma a seguir al concepto de Ciudad Sensible al Agua (Water Sensitive City) que el Centro de Cooperación de Investigación de Ciudades Sensibles al Agua con sede en la Universidad de Monash en Melbourne Australia ha creado y desarrollado los últimos veinte años. Esta obra nos invita revisar la gestión del agua en nuestro país desde el Programa Nacional Hídrico 2020-2024, y hace una exploración general sobre el estado actual del ciclo del agua y del sistema hidrosanitario en la Ciudad de México y las áreas metropolitanas de Monterrey y Guadalajara. A partir de este enfoque teórico y el análisis de la situación actual de la gestión del agua, la obra presenta los avances que se han realizado para su estudio e implementación en el territorio nacional, y propone una agenda y una ruta crítica para que México pueda recibir la distinción de ser sensible al agua en el futuro. Se espera que el lector pueda aprender este concepto innovador así como sus implicaciones para aplicar y pueda unirse a los esfuerzos nacionales para solventar los desafíos que en materia hídrica se esperan a partir del 2030.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño



LABORATORIO NACIONAL DE VIVIENDA
Y COMUNIDADES SUSTENTABLES

ISBN 978-607-571-142-3



9 786075 711423