



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

Campo de conocimiento: Vulnerabilidad y respuesta al cambio global

**SOSTENIBILIDAD HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO:  
EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA

**YUTZIL IRENE CASTÁN AQUINO**

TUTOR PRINCIPAL

Dr. Gian Carlo Delgado Ramos, CEIICH-UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dr. Arturo Flores Martínez, SEMARNAT y Dra. Elvira Schwanse, GOPA Consultants

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Febrero 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

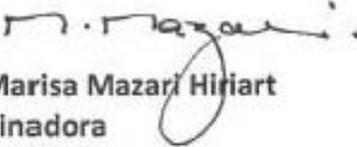
**Coordinación de Estudios de Posgrado**  
**Ciencias de la Sostenibilidad**  
**Oficio: CEP/PCS/390/17**  
**Asunto: Asignación de Jurado**

**Lic. Ivonne Ramírez Wence**  
**Directora General de Administración Escolar**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Presente**

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su trigésima sesión del 14 de noviembre del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **CASTÁN AQUINO YUTZIL IRENE** con número de cuenta **306004445** con la tesis titulada "Sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México: El sistema de suministro de agua", bajo la dirección del Dr. Gian Carlo Delgado Ramos.

PRESIDENTE:	DR. ARNOLDO MATUS KRAMER
VOCAL:	DRA. PATRICIA ÁVILA GARCÍA
SECRETARIO:	DRA. ELVIRA SCHWANSE
SUPLENTE 1:	DR. ARTURO FLORES MARTÍNEZ
SUPLENTE 2:	DR. GIAN CARLO DELGADO RAMOS

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
**Cd. Universitaria, Cd. Mx., 8 de enero de 2018.**

  
**Dra. Marisa Mazari Hiriart**  
**Coordinadora**  
**Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A los miembros de mi comité tutor.* Agradezco a mi tutor principal el Dr. Gian Carlo Delgado Ramos, a la Dra. Elvira Schwanse, y al Dr. Arturo Flores Martínez, personas con gran conocimiento, que siempre estuvieron dispuestas a ayudarme. Les agradezco sus contribuciones, observaciones y correcciones para este trabajo de tesis. Gracias por preocuparse en mi formación académica y ética.

*A los miembros del jurado.* Agradezco al Dr. Arnoldo Matus Kramer y a la Dra. Patricia Ávila García, por sus comentarios que enriquecieron este trabajo. Gracias por su disponibilidad y amabilidad.

*A mi revisora externa.* Agradezco a la M. en C. Lakshmi Elisa Charlie Joseph, por su revisión y aportación a este trabajo de tesis. Gracias por los comentarios.

*A mi segunda casa la UNAM.* Por brindarme grandes oportunidades, por ayudarme a conocer el mundo, pero sobre todo por hacerme amar y querer ayudar a mi país.

*A mis amigos.* Por crear en mi diferentes perspectivas de la vida.

*Especialmente a mi familia.* Por ser mi sostén e inspiración, gracias por su amor y apoyo incondicional. *Y a mi esposo.* Por ser lo mejor del mundo. Los amo.

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1. Marco conceptual</b>	<b>14</b>
1.1 ¿Por qué pensar en sostenibilidad?	16
1.2 Concepto de sostenibilidad	18
Sostenibilidad débil y fuerte	19
Ambientalismo y conservacionismo	20
1.3 Sostenibilidad hídrica	22
1.4 Las cuatro dimensiones de la sostenibilidad	25
Dimensión ecológica	27
Dimensión económica	28
Dimensión social	29
Dimensión de gobernanza	29
1.5 Vulnerabilidad socio-ecológica	32
1.6 Seguridad hídrica	36
1.7 La Economía Ecológica: el metabolismo hídrico	39
El nexo urbano agua-energía	41
1.8 El concepto de ciudad-cuenca	43
1.9 Concepción del agua bien común-derecho humano o mercancía	45
<b>Capítulo 2. Marco histórico y actualidad: el agua y la Ciudad de México</b>	<b>51</b>
2.1 El suministro	52
2.2 El desagüe	56
2.3 La dicotomía e implicaciones	59
2.4 Principales actores de la gestión del agua en la Ciudad de México	66
El esquema de los niveles de gestión al agua, en un supuesto, está en	66
2.5 Algunos planes y acciones en la Ciudad de México	75

2.6 Crisis del agua en la Ciudad de México y su metabolismo hídrico	82
Disponibilidad del agua, sobre-explotación e implicaciones	83
Demanda y suministro de agua en la Ciudad de México	87
2.7 La Ciudad de México, una ciudad-cuenca	101
Implicaciones del suministro del agua: el desequilibrio hídrico	104
Desigualdades en torno al agua	107
Modelos de gestión	108
De la municipalización a la privatización del agua	110
<b>Capítulo 3. Evaluación de la sostenibilidad hídrica</b>	<b>115</b>
3.1 Indicadores de sostenibilidad hídrica ¿qué son?	116
3.2 La construcción de indicadores	119
3.3 Construcción del marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México	121
3.4 Indicadores de sostenibilidad hídrica existentes	123
3.5 Marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica para la Ciudad de México	126
<b>Sugerencias y alcances en el estudio de la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México</b>	<b>144</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>155</b>
<b>Referencias</b>	<b>159</b>

## LISTADO DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>AAA</b>	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados en Puerto Rico
<b>A.C.</b>	Asociación(es) Civil(es)
<b>ALDF</b>	Asamblea Legislativa del Distrito Federal
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>BM</b>	Banco Mundial (World Bank Group –WBG- en inglés)
<b>CCVM</b>	Consejo de Cuenca del Valle de México
<b>CDMX</b>	Ciudad de México
<b>CEPAL</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<b>CMM</b>	Centro Mario Molina
<b>CONABIO</b>	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
<b>CONAGUA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>CONAPO</b>	Consejo Nacional de Población
<b>DDSONU</b>	División de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas
<b>DOF</b>	Diario Oficial de la Federación
<b>DPSIR</b>	Enfoque Fuerza impulsora-Presión-Estado-Impacto-Respuesta
<b>ENIGH</b>	Encuesta de Ingreso y Gasto de los Hogares
<b>ERCDMX</b>	Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México
<b>FAO</b>	Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (en inglés Food and Agriculture Organization of the United Nations)
<b>GIRH</b>	Gestión Integral del Recurso Hídrico
<b>GIRHU</b>	Gestión Integrada de Recursos Hídricos Urbanos
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GOCDMX</b>	Gaceta Oficial de la Ciudad de México
<b>GWP</b>	Asociación Mundial del Agua (en inglés Global Water Partnership)
<b>HANPP</b>	Apropiación Humana de la Biomasa (en inglés Human Appropriation of Net Primary Productivity)
<b>IMTA</b>	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<b>IMU</b>	Índice de Marginación Urbana
<b>INAI</b>	Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>InfoDF</b>	Instituto de Transparencia, Acceso a la Información Pública, Protección de Datos Personales y Rendición de Cuentas de la Ciudad de México
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (en inglés Intergovernmental Panel on Climate Change)
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización (en inglés International Organization for Standardization)
<b>LADF</b>	Ley de Aguas del Distrito Federal
<b>LAN</b>	Ley de Agua Nacionales
<b>LASHCM</b>	Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica de la Ciudad de México
<b>LP</b>	Límite(s) planetario(s)
<b>MFA</b>	Análisis de Flujo de Materiales (en inglés Material Flow Analysis)
<b>OBSINTER</b>	Observatorio de Instituciones Territoriales
<b>OCAVM</b>	Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México
<b>OECD</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>OG</b>	Observación General 15

<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>ONU-Agua</b>	Naciones Unidas Agua (en inglés UN-Water)
<b>ONU-DAES</b>	Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas
<b>PAOT</b>	Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México
<b>PACCM</b>	Programa de Acción Climática Ciudad de México
<b>PAFCDMX</b>	Plan Agua para el Futuro Ciudad de México
<b>PAI</b>	Plan de Acción Inmediata
<b>PER</b>	Marco Presión-Estado-Respuesta
<b>PGIRH</b>	Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>PSGSH</b>	Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos
<b>PV</b>	Plan Verde
<b>REPDA</b>	Registro Público de Derechos de Agua
<b>SACMEX</b>	Sistema de Aguas de la Ciudad de México
<b>S.E.</b>	Servicios ecosistémicos o Servicios ambientales
<b>SEDEMA</b>	Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>SEFIN</b>	Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México
<b>SEMAPA</b>	Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cochabamba
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SNIA</b>	Sistema Nacional de Indicadores Ambientales
<b>TBL</b>	Triple Línea de Base (en inglés Triple Bottom Line)
<b>UAM</b>	Universidad Autónoma Metropolitana
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>WASA</b>	Water and Sewerage Authority (en inglés)
<b>WCED</b>	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (en inglés World Commission on Environment and Development)
<b>WWC</b>	Comisión Mundial del Agua (en inglés World Water Council)
<b>ZMCM</b>	Zona Metropolitana de la Ciudad de México
<b>ZMVM</b>	Zona Metropolitana del Valle de México
<b>100RC</b>	100 Ciudades Resilientes (en inglés 100 Resilient Cities)

## RESUMEN

La Ciudad de México, ha enfrentado continuamente problemas de inundaciones severas, mientras que paradójicamente también carece de agua. La Ciudad de México, desde el enfoque de ciudad-cuenca es un caso de estudio relevante en cuestiones de insostenibilidad hídrica, que se relación con la disponibilidad y calidad del agua, el deterioro ambiental, los riesgos ambientales y sociales, la respuesta gubernamental y los conflictos socio-ecológicos presentes. Estos aspectos influyen en la vulnerabilidad y seguridad hídrica de la ciudad.

Una de las respuestas para frenar la presión sobre el agua, es transitar hacia escenarios más sostenibles. Por lo que, la presente investigación tuvo como objetivo principal "Analizar la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México". Se aborda un análisis histórico general para sustentar que el estado actual del agua en la Ciudad de México es resultado de un proceso histórico-social, es decir, de los impactos de la toma de decisiones a través de la historia. Se presenta un análisis del metabolismo hídrico de la ciudad, resaltando el estado actual, la condición de estrés hídrico, y se ilustra cómo se ha modificado el ciclo hidrológico natural en la ciudad. Finalmente, conocer el contexto histórico y el estado actual del sistema de agua, permitió identificar algunos de los factores o atributos que influyen en la sostenibilidad hídrica, que se ven reflejados la propuesta de un marco conceptual de indicadores.

**Palabras clave:** Sostenibilidad hídrica, vulnerabilidad hídrica, metabolismo hídrico, indicadores.

## INTRODUCCIÓN

Temas relevantes alrededor de la urbanización son el crecimiento urbano, la degradación ambiental, el uso despilfarrador de la energía, el cambio climático, y la creciente desigualdad en el acceso y distribución de los recursos naturales como el agua (Ernstson *et al.*, 2010). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas en las ciudades habita 54% de la población mundial, y se estima que para 2050 esta población se incrementará a 66% (ONU, 2014). Sin embargo en México, de acuerdo con la Consejo Nacional de Población y la Secretaría de Desarrollo Social la población urbana ya representa el 72.3%, y se estima que para el año 2050 será del 86% (CONAPO y SEDESOL, 2012). Además, aunque las ciudades ocupan el 2% de la superficie del planeta, consumen el 75% de los recursos naturales, demandan entre el 67% y 76% de la energía mundial, y generan del 71% al 76% de los Gases de Efecto Invernadero –GEI- (IPCC, 2013; ONU-Agua, 2015).

Las ciudades exigen flujos crecientes de recursos y generan una diversidad de impactos socio-ecológicos (Kennedy *et al.*, 2011). El creciente consumo de agua ha convertido a las ciudades en uno de los principales agentes de modificación del ciclo hidrológico natural (Terradas, 2001)<sup>1</sup>. A estas ciudades, Peña (2012) las denomina como ciudades-cuenca. Una ciudad-cuenca, impacta en el ciclo hidrológico al sobre-explotar sus fuentes de agua, y cuando agota sus fuentes internas, recurre a cuencas circundantes para cubrir su demanda de agua (Peña, 2012). Dentro de este concepto se resalta que el impacto de las aguas dispuestas de las ciudades no sólo afecta al contexto urbano, sino va más allá de sus límites administrativos, afectando el sistema hídrico en otras regiones (Peña, 2012). Un ejemplo de ciudad-cuenca es la Ciudad de México<sup>2</sup>.

La Ciudad de México es uno de los núcleos urbanos más grandes de la República Mexicana y del mundo, y desde años anteriores a la Conquista española hasta la actualidad, el agua ha sido un factor

---

<sup>1</sup> En México, el volumen total de agua concesionado se distribuye de la siguiente manera: en primer lugar el uso agrícola con el 68.23%, le siguen en importancia, el uso público con el 14.52%, el uso industrial con el 7.41%, el uso múltiple con 6.50% y los demás usos están dentro del 2% restante (CONAGUA, 2016).

<sup>2</sup> En esta investigación, la Ciudad de México corresponde a la entidad federativa, antes conocida como Distrito Federal (D.F.), y no a la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la cual abarca municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo.

que ha determinado el desarrollo y dinámica de la ciudad -por ejemplo, el modo de cultivar en chinampas<sup>3</sup>. La Ciudad de México desde el enfoque de ciudad-cuenca es un caso de estudio relevante en cuestiones de insostenibilidad hídrica, debido a que como menciona Watts (2015), los costos reales del litro de agua es de los más elevados del mundo. La problemática socio-ecológica en la ciudad se relaciona con la sobre-explotación de los acuíferos, la desigualdad en la distribución del recurso -en cantidad y calidad-, una demanda creciente y dispersa, la ineficiencia del sistema, y el esquema financiero de altos subsidios (González *et al.*, 2011; Banco Mundial –BM- y Comisión Nacional del Agua –CONAGUA-, 2015). Además, existe una acentuada vulnerabilidad biofísica y social en la Ciudad de México ante la disponibilidad de agua, que apunta a su marcada dependencia a fuentes de abastecimiento externas, como señalan el Gobierno de la Ciudad de México, la Secretaría del Medio Ambiente y el Centro Mario Molina (CDMX, SEDEMA y CMM, 2014).

La paradoja en cuestiones del agua en la Ciudad de México es que, “a pesar de que en la ciudad llueve más que en Londres, sufre de una escasez comparable con la de un desierto”<sup>4</sup> (Watts, 2015); y debido a su ubicación geográfica la ciudad ha enfrentado continuamente problemas de inundaciones y falta de agua a la vez (Carrera-Hernández, 2006). Incluso, frases como “cada vez hay más edificios en la ciudad y el agua va a ser escasa”, a veces con tono de crítica e incluso preocupación, se pueden escuchar en un día común en el transporte público de la Ciudad de México. Lo anterior, resalta que existe una preocupación ciudadana por el acceso al agua en la ciudad, pero esta preocupación no es de la misma magnitud para todos los ciudadanos, porque se suma la desigualdad en la distribución del agua.

La respuesta gubernamental a la demanda de agua de la población a lo largo de historia de la Ciudad de México ha tenido impactos importantes en la situación hídrica de la ciudad y cuencas circundantes. En la situación hídrica actual de la ciudad no solo se involucran costos económicos, sino también

---

<sup>3</sup> Sin embargo, con respecto al crecimiento urbano, este se ha basado en el desecamiento de los cuerpos de agua.

<sup>4</sup> Las lluvias se presentan en verano, la precipitación total anual es variable: en la región seca es de 600 mm y en la parte templada húmeda del Ajusco es de 1 200 mm anuales (INEGI, 2015), mientras que en Londres la precipitación promedio anual es de 550-600 mm con un promedio de 106 días de lluvia al año (BBC, 2016).

sociales y ecológicos<sup>5</sup>. Desde el inicio hasta “el final” del flujo de agua se presentan una serie de conflictos socio-ecológicos por este recurso. Además, se relacionan otros factores sociales y políticos como la conceptualización del agua, y su tipificación como bien común o como mercancía.

Una de las respuestas para frenar la presión sobre el agua, es transitar hacia escenarios más sostenibles. La sostenibilidad implica estados dinámicos deseables de operación, que persistan en el tiempo, involucrando la equidad intra e intergeneracional (Kates, 2011). Se acepta ampliamente que cualquier concepción de sostenibilidad debe tomar en cuenta las interconexiones de factores ecológicos, económicos, sociales y, más recientemente, de gobernanza (Elkington, 1999; O’Connor, 2007; Starkl *et al.*, 2013). Dentro de estos factores, la noción de sostenibilidad hídrica compagina el enfoque entre derechos humanos, equidad social, consumo responsable, eficiencia, seguridad hídrica y conservación ecológica. El enfoque de sostenibilidad hídrica ha tomado gran relevancia, de modo que, el sexto objetivo de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, es “garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (ONU, 2015a).

Sin embargo, la falta de un enfoque claro y consistente para evaluar la sostenibilidad hídrica del sistema de suministro de agua de la ciudad puede estar contribuyendo a una lenta actualización o desarrollo de planes de acción, así como a la operacionalización del concepto por los tomadores de decisiones. Existen diferentes enfoques para encaminar un sistema hacia prácticas más sostenibles. En este trabajo se presta principal atención a: I) la estructura institucional y los conflictos socio-ecológicos en torno al flujo del agua en la ciudad, así como el contexto histórico del sistema de suministro de agua; II) un análisis de metabolismo hídrico -flujo de agua, fuentes y usos-, y su relación con el consumo de energía y emisiones de GEI -nexo urbano agua-energía-; para finalmente, con base en los dos puntos anteriores, III) desarrollar un marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica.

Lo anterior, genera algunas preguntas: ¿qué involucra una sostenibilidad hídrica?, ¿cuál es la situación actual de la Ciudad de México en torno al agua?, ¿qué ha llevado a esta situación?, y ¿cómo se podría

---

<sup>5</sup> Existen costos de mantenimiento de la infraestructura, el despojo del agua, el impacto ambiental como la pérdida de servicios ecosistémicos, entre otros.

evaluar la sostenibilidad hídrica en la ciudad? Ante estas cuestiones, la presente investigación tiene como objetivo principal "Analizar la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México", enfocado principalmente al suministro de agua; y en particular tiene como objetivos:

- Establecer el contexto histórico y el marco institucional, que definen el estado actual del agua en la Ciudad de México.
- Examinar el flujo y el estado actual del agua en la Ciudad de México a través del enfoque del metabolismo hídrico.
- Identificar los criterios ecológicos, sociales, de infraestructura, y gobernanza que influyen en la sostenibilidad hídrica urbana para el desarrollo de un marco conceptual de indicadores.

Este estudio pretende evidenciar si, como menciona Watts (2015), "el suministro de agua en la Ciudad de México es caro, ineficiente, un derroche de energía y en última instancia inadecuado para las necesidades de la población". Por un lado, el análisis histórico general intenta demostrar que el estado actual del agua en la Ciudad de México es resultado de un proceso histórico-social, es decir, de los impactos de la toma de decisiones a través de la historia (Capítulo 2). Con el análisis del metabolismo hídrico de la ciudad, se sitúa el estado actual, la condición de estrés hídrico, y se ilustra cómo se ha modificado el ciclo hidrológico natural en la ciudad (Capítulo 2). Finalmente, conocer el contexto histórico y el estado actual del sistema de agua, permiten identificar los factores o atributos que influyen en la sostenibilidad hídrica, que se ven reflejados en un marco conceptual de indicadores (Capítulo 3).

Analizar el flujo del agua y el gasto energético en las ciudades desde la perspectiva del metabolismo hídrico urbano permite establecer el panorama actual de desbalance y estrés hídrico que la ciudad y sus entornos enfrentan. El perfil metabólico hídrico, acompañado de un marco histórico e institucional, permite una descripción más integral de cómo y por qué se presenta el estado de insostenibilidad y vulnerabilidad hídrica. Asimismo, se busca que los indicadores sean objetos de frontera<sup>6</sup> para facilitar la comunicación interinstitucional y con la sociedad; y además, que conformen

---

<sup>6</sup> Los objetos de frontera permiten "traducir" y comunicar información que sea relevante, legítima y que tenga credibilidad; con el objetivo de guiar el trabajo colaborativo y vinculan el conocimiento hacia acciones concretas (Cash *et al.*, 2002; Star, 2010). Por ejemplo,

un sistema operacional de monitoreo y registro sobre las condiciones ecológicas, económicas, sociales, y de gobernanza actuales y futuras sobre la situación hídrica urbana.

El grupo de indicadores intenta integrar perspectivas de vulnerabilidad social y económica, así como de conservación ecológica y prácticas de gobernanza. Asimismo, los indicadores podrían ayudar a la reformulación o reforzamiento de decisiones políticas con respecto a la reducción del rango de vulnerabilidad frente a la escasez del agua y su distribución diferenciada. Esto, con la finalidad de guiar los esfuerzos de transición hacia la sostenibilidad hídrica. Por lo tanto, temas relevantes a considerar para la construcción del grupo de indicadores para la sostenibilidad hídrica, son el suministro, la infraestructura, la provisión de servicios, la eficiencia, las finanzas, la calidad del agua y los arreglos institucionales (Milman y Short, 2008).

Aunque se reconoce la importancia del manejo integral de cuencas y la relevancia del enfoque de *región hidropolitana* (Perló y González, 2005), se optó por estudiar particularmente a la Ciudad de México como entidad federativa, en busca de que este trabajo contribuya y facilite en el futuro a la toma de decisiones gubernamentales en temas del agua y las negociaciones en otras escalas administrativas, así como contribuir en políticas públicas particulares de la ciudad al intenta resaltar la importancia de las fuentes externas y la dependencia que existe. Esto se debe a que existen problemáticas en cuestiones administrativas y de gobernabilidad entre algunas entidades que conforman la cuenca, y a que los distintos gobiernos locales están encabezados por partidos políticos opuestos. Sin embargo, no se dejan de considerar las características y factores a nivel de cuenca, y se resalta el impacto de la ciudad fuera de sus límites administrativos, como el despojo de agua y la transferencia del riesgo. Además, a escala de la Ciudad de México, se puede señalar la responsabilidad de la ciudad dentro y fuera de la cuenca, con objetivos más específicos, como la reducción del consumo de agua per cápita, planes para la captación de agua de lluvia, el mantenimiento y vigilancia de la infraestructura, entre otros.

---

un mapa de vulnerabilidad hídrica permite que una matriz de gran cantidad y diversidad de datos pueda ser visible y entendible para los usuarios a pesar de sus puntos de vista divergentes, lo que puede contribuir a diálogos y guiar un consenso.

# Capítulo 1. Marco conceptual

*“Cuando pensemos en la Tierra como en una comunidad a la que pertenecemos,  
podremos empezar a usarla con amor y respeto”  
-Leopold y Riechmann, 2000-*

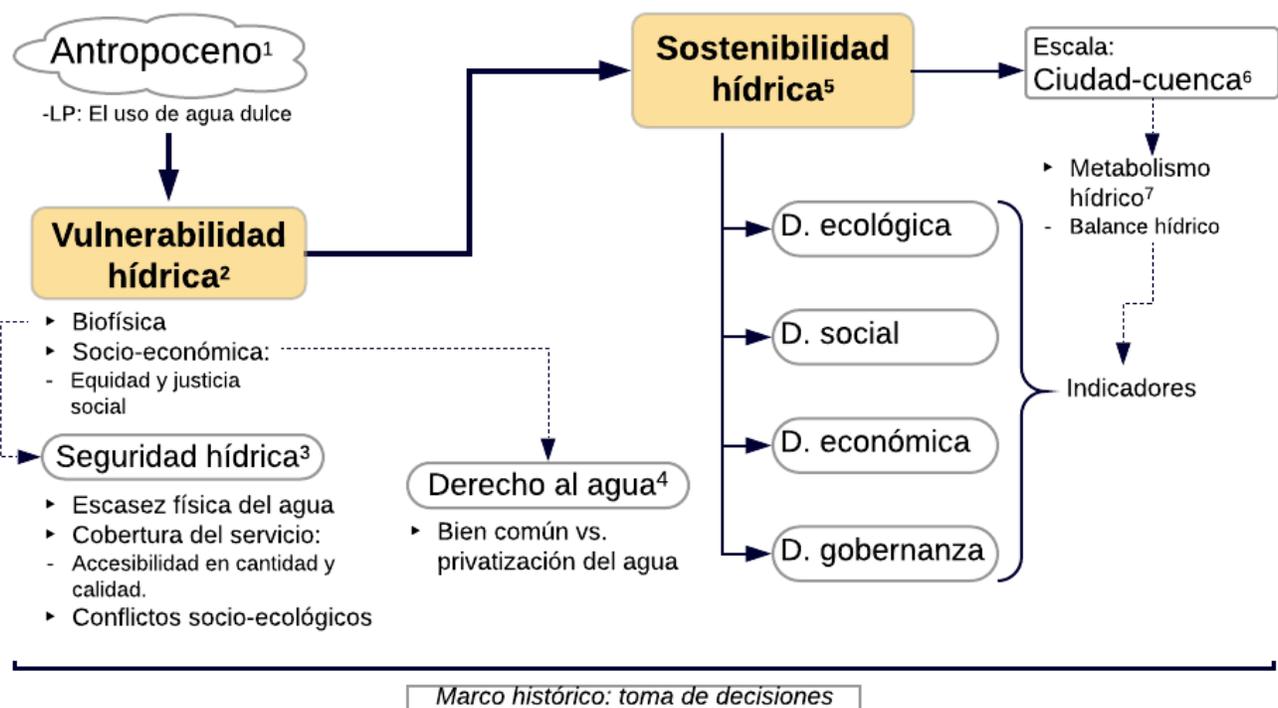
Existen varios estudios -desde distintos enfoques- que abordan la gestión del agua a escala de la Ciudad de México y la Zona Metropolitana del Valle de México –ZMVM-. González (2016) menciona que existen trabajos que abordan:

- El análisis institucionales para proponer reformas y orientar acciones (González, 2004; BM, 2013; González *et al.*, 2011), las relaciones intergubernamentales y la cooperación en la gestión del agua (Aguilar, 2014).
- Un nuevo paradigma y nuevas formas de gestión (Burns, 2009), como la gestión del metabolismo urbano (Delgado-Ramos, 2015).
- Aspectos financieros y tarifarios del servicio de agua (Soto, 2007; BM, 2013), y la participación del sector privado en la gestión del servicio de agua (Barkin, 2006; Pierce, 2012).
- Los problemas de disponibilidad o la calidad del agua (Mazari-Hiriart *et al.*, 2000; Aguirre, 2010; Legorreta, 2010).
- Los impactos del cambio climático (Ávila 2008; Escolero *et al.*, 2009; Delgado-Ramos, 2014).
- Los conflictos socio-ecológicos, los movimientos sociales desde la Ecología Política, sociología y política (Ávila, 2002; Cabral y Ávila, 2013; Gómez, 2012), los procesos participativos (González *et al.*, 2010; Zamora, 2013), y la implementación del derecho al agua (Rodríguez, 2015).
- Los estudios de caso a escala de delegación, colonia o zona de la ciudad (Álvarez, 2010; Burns, 2011; Cruz, 2012).
- La dimensión regional del abastecimiento de agua a la ZMVM (Jiménez *et al.*, 2005; Perló y González, 2005; Legorreta, 2006; Peña, 2011; Torres, 2014; BM y CONAGUA, 2015).
- Y agregando, indicadores de vulnerabilidad y/o sostenibilidad hídrica (Ávila, 2008; SACMEX, 2012a; Tiburcio, 2013).

En este trabajo de investigación se abordan los enfoques de metabolismo urbano, con referencia principal al trabajo de Delgado-Ramos (2015), se hace referencia al impacto regional de la Ciudad de

México al abordar el concepto de ciudad-cuenca (Peña, 2011), y se propone un marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica.

En este capítulo se aborda el marco conceptual de la presente investigación (Figura 1), el cual se basa principalmente en el concepto de sostenibilidad hídrica y sus cuatro dimensiones. Se involucran los temas de vulnerabilidad, seguridad hídrica, y el derecho al agua como directrices hacia la sostenibilidad dentro del contexto de una nueva época geológica: el Antropoceno. También, se hace una relación con el Análisis de Flujo de Materiales (MFA, en inglés), particularmente con la idea del metabolismo hídrico urbano y el concepto de *ciudad-cuenca*. Esto, para entender el estado actual del sistema hídrico urbano, e identificar algunas de las fuentes de los recursos hídricos, su consumo y disposición final, así como las problemáticas en torno al suministro del agua. Se entiende que este marco conceptual está basado en un contexto histórico que explica la situación actual de insostenibilidad hídrica de la ciudad, lo cual se abordará en el siguiente capítulo.



**Figura 1. Marco conceptual.** <sup>1</sup>Crutzen, (2002), Rockström *et al.*, (2009); Steffen *et al.*, (2015); <sup>2</sup>Turner *et al.*, (2003), Eakin y Luers, (2006), Ávila (2008), García, (2008), Ribot, (2014), Delgado *et al.* (2015); <sup>3</sup>ONU (2012), PNUD (2006), WWC (2000), CEPAL (2016); <sup>4</sup> Sen, (1990), Merino, (2014), González *et al.*, (2011), Kaika, (2006); <sup>5</sup>WCED (1987), Kennedy *et al.*, (2007), Kates (2011); <sup>6</sup>Peña (2012); <sup>7</sup>Delgado-Ramos, (2015); Delgado-Ramos y Guibrunet (2017).

## 1.1 ¿Por qué pensar en sostenibilidad?

Actualmente se menciona que vivimos en una nueva época geológica: el “Antropoceno” (Crutzen, 2002; Steffen *et al.*, 2007; Rockström *et al.*, 2009b; Steffen *et al.*, 2015). El Antropoceno, visto como un marco conceptual, es la etapa global de los cambios ambientales (ej. el cambio climático), reconoce a la humanidad como una “fuerza geológica global” (Crutzen, 2002; Steffen *et al.*, 2007; Steffen *et al.*, 2015); es decir, visualiza a la humanidad como una fuerza de cambio, y resalta su influencia sobre los ciclos biogeoquímicos. Para hacer frente al reto de mantener el estado del Holoceno deseable, en el que se sabe que la humanidad puede sobrevivir y desarrollarse, un grupo de investigadores propone el marco conceptual de los límites planetarios (LP). Los LP se definen como los límites biofísicos que necesitamos mantener para tener un espacio operativo seguro para la humanidad y evitar cambios ambientales inaceptables, serios y con consecuencias potencialmente desastrosas para la humanidad (Rockström *et al.* 2009a; 2009b; Steffen *et al.*, 2015).

Debido a que el agua de consumo humano es cada vez más escasa, se estima que para el 2025 cerca de 1,800 millones de personas<sup>7</sup>, vivirá en áreas de escasez de agua (ONU-Agua, 2012). Por lo que, uno de los nueve LP que proponen Rockström *et al.* (2009a)<sup>8</sup>, es el uso de agua dulce. Este LP considera la cantidad máxima de agua dulce consumida a nivel global. De acuerdo con lo anterior, no se ha transgredido el límite del espacio operativo seguro (4,000 km<sup>3</sup>/año), con un consumo actual de ~2,600 km<sup>3</sup>/año a nivel global (Steffen *et al.*, 2015). No obstante, si se analiza a nivel de cuenca, en donde se considera el porcentaje de extracción en relación al flujo de agua mensual, se observan cosas distintas. En particular, en la cuenca del Valle de México, Steffen *et al.* (2015) muestran que los niveles de consumo de agua rebasan los límites establecidos de extracciones<sup>9</sup>, lo que representa un

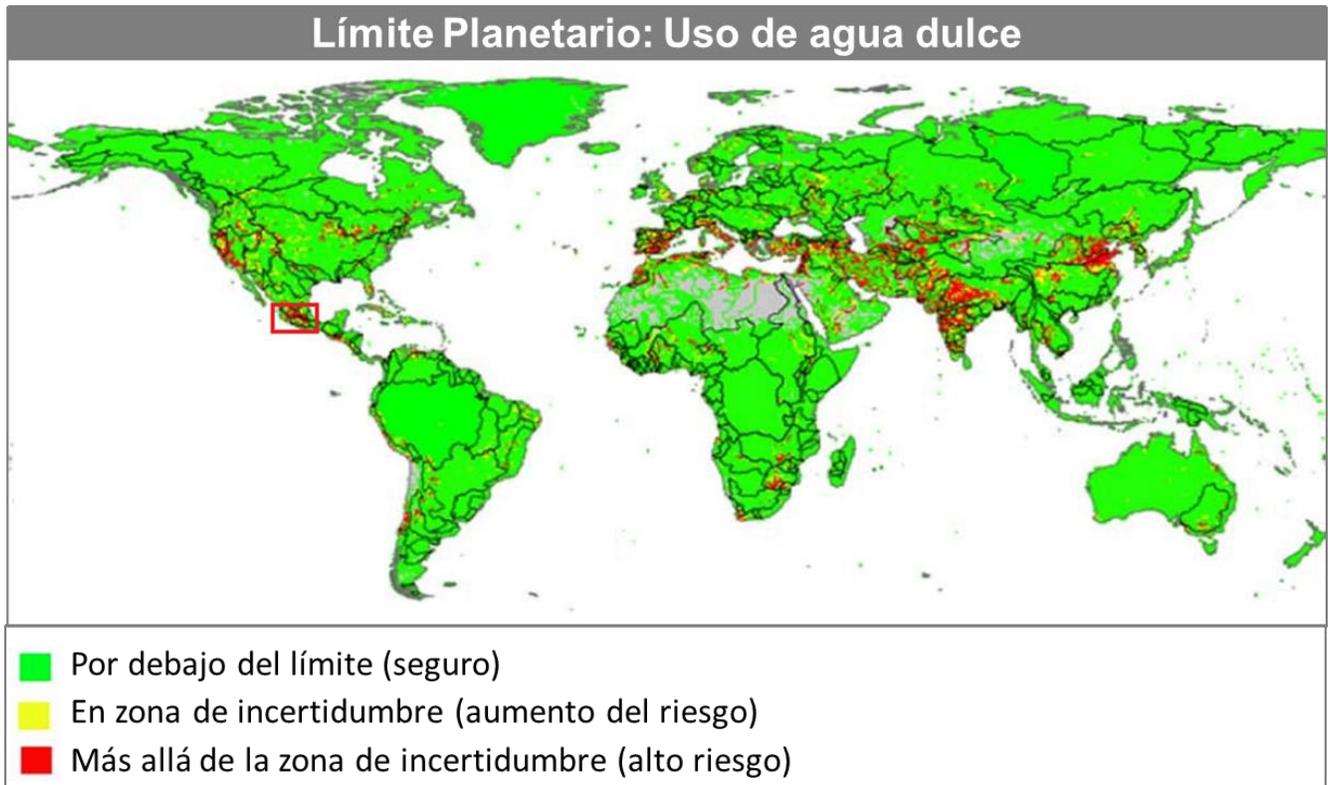
---

<sup>7</sup> Actualmente, cerca de 1,200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, viven en áreas de escasez física de agua (ONU-Agua, 2012).

<sup>8</sup> Los nueve LP son el cambio climático, introducción de entidades nuevas (antes contaminación química), acidificación de los océanos, agotamiento del ozono estratosférico, el uso del agua dulce, cambios en el uso del suelo, flujos biogeoquímicos (ciclos del fósforo y nitrógeno), la carga de aerosoles atmosféricos, y cambios en la integridad de la biósfera (Rockström *et al.* 2009a; 2009b; Steffen *et al.*, 2015).

<sup>9</sup> Extracciones a nivel de cuenca no mayores del 25-55% en meses de bajo flujo; de 30-60% para meses de flujo intermedio y de 55-85% en meses de alto flujo (Steffen *et al.*, 2015).

estado de alta vulnerabilidad hídrica, en relación a la sobre-explotación de los recursos hídricos (Figura 2).



**Figura 2. Límite planetario del uso de agua dulce a nivel de cuenca. Fuente: Steffen *et al.* (2015).**

El marco conceptual de los LP tiene gran relevancia en cuanto al establecimiento de los límites de transgresión ambiental, y como menciona Delgado (2017), “su uso ha permitido amplificar la conciencia sobre el carácter antropogénico del cambio ecológico global”. Sin embargo, como señala Leach *et al.* (2013), no les da peso a aspectos sociales, como sería la desigualdad en el acceso al recurso hídrico<sup>10</sup>. Si bien, el enfoque de los LP está incrustado en el contexto social emergente, no sugiere cómo maniobrar en la búsqueda de la sostenibilidad global, y tampoco tiene en cuenta cuestiones como la equidad y la causalidad, ni un contexto histórico.

---

<sup>10</sup> Leach *et al.* (2013) suman a los LP, once límites sociales: educación, ingreso, agua, alimentación, salud, igualdad de género, equidad social, energía, trabajo, resiliencia y voz.

Biermann *et al.* (2016) hacen una contribución al concepto del Antropoceno, señalan que éste va más allá de los límites biofísicos, y agregan que “la noción de la humanidad de manera global y unificada como una fuerza geológica”, enmascara las diferencias en las condiciones y los impactos reales de la humanidad, y no le hace justicia a la diversidad de los contextos locales y regionales. Lo que sugiere que, los conductores o fuentes de cambio, en muchos casos, no son necesariamente las sociedades o ambientes afectados por estos cambios.

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como contexto la idea del Antropoceno y los LP, en particular el uso del agua dulce, con el objetivo de encaminarnos hacia estados incluyentes y equitativos, que permitan afrontar los efectos del Antropoceno. La consideración de los límites biofísicos en este trabajo se expresa con las variables ambientales, como la sobre-explotación de las fuentes de agua y la disponibilidad natural del agua, entre otras. Además, con base en las críticas al concepto y como contribución al trabajo de Steffen *et al.* (2015), también se consideran aspectos de desigualdad en el acceso al agua, y se toman en cuenta algunas problemáticas socio-ecológicas en torno al agua dentro de un marco histórico.

## **1.2 Concepto de sostenibilidad**

La sostenibilidad (que en términos literales significa continuidad a través del tiempo [Foladori y Tommasino, 2000]), se ha visto como una respuesta ante la problemática socio-ecológica. Si bien, desde años anteriores ya había un movimiento internacional por la crisis ambiental, no fue hasta 1987 con la publicación del Informe Brundtland "*Our Common Future*", que se consolidó el concepto de “desarrollo sostenible”<sup>11</sup>. Este concepto de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo –en inglés *World Commission on Environment and Development*–, originalmente postula “un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer las de futuras

---

<sup>11</sup> Anteriormente en 1949 se llevó a cabo la primera conferencia de la ONU sobre la crisis ambiental en Nueva York (Lake Success), con poca trascendencia porque la atención estaba enfocada en la reconstrucción de posguerra, el suministro de alimentos, y el inicio de la Guerra Fría. Posteriormente, en 1968 se celebró la Conferencia Internacional de la Biosfera en París. En 1967 la formación del Club de Roma, la elaboración del Informe Founex en 1971 –que incorporaba las preocupaciones de los países menos desarrollados–, un año más tarde en Estocolmo la Conferencia Mundial sobre el Medio Humano de la ONU –reconocido como el primer intento de conciliar los objetivos tradicionales del desarrollo con la protección de la naturaleza–, y la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el mismo año (Pierri, 2005).

generaciones” (WCED, 1987). En este concepto, se toma al bienestar humano como elemento central, y hace hincapié en la justicia inter e intrageneracional.

Más recientemente, con críticas a la idea de “desarrollo” y la base económica, se han incorporado otros postulados relevantes al concepto de sostenibilidad, como “la reducción sustancial de la pobreza y la conservación de los sistemas de soporte de la vida en la Tierra” (Kates, 2011), además de propiciar un desarrollo humano dentro de los espacios operativos seguros y justos, conforme los límites planetarios y sociales (Leach *et al.*, 2013). En sentido normativo, la sostenibilidad urbana puede definirse como un equilibrio entre el desarrollo urbano y la protección de los ecosistemas a largo plazo, al mismo tiempo que es inclusivo, democrático, culturalmente diverso y económicamente equitativo (Bullard y Evan, 2003 en Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017). Desde la sostenibilidad, se establece una interdependencia entre lo urbano y lo ambiental y, por otra, las limitaciones relacionadas con los límites biofísicos locales, regionales y mundiales, lo que implica operar por debajo de los umbrales de los LP (Steffen *et al.*, 2015).

### ***Sostenibilidad débil y fuerte***

La sostenibilidad se ha convertido en una de las nociones que definen la sociedad contemporánea (Strange y Bayley, 2014), no obstante, se han generado principalmente dos enfoques con base en sus posturas sobre el capital, y sus bases antropocéntricas o biocéntricas. La discusión se centra entre la sostenibilidad débil o ambientalismo moderado, y la sostenibilidad fuerte que se relaciona con el ecologismo conservacionista.

La postura del ambientalismo moderado o sostenibilidad débil, con fundamento teórico en la economía ambiental, tiene una visión antropocéntrica y desarrollista, y promueve la propuesta hegemónica del desarrollo sostenible con crecimiento económico y márgenes de conservación. Esta corriente tiene base en la Declaración sobre el Medio Humano de la ONU, en donde se acepta la existencia de ciertos límites que impone la naturaleza a la economía (Pierri, 2005). Se puede inferir que, en este enfoque, el cuidado de los recursos naturales no es un fin en sí mismo, sino un medio para favorecer o posibilitar el desarrollo y mejorar las condiciones de vida de la sociedad, con una visión intergeneracional y que conserva el objetivo de generar capital.

Desde la sostenibilidad débil, el crecimiento económico es necesario para superar la pobreza, reconociendo las diferencias entre países ricos y pobres, y recomienda que los primeros deben buscar tecnologías limpias y los segundos crecer, a la vez que los primeros deben ayudar a los segundos (Pierri, 2005). En esta perspectiva se reconocen los procesos de conservar los recursos naturales a través de tecnologías, mercancías alternativas o servicios ambientales de compensación (pudiendo ser extrarregionales). Pero no cuestiona a fondo el modelo de producción y desarrollo, que representa la actual economía del mercado, y además deja en segundo plano las diferencias histórico culturales de los pueblos (Torres *et al.* 2012, p.74).

La corriente ecologista conservacionista o sostenibilidad fuerte, basada en el Primer Informe del Club de Roma “Los límites del crecimiento” (1972), tiene raíces en las ideas biocentristas de Leopold -de su libro *A Sand County Almanac: And Sketches Here and There* en 1949-, de promover “una ética de la Tierra” o “bioética”. Mantiene la idea de la justicia intra e intergeneracional y, en ciertas corrientes, propone la tesis del crecimiento económico y poblacional cero<sup>12</sup> (Pierri, 2005). Esta corriente señala que “el mundo no puede hacer frente a este incremento continuo de la demanda ecológica. Un aumento indefinido, sea del tipo que sea, no puede ser sostenido por unos recursos finitos” (Goldsmith *et al.*, 1972 citado en Pierri, 2005). También enfatiza que la aplicación de soluciones tecnológicas únicamente prolonga el periodo de crecimiento de la población y de la industria, pero no ha eliminado los límites últimos de dicho crecimiento (Pierri, 2005).

### ***Ambientalismo y conservacionismo***

Las diferencias fundamentales entre sostenibilidad débil y fuerte se expresan en primer lugar en torno al tema del crecimiento. Como menciona Sen (1990), “un país puede ser muy rico en términos económicos convencionales, es decir, en términos del valor de los bienes producidos per cápita, y seguir siendo muy pobre en la calidad alcanzada de la vida humana”, de ahí la importancia de no

---

<sup>12</sup> “Para caminar a una sociedad estable, que pueda sostenerse indefinidamente dando óptimas satisfacciones a sus miembros proponen perturbar mínimamente los procesos ecológicos, conservar al máximo materias primas y energía, una población estable, y un sistema social dentro del cual se pueda disfrutar de las condiciones anteriores”, propuesta más reciente desarrollada por Kenneth Boulding, de Paul y Anne Ehrlich (Tamames: 99-100 citado en Pierri, 2005).

seguir hablando de un crecimiento, sino del desarrollo de capacidades humanas en términos de bienestar. El “enfoque de capacidades” de Sen, ve a la vida humana como un conjunto de "hacer y ser" –lo que menciona como "funcionamientos"- relacionando de esta manera la evaluación de la calidad de vida con la capacidad de funcionar (Sen, 1990), es decir, ver la calidad de vida en términos de actividades valoradas y la capacidad para lograr estas actividades, además de que estas capacidades reflejan la libertad de una persona para elegir entre diferentes formas de vida.

Con respecto a la visión antropocéntrica y biocéntrica surge la pregunta, ¿es posible no ser antropocéntrico? Citando a Georgescu-Roegen (1996), quien escribe que “la idea de que el ser humano puede pensar en la Naturaleza en términos totalmente no antropomórficos es una patente contradicción, puesto que las nociones de la Naturaleza son creadas por el ser humano, es decir, no se puede estar divorciado de la comprensión intuitiva de los fines humanos”. E incluso en el libro “Una ética de la Tierra”, Leopold (1959) señala que “el concepto de obligación moral solamente tiene sentido para los seres humanos” ya que los seres humanos son los únicos sujetos morales que conocemos, “somos nosotros quienes valoramos, nos sabemos moralmente obligados, nos sentimos responsables”, es decir, los seres humanos consideran y juzgan el mundo desde el punto de vista de los seres humanos (Leopold y Riechmann 2000, p. 29), y a mi percepción eso es algo natural. Sin embargo, lo anterior no significa que no pueda haber una compatibilización entre la percepción biocéntrica y la antropocéntrica.

Por otro lado, está el papel de la tecnología, ya que, según la teoría económica tradicional, cuando los medios escaseen surgirán innovaciones que sustituyan recursos naturales por otros factores. Además, cierta tecnología ha sido una herramienta para privar de recursos naturales a comunidades, de ahí algunos problemas socio-ecológicos, como es el caso de la importación de agua a la Ciudad de México. Esto no significa que la innovación tecnológica no ayude a extender los límites consiguiendo nuevas fuentes de baja entropía disponibles (Mansilla, s.f.), pero no debería verse como la única solución o la solución principal, sino debe haber un cambio de concepción entre la relación ambiental y humana, resultando en una nueva racionalidad ambiental desde una construcción social.

Respecto a lo anterior, Leff (2000) menciona que “la racionalidad ambiental es una utopía forjadora de nuevos sentidos existenciales, nuevas formas de habitabilidad, de convivencia, de solidaridad e identidad”. Ahora tenemos que pensar en el mundo en términos de bienestar, prosperidad dentro de un espacio seguro que soporta los sistemas de la Tierra, y evitar el antagonismo entre el ser humano y la naturaleza, y con el ser humano mismo. Es decir, “la construcción de un futuro justo, social, económicamente y ambientalmente viable” en el que se desarrollen las capacidades del ser humano y no exclusivamente buscando el crecimiento económico (Delgado-Ramos *et al.*, 2015).

Con base en lo antes dicho, la sostenibilidad es entendida en esta investigación como un proceso en el que se integra a la economía, la ecología, la sociedad, y la gobernanza, que es de carácter normativo y reflexivo. La sostenibilidad es resultado de una construcción social, y una nueva racionalidad ambiental, que tiene por objetivo lograr el bienestar humano dentro de un espacio operativo seguro y justo, que conlleven a una equidad inter e intrageneracional, implicando nuevas formas de convivencia con la naturaleza. Es decir, la noción de sostenibilidad, busca el desarrollo de capacidades sociales, así como la conservación de los sistemas de soporte de la vida en la Tierra (WCED, 1987; Leff, 2000; Farley *et al.*, 2005; Kates, 2011; Torres *et al.*, 2012; Leach *et al.*, 2013; Delgado-Ramos *et al.*, 2015).

### **1.3 Sostenibilidad hídrica**

La escasez de fuentes de agua superficiales y subterráneas, sumado a la baja eficiencia del uso de este recurso, es un tema cada vez más preocupante en relación a asegurar un suministro de agua potable en las zonas urbanas (Rathnayaka *et al.*, 2016). El gran reto para los gestores de las ciudades será proveer de agua de manera constante y confiable, con bajos costos tanto sociales como ambientales, y bajos consumos de energía, en forma sostenible para el ambiente y para la sociedad, a través de una gestión adecuada del agua disponible (Jiménez-Cisneros, 2014). Con la sostenibilidad hídrica como proceso, se busca un resultado deseable en el cual no se desafíen los umbrales ecológicos en escalas temporales y espaciales que afecten negativamente los servicios ecosistémicos (S.E.), y al mismo tiempo, lograr el bienestar humano (Berkes y Folke, 1994).

Wong y Brown (2009), enfocándose en la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), señalan que la sostenibilidad hídrica urbana debe estar en función de: I) ciudades como cuencas de abastecimiento de agua, utilizando diversas fuentes de agua centralizadas y descentralizadas; II) ciudades como proveedores de S.E. que eviten el deterioro y el agotamiento del medio ambiente circundante, así como la promoción de la biodiversidad urbana; y III) ciudades con comunidades con baja vulnerabilidad hídrica que promuevan la adopción de decisiones y el comportamiento sostenible.

Retomando elementos claves del concepto de sostenibilidad del apartado anterior, y enfocándonos en temas del agua, en esta investigación, la noción de sostenibilidad hídrica aborda principalmente en la justicia intra e intergeneracional. Es decir, se busca entender cómo la gestión del agua en la ciudad permita satisfacer las necesidades de agua de la población del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (WCED, 1987). Además, dentro de esto, se considera que el suministro del agua debe ser de manera accesible y equitativa, lo que implica cuestiones de cantidad, calidad y frecuencia del agua suministrada a la población, criterios que involucran una seguridad hídrica. No obstante, es importante que las ciudades reduzcan su consumo de agua.

Es necesario contextualizar que el suministro y desalojo de agua presentan limitaciones biofísicas regionales –la cuenca-, y que los cambios tecnológicos en el sistema de abastecimiento de agua a nivel regional involucran el reconocimiento de modificaciones en los ámbitos del sistema socio-económico y del sistema biofísico. Por lo que, la sostenibilidad hídrica debe lograr un balance entre las necesidades de consumo, con las limitaciones ecológicas y geomorfológicas existentes (Torres *et al.*, 2012). Si bien es cierto que lo adecuado puede variar en función de las distintas condiciones que existan en cada región, de acuerdo a González *et al.* (2011), hay cinco factores que se deben aplicar en cualquier circunstancia: disponibilidad, calidad, accesibilidad física, accesibilidad económica y no discriminación. Además de esto, desde el enfoque de una “sostenibilidad fuerte”, también es de relevancia considerar el *nexo urbano agua-energía* que se conceptualizará más adelante.

Por otro lado, las inversiones en infraestructura e ingeniería han sido el principal medio de adaptación al riesgo hidro-climático (Izazola, 2001 en Eakin *et al.*, 2016). Sin embargo, la sostenibilidad hídrica

consiste no sólo en incluir la tecnología, la inversión financiera, el conocimiento y las prácticas ecológicas, sino también, y fundamentalmente, considerar un cambio ético y filosófico respecto a nuestra necesidad y responsabilidad hacia la conservación de un recurso finito, de las especies, culturas, sociedades y los ecosistemas (Torres *et al.*, 2012). En otras palabras, como se mencionó anteriormente, se trata también de apostar por una “nueva racionalidad ambiental” (Leff, 2000). El reto está en integrar la economía, la ecología, la sociedad y la ética, para ayudar en el manejo adecuado del agua (Farley *et al.*, 2005).

Aplicando lo anterior al caso de estudio, la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México consistiría en mejorar el suministro del agua potable -en calidad y cantidad-, sin continuar la sobre-explotación del acuífero y reduciendo la importación de agua de otras cuencas (Carrera-Hernández, 2006). Implicaría un balance hídrico, un sistema hidráulico eficiente, con la reducción de las fugas de agua y la disminución del gasto energético. Al mismo tiempo que, contextualizado con el derecho al agua, el sector agua se convierta en un promotor de equidad y justicia social para el sistema en su conjunto y para cada una de sus partes; y la gestión hídrica en un proyecto social (Perló y González, 2005; Jiménez-Cisneros, 2014). Esto es importante de considerar ya que existen múltiples conflictos socio-ecológicos alrededor del agua, por despojo del recurso o por acceso a éste en la Ciudad de México, como se verá más adelante.

En resumen, para lograr una sostenibilidad hídrica es importante un cambio en los patrones de consumo del agua, la innovación en tecnología –no vista como la principal solución- y la generación y vinculación de políticas públicas. Mientras que en el aspecto social, es relevante, fomentar la participación social conciliando el equilibrio ecológico, el derecho al agua, y el consumo responsable, con el reto de un manejo equitativo del agua sobre una base ética. Es pertinente la generación de propuestas creativas y sólidas que tengan un impacto social, ecológico, político y económico.

Rathnayaka *et al.* (2016), realizaron una revisión de investigaciones sobre sostenibilidad hídrica urbana y señalan que, aunque estos estudios son diferentes en muchos aspectos, convergen en tres temas: a) opciones para el suministro de agua y/o demanda, b) escenarios considerados para estas opciones, y c) criterios para evaluar su sostenibilidad. A pesar de la diversidad del concepto de

sostenibilidad hídrica, las principales consideraciones en los estudios de este tema y los acuerdos internacionales son:

- Garantizar un suministro básico de agua a todos los seres humanos.
- Garantizar un suministro básico de agua para restaurar y mantener los ecosistemas.
- Que la calidad del agua cumpla con ciertos estándares mínimos.
- Que la actividad humana no perjudique el suministro de agua y la renovación de los flujos de agua dulce a largo plazo.
- Que los datos sobre disponibilidad, uso y calidad de los recursos hídricos sean recolectados y accesibles para todos los actores.
- Existencia de mecanismos institucionales para prevenir y resolver conflictos sobre el agua.
- Que la planificación y la toma de decisiones sobre el agua sea democrática, para garantizar la representación de todas las partes afectadas y fomentar la participación directa.

Los requerimientos anteriores muestran varios aspectos de la sostenibilidad que generalmente, para una mejor representación y agrupación, suelen clasificarse por temáticas. La sostenibilidad es un paradigma complejo cuya concepción es debate entre diferentes ideales y valores en torno a la ecología, economía, sociedad y gobernanza (política), y busca colocar en un mismo plano estos factores como integrantes de una misma realidad (Torres *et al.*, 2012). Es decir, la sostenibilidad implica la comprensión de que estos aspectos están interconectados. Considerar únicamente uno de ellos a la vez, puede generar errores de juicio y resultados insostenibles por lo que casi todas las definiciones de sostenibilidad suelen enfatizar la noción de éstas cuatro dimensiones direccionadas de manera integral de tal suerte que se avance hacia escenarios ecológicamente eficientes y socialmente justos.

#### **1.4 Las cuatro dimensiones de la sostenibilidad**

La ciencia económica ha realizado esfuerzos para desarrollar una concepción integrada de los procesos ecológicos, políticos, sociales, históricos y económicos. La Economía Ecológica<sup>13</sup>, busca una

---

<sup>13</sup> La Economía Ecológica es una rama de la economía que estudia el metabolismo social, las interacciones entre la sociedad y la naturaleza, analiza las discrepancias entre el tiempo económico y el tiempo biogeoquímico, siendo su objeto de estudio, la insostenibilidad ecológica de la economía (Martínez-Alier, 2011). La Economía Ecológica critica el deterioro ambiental generado por la

mejor articulación en el diagnóstico y comprensión de las relaciones entre la naturaleza y la sociedad, para lograr un óptimo aprovechamiento de los recursos naturales –en este caso el agua- (Leff, 2010). Desde este enfoque, se busca una gestión integrada y sostenible a largo plazo, en donde los riesgos son equilibrados entre la sociedad, la economía y los ecosistemas (Leff, 2010). Esto exige la integración de diversas disciplinas para obtener una visión holística de las condiciones existentes, con base en distintos criterios de sostenibilidad.

La complejidad de la sostenibilidad hídrica exige un enfoque multicriterio para su evaluación. Inicialmente, la evaluación "Triple Línea de Base" (en inglés, *Triple Bottom Line –TBL-*)<sup>14</sup>, derivada de la economía, introdujo tres pilares a la idea de sostenibilidad: social, económico y ambiental (Elkington, 1999). La idea central es que la sostenibilidad se caracteriza por la coevolución de los sistemas económicos, sociales y ecológicos, que conforman una Triple Línea de Base, y que involucra cumplir satisfactoriamente con los objetivos de calidad y desempeño pertenecientes a cada una de las tres esferas (O'Connor, 2007). En relación a esto, la Economía Ecológica brinda una visión sistémica de las relaciones entre los ecosistemas y la economía; en donde se considera a la economía como un subsistema del subsistema social, que a la vez, es parte del subsistema natural, los cuales conforman un sistema socio-ecológico abierto.

Posteriormente, el enfoque de TBL fue ampliado a cuatro pilares al considerar el tema institucional, cultural, y/o gobernanza (O'Connor, 2007; Starkl *et al.*, 2013). Derivado de que, como menciona O'Connor (2007), el tema de la regulación y gobernabilidad del sistema conduce a la demarcación de un cuarto pilar fundamental de organización, la esfera de gobernanza, cuyo papel es la regulación de las esferas económicas y sociales y, por tanto, de las relaciones con -y dentro de- la esfera ambiental (O'Connor, 2007). Sin embargo, desde mi punto de vista, la gobernanza representa la interacción

---

acumulación de la riqueza y estudia los problemas ambientales de origen antrópico. Mientras que la Economía Neoclásica analiza sobre todo los precios -por su naturaleza crematística- y considera un sistema cerrado y autosuficiente, la Economía Ecológica considera un sistema abierto y ve a la economía como un subsistema del sistema natural (Martínez-Alier y Roca, 2013). Joan Martínez Allier detalla que “los intentos de asignar valores monetarios a los servicios y a las pérdidas ambientales forman parte de la Economía Ecológica, pero su aportación y eje principal es examinar la economía en términos del «metabolismo social»” (Martínez-Alier y Roca, 2013).

<sup>14</sup> En un inicio, el marco TBL era para evaluar a las empresas de acuerdo a su desempeño económico, social y ambiental. Posteriormente fue evolucionando el concepto.

entre el subsistema social –el cual incluye al económico-, y el subsistema ambiental, resaltando la “la buena gestión” de los recursos naturales.

Actualmente, es ampliamente aceptado hablar de cuatro dimensiones o pilares de la sostenibilidad en los que se engloban distintos principios. La sostenibilidad es un proceso reflexivo y dinámico, y los criterios de cada dimensión se ponen en primer plano para lograr un estado deseado. En temas del agua, se consideran tanto factores que están directamente relacionados con la infraestructura hidráulica, como los aspectos institucionales o de gobernanza, ecológicos, económicos y sociales (Escolero *et al.*, 2016). A continuación, se describe qué considera cada dimensión de la sostenibilidad hídrica (Figura 3).

### ***Dimensión ecológica***

La dimensión ecológica tiene como principal criterio el mantener el funcionamiento de los ecosistemas, su protección y utilización eficiente (Balkema *et al.*, 2002). En base con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD-, esta dimensión se basa en el principio del estrés ecológico, el cual se manifiesta en los casos en los que el uso del agua por parte de los seres humanos, supera el nivel exigido para mantener la integridad ecológica del ciclo natural del agua (PNUD, 2006). El estado de sobre-explotación de las fuentes de agua subterránea es una expresión del estrés hídrico. Además, por otra parte, se considera que la disponibilidad del agua está determinada, en parte, por el crecimiento territorial de las ciudades que impide la recarga de los mantos acuíferos debido a la extensión de la capa urbana ya que exacerba riesgos como las inundaciones e impide la recarga de las aguas subterráneas (ONU-Agua, 2015).

La dimensión ecológica, hace referencia a la conservación del agua, pero también, a la disponibilidad (stocks) y al estado, como la calidad de los recursos hídricos (van Leeuwen *et al.*, 2012; Tiburcio, 2013). Está comúnmente relacionada con los insumos –fuentes, uso y reúso del agua-, productos -residuos producidos- y los impactos ambientales asociados –contaminación-. Se acepta generalmente que un sistema urbano sostenible es aquel que tiene un metabolismo circular (Giradet, 2004), en el cual se mantiene un balance hídrico. Es decir, donde la explotación y el consumo de agua de una ciudad se reducen, mientras que el agua utilizada es reutilizada de manera eficiente dentro del

sistema urbano (Giradet, 2004). En algunos trabajos, también se aborda el uso eficiente del recurso y el nexo *urbano agua-energía-carbono* (Rathnayaka *et al.*, 2016; Delgado, 2017; Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017), con lo que se refleja otros costos o impactos relacionados con suministro del agua. Este enfoque también se puede abordar desde la dimensión económica.

### ***Dimensión económica***

La dimensión económica implica satisfacer las necesidades humanas dentro de los límites naturales, lo que a su vez exige una eficiencia energética de lo que engloba el suministro del agua (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017). Desde esta dimensión, se retoma una noción de “sostenibilidad fuerte”, en donde con base en la Economía Ecológica, a través de métodos de estudios del metabolismo social - como el análisis del flujo de materiales, la apropiación humana de la biomasa (en inglés *Human Appropriation of Net Primary Productivity* -HANPP-), el agua virtual, entre otros-, se considera el costo por la sobre-explotación y contaminación del agua, y las externalidades por el alto consumo energético y las emisiones de GEI. En palabras de Martínez-Alier (2011), se deben dejar de lado las tendencias que se basan en recursos agotables infravalorados y en una contaminación sin costo económico.

En esta dimensión, se pretende que la economía favorezca un mejor uso del agua urbana, para mejorar su eficiencia como un recurso cada vez más escaso. Se basa en el criterio de que el sistema debe ser autosuficiente en relación a su costo; en donde los costos, no excedan los beneficios, centrandose principalmente el aumento del bienestar humano mediante la asignación y distribución óptima del agua (Balkema *et al.*, 2002). Uno de los factores considerados en la mayoría de los estudios es el costo de operación y mantenimiento del sistema de suministro, incluyendo la distribución y el almacenamiento del agua (Milman y Short, 2008; Rathnayaka *et al.*, 2016), y el costo energético (van Leeuwen *et al.*, 2012; Rathnayaka *et al.*, 2016). Sin embargo, más recientemente, se resaltan también los costos por la pérdida de S.E., como sería el servicio de regulación del suelo de conservación en zonas urbanas, que tiene un impacto en los stocks y la disponibilidad del agua.

Es importante tomar en cuenta, como se mencionó anteriormente, el costo energético por los servicios del agua –*nexo agua-energía*-, y el rendimiento del sistema –*infraestructura*-, considerando

el costo real del agua y la política de subsidios existente. Y, en cuanto a la accesibilidad económica, es importante una estructura tarifaria, a través del mecanismos de precios, que debería caracterizarse por un diseño que permita una recaudación suficiente de fondos, promueva el cuidado del agua y contribuya a una mayor equidad, estableciendo subsidios cruzados (González *et al.*, 2011).

### ***Dimensión social***

La dimensión social o socio-cultural, remarca el avance de los derechos humanos y el bienestar, considerando el enfoque de capacidades de Sen (Sen, 1990). Involucra la identidad colectiva y sus significados –cultura-, así como la aceptación de los usuarios, la capacidad de organizarse en torno a proyectos del manejo del agua, y la capacidad de proporcionar una educación del agua. Además, se recalca que debe existir una distribución más equitativa de riqueza, bienes y servicios (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017). Aborda la equidad social en cuanto a la distribución del recurso, e introduce criterios como, la justicia social en el acceso físico y económico al agua en cantidad, calidad y frecuencia.

Uno de los criterios principales de esta dimensión, está en relación a la salud humana y la higiene (Rathnayaka *et al.*, 2016). Además, aborda la transferencia de los riesgos medioambientales de las zonas urbanas a las periurbanas y rurales, en donde la salud ambiental de los habitantes urbanos se gana a expensas de las zonas rurales (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017). Esto plantea una cuestión de justicia ambiental y de conciencia pública. Las tradicionales prácticas de importación de agua para satisfacer la demanda urbana, aunado el déficit regional, ha llevado a crecientes conflictos sociales y políticos en torno a la distribución y gestión del recurso (Escolero *et al.*, 2012), que también deberían ser considerados en ésta dimensión, y que es abordado dentro del concepto de ciudad-cuenca más adelante.

### ***Dimensión de gobernanza***

La Comisión de Desarrollo de Naciones Unidas, planteó el enfoque de sostenibilidad con una cuarta dimensión que involucra y articula los mecanismos políticos y de gestión: la institucional (ONU, 1996, en López, 2008). La Asociación Mundial del Agua –GWP, en inglés-, define la gobernanza del agua como "el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos existentes para

desarrollar y gestionar los recursos hídricos y prestar servicios de agua a diferentes niveles sociales" (Rogers y Hall, 2003). Con base en O'Connor (2007), el objetivo de esta dimensión es regular cada una de las dimensiones –ecológica, económica y social-, y sus interacciones, con el fin de garantizar el respeto de las condiciones de integridad del subsistema natural y social, de las que depende la actividad económica a largo plazo.

Esta dimensión contiene criterios relacionados con la mitigación, la toma de decisiones y la planificación (Milma y Short, 2008), reflejada en las políticas públicas, los planes de acción y reglamentos, orientados a fomentar la conservación del agua y a restituir los costos ambientales. La gobernanza abarca el arreglo institucional y las capacidades políticas para la gestión del agua. Busca la eficacia y buena orientación de la intervención del Estado para cumplir con las responsabilidades públicas. Se busca como resultado, lograr un sistema de gobernanza participativo, cada vez más inclusivo y responsable (Patterson *et al.*, 2016), que permita abrir el diálogo, construir consenso, coproducir conocimientos y tomar decisiones a través de diferentes fronteras políticas (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017).

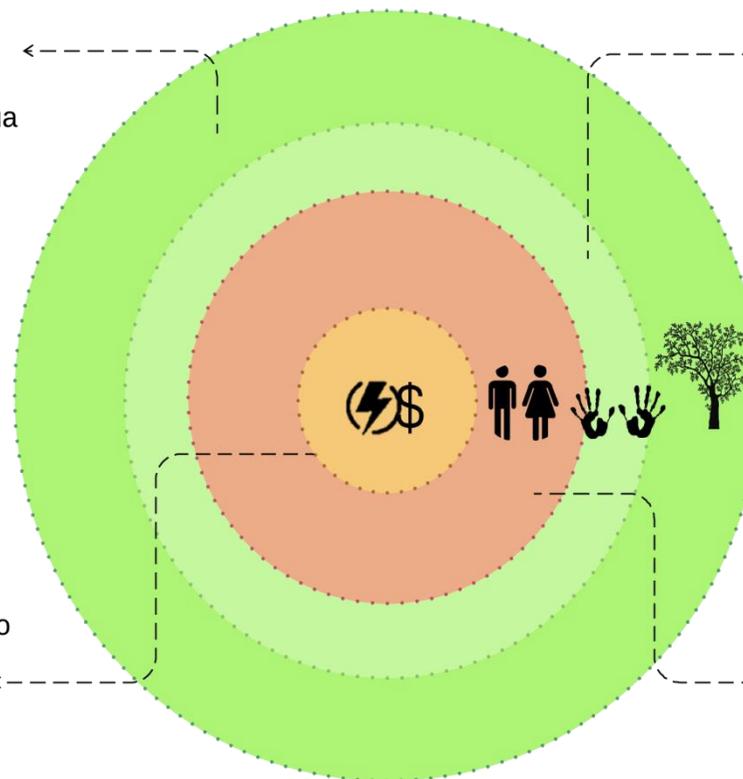
Un debate relevante en torno a la gobernanza del agua está en relación si es posible lograr una gestión urbana del agua mediante la mejora de los sistemas centralizados existentes o si es necesario cambiar a nuevos sistemas descentralizados (Balkema *et al.*, 2002). Neto (2016), menciona que se debe repensar los modelos tradicionales de planeación (*top-down*), y propone un sistema de gobernanza vertical de arriba hacia abajo (*top-down*) y de abajo hacia arriba (*bottom-up*), y horizontal entre los instrumentos de planeación; en donde se refleje la integración de las políticas, de manera que se involucren en la gestión del agua a todos los actores, y las acciones emprendidas correspondan a las condiciones y desafíos locales.

#### D. Ecológica

- ▶ Mantener el ciclo hidrológico
- ▶ Metabolismo circular: tratamiento y reutilización del agua
- ▶ Stocks, disponibilidad natural del agua
- ▶ Calidad del agua

#### D. de Gobernanza

- ▶ La "buena gestión"
- ▶ Estructura institucional
- ▶ Dependencias especializadas
- ▶ Programas y planes de acción



#### D. Económica

- ▶ Costos de operación y mantenimiento
- ▶ Costos por pérdida de S.E.
- ▶ Eficiencia: costo energético, nexo agua-energía-contaminación
- ▶ Estructura tarifaria

#### D. Social

- ▶ Derecho humano al agua
- ▶ Organización colectiva
- ▶ Equidad y justicia: acceso, cantidad, calidad y frecuencia
- ▶ Conflictos socio-ecológicos

Figura 3. Las cuatro dimensiones de la sostenibilidad en el contexto hídrico desde el enfoque de la Economía Ecológica. Modificado de Rockström *et al.* (2015) y basado en O'Connor, 2007 y Rathnayaka *et al.*, 2016.

## 1.5 Vulnerabilidad socio-ecológica

La vulnerabilidad de sistemas urbanos, es uno de los elementos centrales en el diálogo sobre sostenibilidad (Turner *et al.*, 2003). El concepto de Antropoceno, y en particular el riesgo de transgredir los LP, en este caso, el consumo de agua dulce, contemplan la idea de que existe una vulnerabilidad hídrica. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático –IPCC–, la vulnerabilidad es la propensión o predisposición a ser afectado de modo adverso (IPCC, 2014). Mientras que en temas del agua, Ávila (2008) define a la vulnerabilidad socio-ecológica como “el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad de los recursos hídricos que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas”. Este último concepto es el que se abordará en esta investigación.

El debate sobre las definiciones de la vulnerabilidad ha surgido a partir de tres grandes enfoques intelectuales: a) estudios sobre el riesgo-peligro o enfoques biofísicos; b) la aplicación de los marcos de la Ecología Política; y c) la investigación más reciente de la teoría de sistemas basada en el concepto de capacidad adaptativa (Eakin y Luers, 2006). El enfoque riesgo-peligro, se basa en la literatura de riesgos naturales, se describe a qué se es vulnerable, qué consecuencias podría haber, dónde y cuándo pueden producirse los impactos (Eakin y Luers, 2006). La vulnerabilidad se entiende como una función de la exposición a la situación de peligro y la dosis  $\pm$  respuesta (sensibilidad) de la entidad expuesta (Turner *et al.*, 2003) (Figura 4). Desde este enfoque se define a la vulnerabilidad como “el grado de probabilidad de que un sistema, subsistema, o componentes del sistema experimente un daño debido a la exposición a un peligro, ya sea una perturbación o estresor” (Turner *et al.*, 2003).

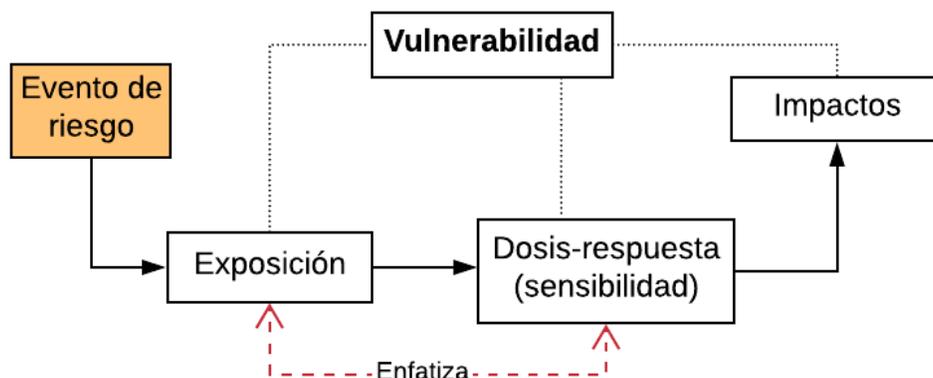


Figura 4. Modelo riesgos-peligro. Traducido de Turner *et al.*, 2003.

El enfoque de riesgo-peligro aborda principalmente la exposición humana ante los riesgos y no aborda la capacidad para lidiar con estos una vez que ocurren (Delgado *et al.*, 2015). Este enfoque, aborda principalmente la vulnerabilidad derivada de la exposición a fenómenos meteorológicos, como inundaciones, sequías, tormentas, etc. Es decir, puntualiza los factores de riesgo biofísicos. A este respecto, dentro de este enfoque, sería pertinente abordar, además de los riesgos naturales, las tensiones (o variables lentas) que pueden derivar en riesgos posteriores, como la contaminación del agua.

Desde el enfoque de la Ecología Política, la vulnerabilidad es la precariedad social encontrada sobre el terreno al que llegan los estresores o riesgos, pero también pueden ser creados dentro del sistema estresores o tensiones (Cardona, 2001; Eakin y Luers, 2006; García, 2008). También, se basa en el concepto de derechos y capacidades de Sen, incorporando la idea de la equidad y justicia social (Sen, 1990), buscando desarrollar capacidades para enfrentar los riesgos biofísicos. También, se hace un hincapié en la producción social del riesgo: los factores socio-políticos, culturales, institucionales, económicos y las relaciones de poder, que, en conjunto, explican la exposición diferencial a amenazas, los impactos y las capacidades diferenciales para recuperarse y/o hacer frente y adaptarse a las amenazas futuras (Cardona, 2001; Eakin y Luers, 2006; Ribot, 2014; Delgado *et al.*, 2015).

La Ecología Política intenta determinar las causas de fondo de la vulnerabilidad. Señala que la vulnerabilidad no es un resultado, sino más bien un estado o condición, y que es la sociedad en ocasiones más que la naturaleza misma, la responsable de la exposición a los riesgos y tensiones biofísicas, de manera que el riesgo a desastres depende en gran medida del orden social, de sus relaciones cotidianas con el medio, y de condiciones históricas acumuladas que le dan forma (García, 2008). Siguiendo con esta idea, en el Capítulo 2 se aborda brevemente el marco histórico del sistema de suministro del agua y las políticas involucradas en nuestro caso de estudio, esto para entender las causas de la vulnerabilidad hídrica desde este enfoque.

En cuanto al enfoque de sistemas y capacidad adaptativa, este hace una caracterización del peligro, los umbrales de riesgo, el comportamiento humano, y la adaptación a los riesgos ambientales. Resalta

que existe un acoplamiento entre el sistema humano y el ambiental (Turner *et al.*, 2003); y puntualiza que la vulnerabilidad no se puede definir o medir sin hacer referencia a la capacidad de la población de absorber, responder y recuperarse del impacto (Eakin y Leur, 2006). Se consideran los ajustes o estrategias implementadas con visión de largo plazo; un sistema podrá adaptarse progresivamente para reducir el riesgo asociado (Delgado *et al.*, 2015).

Desde este enfoque, se abordan temas de gestión hídrica que podrían abarcar los planes de contingencia ante eventos que perjudiquen el suministro de agua, los programas hídricos existentes, y la solidez institucional, entre otros. Si bien el marco conceptual de Turner *et al.* (2003), desde un enfoque sistémico (Figura 5), ya aborda las condiciones humanas que generan una sensibilidad diferencial al riesgo reflejadas en asimetrías sociales –como los ‘*entitlements*’–, aún no se abordan los procesos sociales y políticos que llevaron a estas condiciones. Es decir, no se atacan las causas de la vulnerabilidad, pero si se abordan temas de gestión y planificación hídrica.

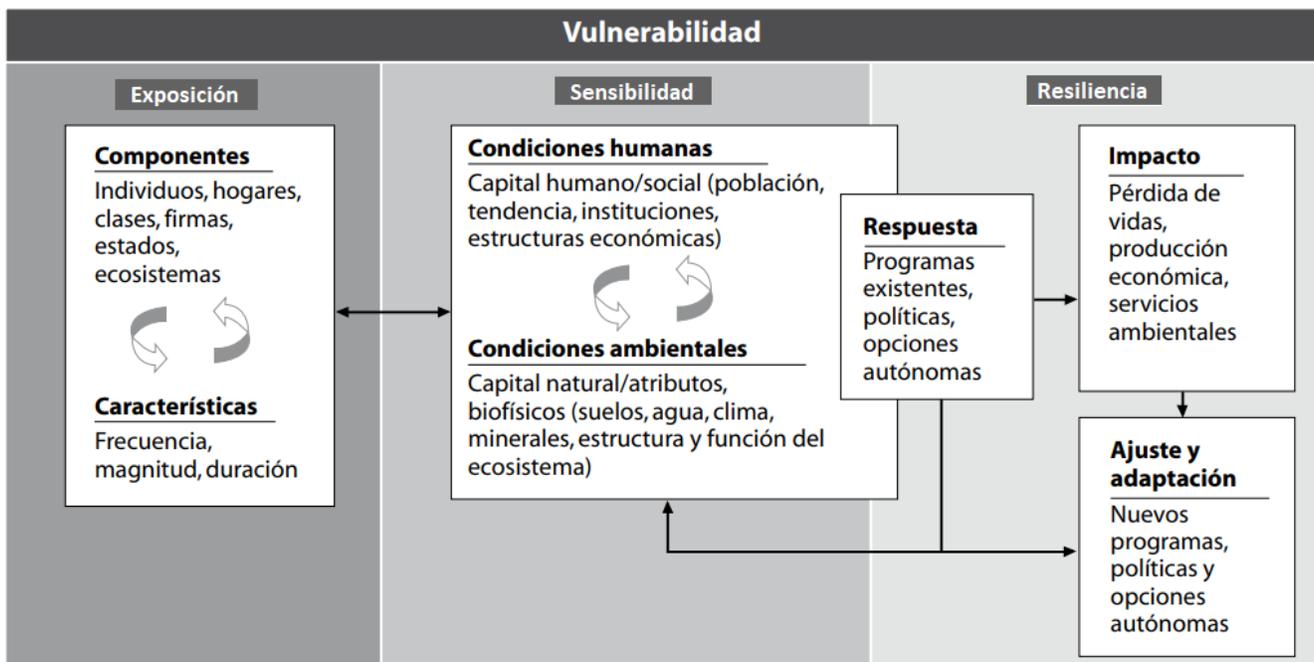


Figura 5. Esquema de vulnerabilidad desde el enfoque de sistemas. Tomado de Naranjo y Suárez, 2010 (adaptado de Turner *et al.*, 2003).

Una de las diferencias principales entre los enfoques radica en el tipo de preguntas que intentan contestar, como: ¿qué o quiénes son vulnerables?, ¿cuáles son los estresores?, ¿cuáles son las causas de la vulnerabilidad?, ¿por qué unos son más vulnerables que otros?, ¿cuál es la capacidad de

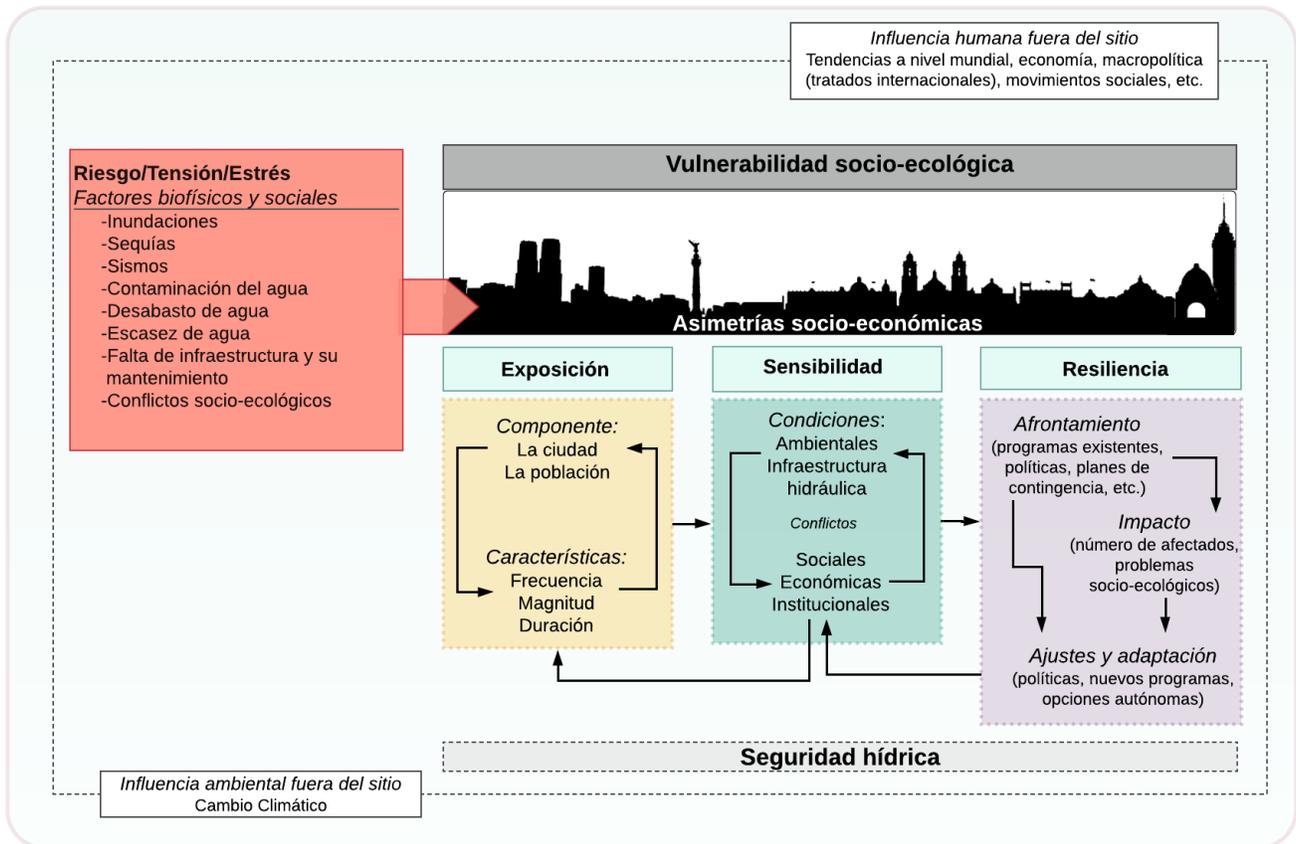
respuesta al cambio?, entre otras (ver ANEXO 1). Las posturas críticas y prácticas de los distintos enfoques pueden servir como puentes para cerrar la brecha entre la ciencia y la política, y así facilitar la traducción de la teoría a la toma de decisiones y la práctica. Sin embargo, considero que la diversidad de enfoques, también puede dificultar la orientación de las políticas públicas sobre qué factores o procesos deberían ser abordados para reducir la vulnerabilidad.

No obstante, con respecto a lo anterior, los diversos enfoques para el estudio de la vulnerabilidad en esencia pueden ser vistos como complementarios, e incluso necesarios para abordar la complejidad del concepto y su relación con los sistemas socio-ecológicos. Esto también puede brindar una visión holística del concepto, y como menciona Eakin y Leurs (2006), estos enfoques nos permiten armar el “rompecabezas” de la vulnerabilidad. Por lo que, considero que tanto el enfoque de Ecología Política como el de capacidad adaptativa son complementarios para el análisis de la vulnerabilidad.

Relacionando lo anterior, podemos coincidir que la vulnerabilidad suele estar en función de: I) la exposición a contingencias o riesgos en tanto que pueden derivar en desastres, II) la sensibilidad ante dichas contingencias o el grado en el que un sistema puede o no absorber los impactos, y III) la capacidad de adaptación (Turner *et al.*, 2003; Gallopín, 2006 citado en Delgado *et al.*, 2015). Por un lado, la Ecología Política nos permite comprender las causas y orígenes de la vulnerabilidad, y por el otro, la capacidad adaptativa, permite examinar la capacidad de respuesta del sistema socio-ecológico. Desde estos dos enfoques, en este trabajo de investigación, se entiende por vulnerabilidad la condición de interacción simultánea de múltiples procesos biofísicos, sociales, políticos y/o económicos, sus tensiones que actúan en y sobre el sistema socio-ecológico. Es además vista como un producto social, donde los riesgos pueden estar creados fuera o dentro del sistema, y esta vulnerabilidad puede estar presente con o sin un peligro biofísico (Figura 6).

Con respecto a lo anterior y en relación al agua, podríamos decir que los desastres hídricos son el resultado de procesos derivados de condiciones físicas y sociales críticas preexistentes, como pueden ser la inaccesibilidad al agua, la falta de cobertura del servicio, la falta de infraestructura hidráulica y de su mantenimiento, y la distribución desigual del agua, sumándose las características geográficas. Además, la vulnerabilidad también está determinada por los conflictos sociales internos y externos por el agua, como las tomas clandestinas y los conflictos por la importación de agua, así como a la

falta de cohesión social en proyectos de gestión del agua que contribuyen a la vulnerabilidad de la ciudad en cuestiones hídricas. También, se debe hacer referencia a las asimetrías de las condiciones ambientales y socio-económicas de la población, que derivan en afectaciones diferenciales que podría originarse por situaciones de escasez o interrupción del suministro de agua. Ante esto, como menciona Ávila (2009), la vulnerabilidad socio-ecológica que la ciudad experimenta puede ser un indicador de la situación de seguridad hídrica.



**Figura 6. Concepto de vulnerabilidad hídrica involucrando los tres enfoques: riesgo-peligro, Ecología Política y capacidad adaptativa. Elaboración propia, basado en Turner *et al.*, 2003; Eakin y Luers, 2006; Ávila, 2008; García, 2008; Ribot, 2014; Delgado *et al.*, 2015.**

## 1.6 Seguridad hídrica

Con la idea del Antropoceno y de vulnerabilidad, se resalta una visión trágica acerca de la disponibilidad del agua en el futuro. Uno de los conceptos que más influyen en temas de seguridad hídrica es la escasez. De acuerdo con la ONU (2012), la escasez del agua se define como “el punto en el que, el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al

suministro o a la calidad del agua de forma que la demanda de todos los sectores, incluido el ambiental, no puede ser completamente satisfecha”. El concepto anterior difiere del concepto sobre escasez física de agua del PNUD (2006), la cual es definida como “la insuficiencia de recursos para satisfacer la demanda”. Es importante notar que en el segundo concepto no se puntualiza el objetivo de reducir esta demanda del agua, y se termina definiendo a la escasez como una mera función de la oferta y la demanda. Sin embargo, el PNUD (2006) sí señala que mucho de lo que parece ser escasez, es una consecuencia inducida por políticas de la mala gestión de los recursos hídricos.

La Comisión Mundial del Agua ha identificado “la sombría aritmética del agua” como una de las amenazas más preocupantes para la humanidad (WWC, 2000). Además, se señala que la escasez de agua “será la condición definitoria de la vida para muchos en este nuevo siglo” (Brown, 2003 en PNUD, 2006). En los últimos años, para definir el objetivo estratégico que debieran alcanzar los países en relación con la gestión de los recursos hídricos, se ha incorporado crecientemente el concepto de seguridad hídrica, el cual ha sido incluido en numerosas declaraciones y acuerdos internacionales. Los debates en el II Foro Mundial del Agua se centraron en este concepto, y la Asociación Mundial del Agua presentó un documento sobre la seguridad hídrica (GWP, 2000).

Según la GWP (2000), la seguridad hídrica involucra que: “a cualquier nivel, desde el hogar hasta lo global, cada persona tenga acceso a suficiente agua saludable a un costo asequible, para la higiene y una vida saludable y productiva, asegurando simultáneamente que el ambiente natural está protegido y mejorado”. Y por otro lado, las ONU-Agua (2013), señala que la seguridad hídrica hace referencia a la capacidad que tiene una sociedad para salvaguardar el acceso al agua, en cantidad y calidad adecuada para posibilitar el bienestar social, la forma de vida y el desarrollo socioeconómico, y asegurar la protección frente a la contaminación del agua y los desastres hídricos, así como para preservar los ecosistemas en un ambiente de paz social y estabilidad política.

Pero por otro lado, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe –CEPAL- menciona que la seguridad hídrica consiste en “tener una disponibilidad de agua que sea adecuada, en cantidad y calidad, para el abastecimiento humano, los usos de subsistencia, la protección de los ecosistemas y la producción. La capacidad institucional, financiera y de infraestructura, para acceder y aprovechar

dichos recursos de forma sostenible y manejar las interrelaciones y externalidades entre los diferentes usos y sectores, de manera coherente. Un nivel aceptable de riesgos para la población, el ambiente y la economía, asociados a los recursos hídricos” (CEPAL, 2016).

Estas definiciones brindan una visión amplia del papel del agua en la sociedad. Permiten enfatizar no sólo la situación de disponibilidad de los recursos hídricos para satisfacer los requerimientos de la población, sino que, además mencionan algunas responsabilidades que los gobiernos deberían tener para garantizar una seguridad hídrica. Sin embargo, existen limitaciones que presentan en la práctica los gobiernos locales, y tienen la necesidad de establecer compromisos entre distintos sectores y objetivos para avanzar en su cumplimiento. Asimismo, la definición reconoce los riesgos e incertidumbres que por su naturaleza representa el agua, destacando que sólo se puede aspirar a limitar y gestionar los riesgos en niveles aceptables y manejables, pero no a eliminarlos por completo.

Es relevante señalar que el concepto de seguridad hídrica también considera tanto factores externos, como es el cambio climático -ej. fenómenos extremos agravados como sequías e inundaciones-, cambios demográficos -ej. procesos migratorios y población flotante-, dinámicas del mercado -ej. mercantilización del agua-; como factores internos -ej. la desigualdad en el acceso al agua y la escasez hídrica social y económica-. Como puntualiza la CEPAL (2016), en el caso de América Latina y el Caribe, los problemas actuales y futuros relacionados con la gestión de los recursos hídricos están influidos por la gran dinámica de transformaciones sociales y económicas que se observan en la región. Así, resulta necesario analizar, junto a las características de los recursos hídricos, las tendencias y fuerzas que contribuyen a modelar los requerimientos al sector hídrico que condicionan su manejo. Sin embargo, como se puede observar, en el concepto de seguridad hídrica no se abordan cuestiones del origen del recurso para suministrar de agua a la población, lo que incorpora la noción de la existencia de conflictos socio-ecológicos por el agua.

Finalmente, la disponibilidad física del agua es sólo un elemento del tema de la inseguridad del agua y un factor de la vulnerabilidad hídrica. No obstante, de acuerdo a Neto (2016), la seguridad hídrica no sólo incluye los riesgos físicos, sino también dificultades sociales y económicas. Y como ya se ha abordado, desde el enfoque de la Ecología Política de la vulnerabilidad, la escasez puede ser una

construcción social, es decir, la escasez de agua puede ser física –que involucra la falta de agua de calidad-, económica -falta de infraestructura adecuada debido a limitaciones financieras, técnicas, etc.-, o institucional -falta de instituciones para un suministro de agua confiable, seguro y equitativo- y, puede fluctuar en el tiempo y en el espacio (PNUD, 2006; ONU, 2015b). Además, si bien la escasez física del agua es una característica de la seguridad hídrica, se debe considerar que los costos y beneficios de la extracción insostenible del agua no se distribuyen de forma uniforme, sino que existen asimetrías socio-económicas que determinan un estado de vulnerabilidad diferencial entre la población de una misma ciudad.

Así, Ávila (2008) define a la seguridad hídrica como: “a) la capacidad de la sociedad para garantizar una adecuada cantidad y calidad del agua para el funcionamiento de los ecosistemas; b) la producción y autosuficiencia alimentaria, c) la satisfacción de las necesidades básicas de la población, d) la reducción y el manejo adecuado de los conflictos y disputas por el agua; y e) la capacidad para prevenir y enfrentar desastres como sequías, inundaciones y epidemias asociadas con enfermedades hídricas como el cólera. En este trabajo se aborda principalmente el primer y tercer punto, no obstante, en el apartado 2.6 se señalan algunos conflictos socio-ecológicos en torno al agua.

### **1.7 La Economía Ecológica: el metabolismo hídrico**

Dos principios de la Economía Ecológica que son fundamentales para encaminar a los sistemas hacia tendencias sostenibles son: I) el sistema económico es un subsistema dentro del sistema más amplio de la Biósfera, y, por lo tanto, su funcionamiento está restringido y condicionado por las leyes que gobiernan el funcionamiento de la propia Biósfera -las leyes de la termodinámica y de la ecología-; y II) la sostenibilidad ambiental del subsistema económico dependerá, en gran medida, del tamaño o “escala” que dicho subsistema ocupe en la Biósfera, y de la capacidad para abastecerse de recursos renovables, y cerrar los ciclos de materiales convirtiendo los residuos en nuevos recursos aprovechables (Georgescu-Roegen, 1996; Daly, 1996; Carpintero, 2007; Martínez-Alier y Roca, 2013).

Los economistas ecológicos han aportado dos alternativas para encaminar a los sistemas hacia prácticas más sostenibles y que abordan los principios anteriores (Carpintero, 2007). Según Carpintero (2007), por un lado, en términos territoriales, se puede estimar el espacio que un país,

región o ciudad necesita para satisfacer su modo de producción y consumo, y para absorber sus residuos -ej. indicadores como la huella ecológica (Rees, 1996 y Wackernagel, 1996), y análisis como el *Land Use-Land Cover* (Nunes y Augé, 1999)-. Y por otro lado, en términos físicos, se puede cuantificar los flujos de energía, materiales y residuos que atraviesan una economía y conforman un metabolismo particular (Carpintero, 2007). En este estudio se aborda este último, particularmente el estudio del flujo del agua y energía que conforman el metabolismo hídrico urbano.

“Al igual que los organismos vivos que ingieren energía y alimentos para mantenerse y permitir su crecimiento y reproducción, una economía convierte materias primas, energía y trabajo en bienes finales de consumo, infraestructuras y residuos” (Carpintero, 2007). Es un hecho que, todas las ciudades necesitan un flujo de energía y materiales en correspondencia con las “demandas biológicas” de sus respectivas poblaciones (Carpintero, 2007). El análisis de metabolismo urbano, desde la Economía Ecológica, parte de concebir a las ciudades como sistemas abiertos con flujos de materiales y energía, que toman energía y materiales fuera del sistema urbano, y desechan energía disipada y materiales degradados al exterior mientras que se acumulan en el mismo contexto urbano (Delgado-Ramos, 2015). Desde este enfoque, se analizan los flujos de entradas *-input-*, ej. agua y energía, su transformación y salidas *-output-*, ej. agua residual y GEI. En el caso del agua, un componente del análisis es *el nexo urbano agua-energía*.

Kennedy *et al.* (2007), sostienen que para mantener la integridad física de las ciudades, se requiere lograr, en lo que refiere al agua, un equilibrio hídrico en el contexto urbano. Mientras que Wolman (1965) señala que, los procesos sociales y económicos urbanos, embebidos en espacios territoriales concretos, demandan flujos crecientes de recursos y generan una diversidad de impactos socio-ecológicos, transgrediendo con frecuencia las condiciones de sostenibilidad. Y también, anticipaba que ante cierta intensidad metabólica, se generan problemas ambientales complicados de gestionar una vez dados, lo que inevitablemente contrae problemas socio-ecológicos que alteran la calidad de vida de las poblaciones urbanas, rurales y otros entornos. Analizar el flujo y circulación del agua en la ciudad destaca el panorama de vulnerabilidad hídrica cuando se presentan metabolismos hídricos insostenibles. Por lo tanto, es necesario comprender el vínculo entre el agua y la energía para

identificar sinergias y objetivos compartidos de la gestión integral del sistema de agua (Wang *et al.*, 2017).

De acuerdo con Kennedy *et al.* (2007), una ciudad sostenible sólo puede ser aquella en la cual la afluencia de recursos materiales y energéticos, y la disposición de desechos, no excede la capacidad del entorno circundante de la ciudad. En otras palabras, para alcanzar la sostenibilidad hídrica, el consumo del agua debe ser igual o inferior a lo que puede proporcionar el medio natural, y los contaminantes resultantes no deben sobrepasar la capacidad del ambiente de proporcionar recursos de calidad a los seres humanos y a otros miembros del ecosistema. Además, a esta idea se puede adicionar que los desechos de la ciudad no impliquen una transferencia de riesgos a zonas y comunidades adyacentes. Desde esta consideración, posiblemente las ciudades como la Ciudad de México, no puedan ser estrictamente sostenibles, sin embargo, sí se pueden conducir hacia estados más sostenibles.

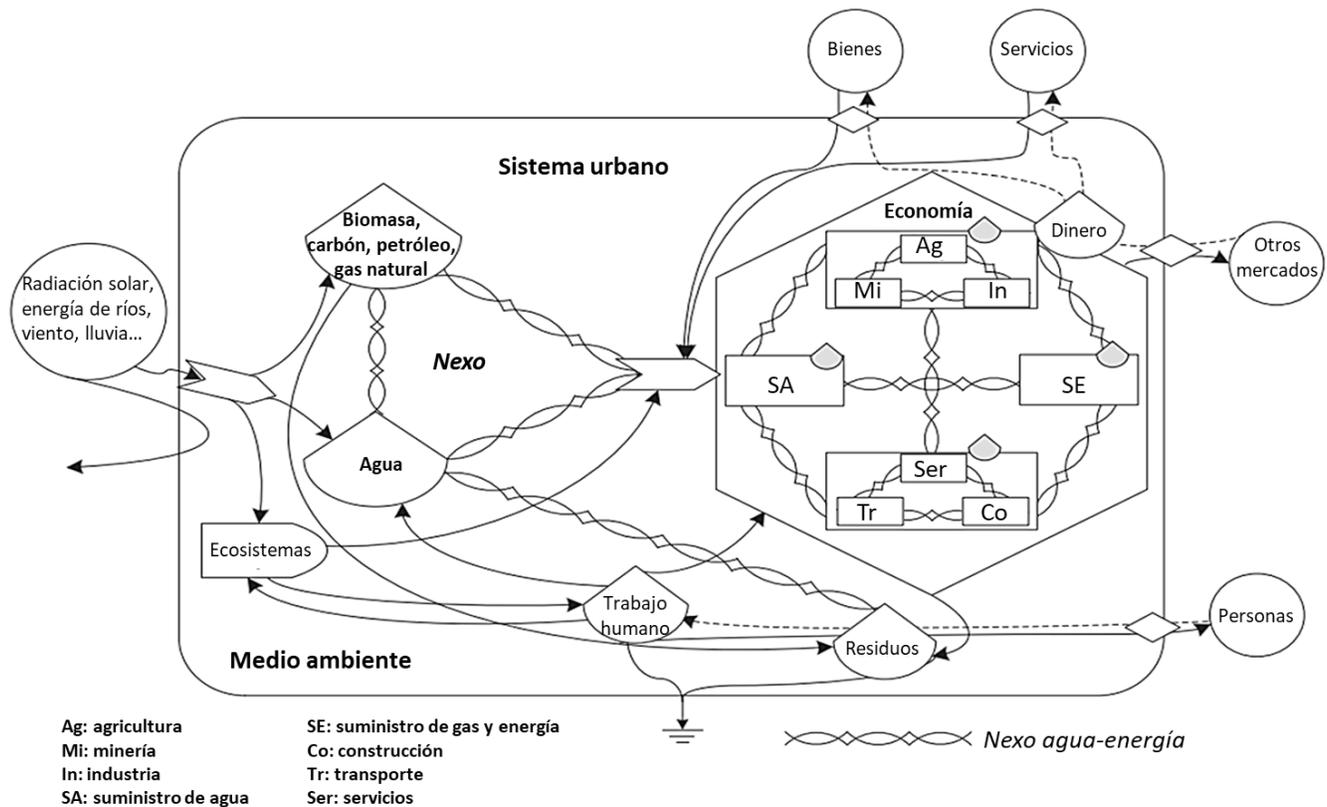
Con el objetivo de lograr una visión más holística de la situación urbana y el flujo del agua, el análisis del metabolismo hídrico urbano se puede acompañar de un marco teórico crítico, como el de la Ecología Política. Este marco permite una descripción integral de cómo y por qué se dan de tal manera dichos metabolismos, ya que, de acuerdo con la Ecología Política urbana, las mayores barreras para transitar hacia ciudades sostenibles son políticas, y los objetivos y las posibilidades de conseguirlos están sujetos a relaciones de poder (Hanson y Lake, 2000; Swyngedouw, 2004). También, como menciona Delgado-Ramos (2015), el análisis del metabolismo hídrico urbano, acompañado de un análisis socio-político y económico, considerando el *nexo agua-energía*, es una herramienta útil tanto para comprender y analizar la complejidad de la apropiación, gestión y usufructo del agua en la ciudad, como para encontrar alternativas en pro de un manejo sostenible del agua urbana y para disminuir la vulnerabilidad hídrica de la sociedad.

### ***El nexo urbano agua-energía***

En el ciclo urbano del agua, el 10% de la energía total se utiliza en los servicios de bombeo y tratamiento del agua, y más del 80% para los hogares, los sectores industriales, y los comerciales (King *et al.*, 2013). El consumo energético de las ciudades se relaciona directamente con la extracción,

distribución y expulsión del agua; e indirectamente, con el consumo doméstico –calefacción, bombeo, lavandería, etc.- (U.S. Department of Energy, 2014). Esto evidencia que los asentamientos urbanos se han convertido en el motor central de la degradación ambiental y el cambio climático, al ser los principales consumidores de energía y materiales (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017). Esta transgresión es más evidente cuando se analizan desde un punto de vista metabólico (Kennedy *et al.*, 2007; Delgado-Ramos, 2015) y desde la visión de la sostenibilidad fuerte.

El *nexo urbano agua-energía* describe la dependencia mutua entre la energía y el agua en términos de recursos acoplados e interconectados en múltiples escalas, el agua es usada para la energía y la energía es usada para el agua (Stillwell *et al.*, 2010; Valek *et al.*, 2017). En el *nexo urbano agua-energía*, como se muestra en la Figura 7, el sistema urbano integra el subsistema económico y el subsistema ambiental; y se ilustra este nexo en los servicios de agua para cada sector que podría ubicarse en el sistema urbano (Wang *et al.*, 2017). En este estudio, se aborda particularmente la relación del consumo energético para brindar los servicios de agua en la ciudad.



**Figura 7. Nexo urbano agua-energía. Traducido de Wang *et al.*, 2017.**

El *nexo agua-energía* se relaciona con la eficiencia, que involucra el uso óptimo del agua disponible y de la energía. Conforme menos recursos se requieran para alcanzar ciertos objetivos, más eficiente será la prestación del servicio (González *et al.*, 2011). La eficiencia en la gestión del agua depende tanto de las características y la situación en que se encuentra la infraestructura hidráulica, como de las medidas que se han implementado para mantenerla, ampliarla y mejorarla (Bau, 1991 en González *et al.*, 2011). Dentro del concepto de sostenibilidad hídrica es importante resaltar que las decisiones sobre la infraestructura hídrica urbana son a menudo influenciadas por aspectos políticos y limitaciones físicas, aunque estas decisiones afectan a los futuros habitantes, a los sistemas económicos y ambientales, y otros aspectos sociales como la aceptación pública (Rygaard *et al.*, 2011).

Considerando lo anterior, este trabajo de investigación toma como un eje principal el criterio de balance hídrico y el concepto de Kennedy *et al.* (2007) de sostenibilidad urbana, en relación al metabolismo hídrico, el flujo del agua y el *nexo agua-energía*, los cuales se vinculan con el concepto de ciudad-cuenca (véase más a continuación). Además, se intenta integrar la Ecología Política (Swyngedouwou *et al.*, 2005, Delgado-Ramos *et al.*, 2016) no dejando de lado los conflictos socio-ecológicos que se presentan durante el flujo del agua dentro y fuera del entorno urbano, ya sea por la extracción del agua de primer uso o por la disposición final del agua contaminada. Además, si bien no se abordan directamente las relaciones de poder en torno al agua en el caso de estudio, el análisis del metabolismo hídrico se asocia a un contexto histórico para comprender cómo se llegó al estado de metabolismo actual.

### **1.8 El concepto de ciudad-cuenca**

El concepto de ciudad-cuenca de Peña (2012), hace referencia a la idea del “despojo hídrico por saqueo o contaminación y el de reconfiguración hidrológica referida al devenir del agua en el nuevo contexto”. La ciudad-cuenca “es aquella que hace correr el agua limpia de una cuenca vecina a su cuenca y expulsa agua residual sin tratamiento hacia otros confines, en virtud de su poder social”, además, “es concebida y practicada por el Estado con la participación del capital” (Peña, 2012). A continuación, con base en Peña (2012) se describen los fundamentos de este concepto, y más adelante en el Capítulo 2, se hace una relación directa con el caso de la Ciudad de México.

La creación de la ciudad-cuenca se va gestando como solución al problema creciente de la demanda de agua en las ciudades y las industrias, así como a los problemas derivados de la contaminación del recurso. Las grandes ciudades, después de agotar sus recursos hídricos superficiales y subterráneos, para abastecer de agua potable a la población tienden a extraer agua de cuencas vecinas; y para deshacerse de sus aguas contaminadas, la envían fuera de su cuenca, muchas veces sin tratamiento. Esto lleva a un desajuste hidrológico en la cuenca fuente o aportante, y a la contaminación de la cuenca receptora del agua urbana e industrial que no ha recibido tratamiento (Peña, 2012). Además, desde un enfoque económico, en una ciudad donde el agua es escasa por su condición de contaminación extrema, se involucra una reducción en la oferta de agua dulce para uso humano.

Ante esta situación, el Estado y las unidades económicas, responsables en parte de la contaminación del agua, atienden la problemática a través de la transmutación del agua en mercancía, y la creación de la ciudad-cuenca. La privatización y mercantilización del agua se refleja, por una parte en la producción de agua embotellada, industria que ha prosperado en los últimos años en México (Delgado, 2014); y por otra, en la privatización de los servicios relativos al agua (Peña, 2012). Los servicios involucran el suministro, administración, distribución, mantenimiento, operación y cobro de los servicios, así como el tratamiento de las aguas residuales para su administración y venta. En el caso del tratamiento del agua residual, se logra un mayor consenso ante la población, debido a que los capitales limpian las impurezas del agua expulsada por las urbes y las industrias (Peña, 2012). La privatización y mercantilización del agua, logra ser apoyada por el Estado, que se compromete mediante acuerdos a cumplir con estándares, lineamiento y políticas internacionales.

Como se muestra a continuación, el capitalismo tiende a resolver la crisis del agua mediante su mercantilización y la creación de la ciudad-cuenca. Sin embargo, no resuelve los problemas socio-ecológicos de contaminación, transferencia del riesgo, y formas de consumo del agua. Por el contrario, tiende a generar mayores injusticias, y por ende mayores conflictos y tensiones sociales; ya que se involucra un despojo a los usuarios y la contaminación del agua de otras cuencas. Además, al conceptualizar al agua como una mercancía, podría implicar que no se pretenda una reducción de la demanda ya que, en la lógica del mercado, se buscará que se mantenga el consumo o que aumente

para obtener más ganancias económicas. Ante esta disputa, los temas de bienes comunes y derecho al agua han tomado cada vez más relevancia y posicionamiento en la gestión del agua.

### **1.9 Concepción del agua bien común-derecho humano o mercancía**

El acceso al agua para la vida es una necesidad humana básica al mismo tiempo que un derecho humano fundamental (PNUD, 2006). Los derechos se consideran relaciones sociales alrededor de los bienes y remiten a las capacidades de reclamar el respaldo de un determinado colectivo en la demanda que se hace respecto a un bien (Merino, 2014). De acuerdo con la Observación General 15 (OG), el derecho humano al agua es el derecho que tienen todas las personas a disponer de una cantidad de líquido suficiente, salubre, aceptable, accesible, y asequible para su uso personal y doméstico (González *et al.*, 2011).<sup>15</sup> En resumen, el derecho humano al agua involucra la disponibilidad, calidad, accesibilidad física, accesibilidad económica y la no discriminación (González *et al.*, 2011).

El Art. 1 de la nueva Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica de la Ciudad de México (LASHCM) precisa que: “En la Ciudad de México, toda persona tiene derecho al acceso, protección y saneamiento al agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, saludable y asequible. La presente Ley, definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.<sup>16</sup> Se puede observar, que este concepto y el de la OG, comparten criterios con el concepto de seguridad hídrica, por lo que el derecho al agua, también podría interpretarse como el derecho a una seguridad hídrica.

Se ha visto una transición histórica en la conciencia pública de concebir al agua, de un bien común y un patrimonio nacional, a una mercancía (Kaika, 2006; González *et al.*, 2011). Kaika (2006) en su escrito “*The 1989–1991 Athenian drought*” relata dos discursos relacionados con la gestión del agua (proyecto “*Evinos River dam*”) y lo que involucran. Por un lado, el discurso de la abundancia, en la que

---

<sup>15</sup> De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) se trata de aproximadamente 100 L/hab/día, sin embargo, también debe señalarse que los elementos de este derecho deben ser adecuados a la dignidad, vida y salud humana.

<sup>16</sup> La LASHCM corresponde a la anterior Ley de Aguas del Distrito Federal (LADF). El derecho al agua en la LADF se dictaba en el Art. 5.

se visualiza al agua como un bien público y la gestión del recurso como un proyecto social, nacionalizándose mediante la ley de gestión de los recursos hídricos, declarando el agua un "don natural" y el acceso de todos los ciudadanos al agua potable como "derecho innegable". Por otro lado, está el discurso de la escasez, en donde la visión de un bien público pasa a la de un producto básico – *commodity*-, siendo necesarios “actos de emergencia”, acciones urgentes e inmediatas como la única manera de superar la crisis.

El cambio drástico de los discursos de la abundancia y la escasez del agua, así como la representación del agua como un bien común a un bien escaso, son la fusión de una crisis política con una crisis natural. Además del papel de la construcción discursiva de una situación de "crisis" como un facilitador de la ejecución de un programa socio-ecológico neoliberal en particular, el de la privatización (Kaika, 2006). Como menciona Kaika (2006), “la producción, el consumo y la conservación del agua pueden ser utilizados para apoyar casi cualquier argumento a favor o en contra de la privatización; a favor o en contra de la mercantilización de la naturaleza”.

Los discursos de eficiencia y modernidad dan lugar a ideologías y discursos económicos que asimilan lo comunitario con lo tradicional y obsoleto, y la privatización de los bienes comunes con la idea de un patrón de progreso ideal para todas las sociedades (Merino, 2014). El valor que la ley ha asignado originalmente al agua como un "patrimonio nacional, un bien común y un derecho humano" está siendo sustituida por la afirmación de su valor de cambio, embarcándose el gobierno en un programa de la "liberalización" de los servicios públicos (González *et al.*, 2011). En general, la aceptación pública de grandes proyectos hídricos, parece ser fabricada mediante la combinación de la amenaza de un desastre natural, de nuevos aumentos en los precios del agua, y la promesa permanente del desarrollo y el crecimiento económico.

No obstante, en casos donde se ha privatizado el sistema de agua, se puede observar que la privatización generalmente conlleva al aumento de la tarifa del agua, y no precisamente garantiza a la población el acceso al agua. Un ejemplo es “*la guerra del agua*” en Cochabamba –Bolivia-. En 1999, a través de la aprobación de la Ley 2029 se privatizó la compañía municipal Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado -SEMAPA- (Assies, 2003). La privatización se dio al concesionar el sistema

público de agua y los pequeños sistemas autónomos a un consorcio transnacional -Aguas del Tunari- (Bertelli *et al.*, 2015)<sup>17</sup>. Ante esto, surgió un levantamiento popular liderado por la Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida. Las inconformidades estaban alrededor del incremento en las tarifas del agua -entre el 35% y el 150%- , el bajo suministro de agua a la población –alrededor del 60%- , y las relaciones entre el estado y el nuevo consorcio (Assies, 2003). Después de una serie de movimientos y protestas sociales, se logró la remunicipalización de la empresa, y el sistema de agua y alcantarillado pasó a ser nuevamente gestionado por el SEMAPA (SEMAPA, 2017). Sin embargo como respuesta a la remunicipalización, el consorcio Aguas del Tunari en instancias del Banco Mundial, demandó al gobierno peruano por las “pérdidas” económicas que le generaron.

Particularmente en temas de financiamiento y préstamos internacionales, y las condicionantes que involucran, el trasfondo de la “*guerra del agua*” en Cochabamba fue que un año anterior -1998-, el Fondo Monetario Internacional aprobó un préstamo para combatir la pobreza y estimular el crecimiento económico en Bolivia; sin embargo, la condicionante al gobierno boliviano fue la entrega de concesiones de empresas públicas a empresas privadas, en las que se incluía el SEMAPA (Sanz, 2006). En relación a este tema, desde 1972 el Banco Mundial -BM- ha financiado proyectos hidráulicos en México.<sup>18</sup> Por ejemplo en 2002, el BM concedió un préstamo de 250 millones de USD a la CONAGUA, Hernández (2005 [julio 12]) menciona que “parte del financiamiento fue utilizada para apoyar el Programa para la Modernización de los Prestadores del Servicio de Agua y Saneamiento (PROMAGUA), que es parte de un fondo de financiamiento de infraestructura que proporciona préstamos a las municipalidades para que actualicen y expandan sus sistemas de abastecimiento de agua potable, abriéndolos a empresas privadas mediante concesiones de entre cinco y 50 años”. Para el año 1996, 29 estados ya habían aprobado legislaciones que autorizaban la participación privada mediante contratos de servicios generales, y en 2005 cerca del 20% de los sistemas operadores municipales de agua de México ya estaban privatizados (Barrera, 2016 [mayo 26] y Hernández, 2005 [julio 12]). Esto hace referencia a que el mercado actúa bajo un marco normativo.

---

<sup>17</sup> El consorcio internacional estaba formado por una compañía española –Abengoa-, compañías estadounidenses -Bechtel y Edison- y bolivianas -Petrovich y Doria Medina- (Bertelli *et al.*, 2015).

<sup>18</sup> Se inició con el convenio para elaborar el Programa Nacional Hídrico de 1975 (Hernández, 2005 [julio 12]).

En el caso particular de la Ciudad de México, actualmente existen convenios crediticios del BM al Sistema de Aguas de la Ciudad de México –SACMEX-, que contempla la modernización del sistema de gestión del agua potable de la ciudad –de 2016 al 2025-. El objetivo que se persigue es mejorar la eficiencia de la red de distribución de agua potable, mediante la potabilización del agua, la atención a fugas, y la sectorización de la red para la medición y mantenimiento de la infraestructura (CDMX y 100 CR, 2016). Con las situaciones precedentes en relación a los préstamos internacionales, será relevante observar las condicionantes y las negociaciones que implicarán este crédito del BM a la Ciudad de México en los próximos años.

En otros temas, algunos discursos a favor de la privatización señalan una mejoría en el servicio, la atención a los usuarios del agua y las ganancias económicas. No obstante, casos como el de Trinidad y Tobago muestran que no siempre se cumple esa expectativa. En 1995, el gobierno concesionó a la empresa *Severn Trent* la administración del operador del agua de la isla: *Water and Sewerage Authority* –WASA- (BM, 2006). Uno de los compromisos de *Severn Trent*, era que la empresa haría económicamente viable la WASA al terminar el contrato de tres años. Sin embargo, Hall (2010) menciona que para 1998 el déficit económico aumentó en 378.5 millones de USD con relación a 1997. En abril de 1999 expiró el contrato de *Severn Trent* sin renovación, y la WASA fue reintegrada al sector público (Hall, 2010).

Otro ejemplo en relación con la mejora del servicio de atención a los usuarios del agua es el de Puerto Rico. En 1995, Puerto Rico cedió la administración de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados –AAA- a la Compañía de Agua subsidiaria de la transnacional francesa Vivendi. En 1999, la Oficina del Contralor de Puerto Rico encontró 3,181 deficiencias en administración, operación y mantenimiento de los acueductos y alcantarillas, y además, en los repuestos financieros requeridos (Ruiz, 2006 y Hall, 2010). En el informe, se señala la falta de atención a los usuarios y la pérdida económica. La situación financiera empeoró y el Estado tuvo que conceder subsidios. En 1999, Hall (2010) señala que “según el informe del contralor, bajo la administración privada, el déficit operativo de la AAA aumentó constantemente hasta llegar a la cifra de 241.1 millones de USD; el Banco Gubernamental de

Fomento tuvo que intervenir varias veces para proporcionarle a la entidad fondos de emergencia”<sup>19</sup>. En 2001, el gobierno de Puerto Rico dio la concesión de la AAA a la compañía francesa Ondeo - subsidiaria de Suez-. Ruíz (2006), señala que “el desempeño de Ondeo fue igual de desastroso que el de su predecesora y el gobierno canceló el contrato”, la AAA volvió a ser parte del sector público en 2004.

También, se proponen sistemas mixtos para la gestión del agua. Un ejemplo dentro de la gestión del agua, donde se pueden observar tanto el enfoque de privatización y derecho al agua, es la base de la estructura tarifaria. Como un bien social-derecho humano, el Estado toma el papel de representante del bien común, de promotor de la integración social y, por tanto, del acceso a los servicios básicos de los ciudadanos, independiente de sus ingresos monetarios. Mientras que, como un bien económico-mercancía, el Estado representa intereses sociales muy específicos, sin preocupación por cuidar la equidad social, e inclinado a una acceso a los servicios básicos a partir de la determinación de costos reales de los mismos (González *et al.*, 2011). En México, González *et al.* (2011) proponen un enfoque mixto, es decir, “social en primera instancia y económica después, reconociendo la importancia indiscutible del agua como fuente de vida, asegurando un acceso adecuado a la población para la satisfacción de sus necesidades básicas, y luego de lograr dicho acceso proponer la introducción de mecanismos económicos, entre ellos los precios, con la finalidad de vincular el volumen consumido de agua con un pago creciente”. Esto último, es relevante en cuestiones de reducir del consumo de agua por la población, y desarrollar los recursos financieros para poder mantener la infraestructura hidráulica y los S.E. de manera sostenible.

En conclusión, las apuestas en favor de la acción de los mercados y la privatización suelen pasar por alto los costos ambientales y sociales, y la inequidad asociada con la privatización de los bienes comunes, como es la accesibilidad al agua en cantidad, calidad, frecuencia y asequibilidad. En el discurso político, se puede observar a la crisis del agua como un facilitador de la ampliación de la base del capital, del nuevo sistema de precios, combinado con la amenaza de una inminente escasez de agua provocada por la sequía y una fuerte retórica política de la crisis (Kaika, 2006). Esto facilita la

---

<sup>19</sup> Entre 1995 y 2000, la Agencia de Protección Ambiental –APA- de E.U.A. multó a la AAA por \$6.2 millones USD por varias violaciones (Ruiz, 2006).

construcción y la aceptación pública del agua como un recurso económico y, por último, como una mercancía valiosa. Sin embargo, en mi opinión, a veces parece olvidarse que el agua es un recurso vital para la humanidad: un bien común vital. Por lo tanto, debería ser una prioridad para la inversión pública.

## Capítulo 2. Marco histórico y actualidad: el agua y la Ciudad de México

*“Los propósitos de la sostenibilidad implican la reconstrucción del mundo a partir de los diversos proyectos civilizatorio que se han construido y sedimentado en la historia” -Leff, 2000-*

El ambiente de la ciudad, tanto las redes sociales como la infraestructura, es el resultado de un proceso histórico-geográfico de urbanización de la naturaleza (Gispert y Lomelí, 2016). La situación actual del agua en la Ciudad de México, ubicada en el sur del Valle de México, es un reflejo de las características biofísicas y del proceso de toma de decisiones en la planeación del sistema de agua a través de la historia. En otros tiempos, la Ciudad de México fue la ciudad de los lagos, ahora es una ciudad en un lago impermeabilizado con pavimento. El contexto histórico de la Ciudad de México se basa en cuatro siglos de desecación del Valle de México, medio siglo de aguas provenientes de otras cuencas, y la evacuación de las aguas pluviales y residuales (Perló y González, 2005).

Como narra González (2016), “las necesidades de agua y de drenaje de uno de los mayores fenómenos urbanos del mundo vincularon las cuencas del Valle de México, Alto Lerma, Cutzamala y Tula en un ciclo urbano del agua de gran magnitud e impactos regionales”. Se creó artificialmente una articulación regional entre las cuatro cuencas hidrológicas, territorio que ha sido denominado como *región hidropolitana* (Perló y González, 2005).<sup>20</sup> La *región hidropolitana* es resultado de la construcción de infraestructura que conecta las zonas de captación, conducción, distribución, desagüe –que involucra un reúso- y tratamiento –potable y residual- (González, 2016). Lo que involucra al gobierno de la Ciudad de México, y a los estados de Hidalgo, Michoacán y Estado de México, en la atribución “estratégica” del manejo del agua (González *et al.*, 2011).

---

<sup>20</sup> Recientemente, González (2016) menciona que la *región hidropolitana* está compuesta por un ensamble de 10 *hydrocommons*, concepto que hace referencia a las comunidades vinculadas por un recurso mediante grandes infraestructuras, que puede tener distintas escalas (entre cuencas, entre entidades, entre países).

Además, durante los años transcurridos desde la Conquista (1519-1521) cambiaron las percepciones y relaciones con el agua, y con ello los discursos que acompañan las acciones estratégicas –burocracia hidráulica, reivindicación y sostenibilidad- (González, 2016), y que actualmente siguen evolucionando. Junto con esto, a lo largo de la historia de la Ciudad de México, se puede observar una dicotomía entre la búsqueda y el acarreo de agua potable, y a la vez, la búsqueda de la salida del agua de lluvia y residual de la ciudad, lo que ha involucrado la desecación y la transferencia del riesgo. Pero, ¿cómo fue que una ciudad amenazada por el exceso de agua –con constantes inundaciones-, comenzó a padecer simultáneamente la escasez? A continuación, se narra brevemente esta historia para entender el estado actual de la Ciudad de México (Figura 10).

## 2.1 El suministro

En 1325, en una cuenca endorreica,<sup>21</sup> México-Tenochtitlan se consolidó a 2 240 m.s.n.m. sobre un islote en el lago de México.<sup>22</sup> La zona estaba conformada por cinco grandes lagos: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco (Figura 8), que en época de lluvias se unían, conformando un sólo lago. Si bien había cinco lagos en la zona, el agua para consumo humano era selecta, por lo que las obras de la etapa prehispánica, como el albaradón de Nezahualcóyotl (1449), se orientaron a separar el agua salobre de las aguas dulces en el lago de Texcoco (Tortolero, 2009, citado en Peña 2012).

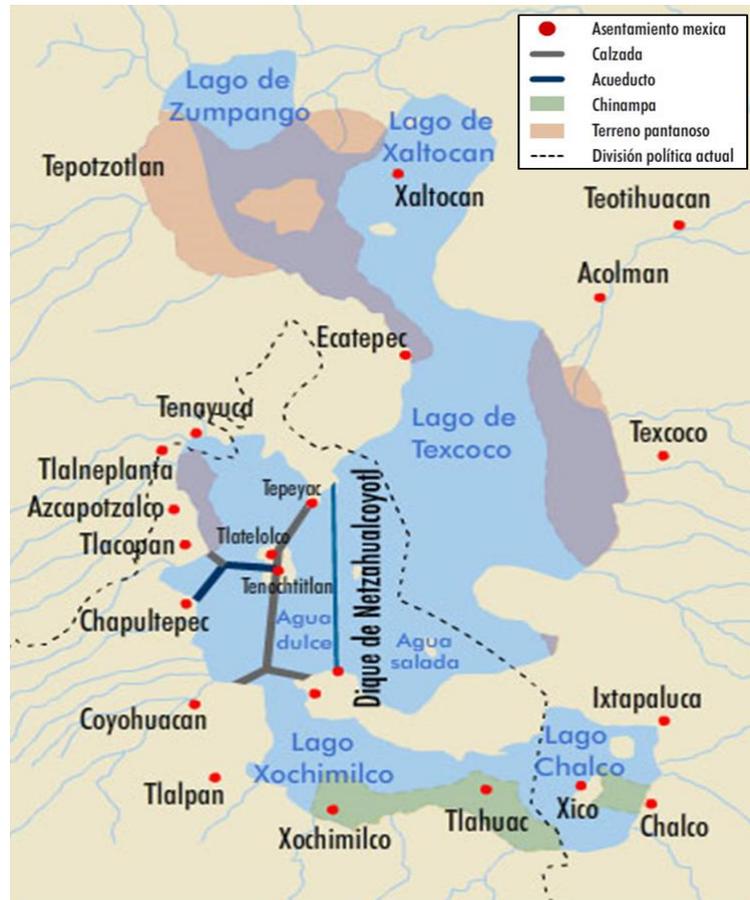
También, desde la época mexica, se construyeron obras para satisfacer la demanda de agua, como el acueducto mexica -acueducto de Chapultepec- en 1466, destinado a aprovechar los manantiales de Chapultepec, y que fue destruido en gran parte durante La Conquista. En la época colonial, con su remodelación y ampliación -1577-, pasó a ser parte del acueducto de Santa Fe (Pineda, 2000). Posteriormente, a mediados del siglo XIX se empezó a recurrir a explotar pozos someros -1846- (Orozco y Berra, 1864); y para finales del mismo siglo, la ciudad agregó nuevas fuentes de

---

<sup>21</sup> Las cuencas endorreicas descargan su escorrentía hacia un cuerpo de agua interior, como un lago (INEGI-INE-CONAGUA, 2007).

<sup>22</sup> México-Tenochtitlan Fue la capital del imperio mexica.

abastecimiento lejanas, como el Desierto de los Leones en 1878<sup>23</sup>, y se empiezan a explotar pozos profundos (Peña, 2012). Hacia estos años, se dio lugar al hundimiento del terreno; en 1895 el promedio del hundimiento correspondía a cinco centímetros por año (National Research Council, 1995).



**Figura 8. Apariencia original de la cuenca del valle de México. Los cinco lagos. Tomado del Atlas histórico de México (UNAM-CCH, 2017).**

Las fuentes de agua disponibles localmente ya no eran suficientes para atender las necesidades de la ciudad. Por lo que, en 1908 el agua de Santa Fe y sus agregados dejó de utilizarse en la capital, para consumir la que se trajo de Xochimilco (Pineda, 2000). Perló y González (2005), describen esto como “el primer paso definitivo que llevó a la Ciudad de México a depender significativamente de fuentes

<sup>23</sup> En 1847, la capital contaba con una dotación de 586.718 m<sup>3</sup>/h, es decir, 2.11 m<sup>3</sup>/s de agua procedente de Santa Fe, el Desierto de los Leones y Chapultepec; mientras que en 1889 este volumen se había reducido a la tercera parte y se contaba sólo con 0.77 m<sup>3</sup>/s (Pineda, 2000).

lejanas, a pesar de que dichos manantiales se encontraban dentro de la cuenca de México". Esta dependencia continuó, debido a que, únicamente la mitad del agua suministrada de Xochimilco llegaba a los usuarios, pues en los primeros 10 km del acueducto se perdían  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , que equivalía al 38.46% del agua suministrada por esta fuente<sup>24</sup> (Perló y González, 2005).

En vez de reparar las pérdidas, mejorar la red de distribución y con el hundimiento de la ciudad en 1935 provocado por la extracción de agua del subsuelo por los pozos profundos, actualmente operados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México –SACMEX-, se optó por nuevos proyectos para traer nuevos caudales de agua, esta vez provenientes de la cuenca del río Lerma-Balsas en el Estado de México, con lo que se inició la política de importación de agua de otras cuencas. La construcción del Sistema Lerma inició en 1942 y fue inaugurado en 1951. El proyecto tuvo dos etapas. La primera consistió en la captación de manantiales y aguas superficiales de Almoloya del Río y su conducción por medio de un acueducto de 60 km hasta los tanques de Dolores en Chapultepec. También, destaca la perforación del túnel Atarasquillo-Dos Ríos que atraviesa la Sierra de las Cruces para dirigir el agua hacia el Valle de México (Watts, 2015).

En 1953, debido al severo hundimiento del centro de la ciudad, se clausuraron muchos pozos, sin embargo, se inició la construcción de otros nuevos en las regiones de Chalco, Tláhuac y Xochimilco (National Research Council, 1995). No suficiente, a pesar del nuevo caudal de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  aportado por el Sistema Lerma, una crisis de agua en la capital a mediados de la década de los sesenta obligó a las autoridades a buscar nuevos caudales, lo cual derivó en la segunda etapa del Sistema Lerma. Esta etapa consistió en una amplia batería de pozos que llegaron a enviar, en 1974, hasta  $14 \text{ m}^3/\text{s}$  a la Ciudad de México (Perló y González, 2005). El costo ecológico y social de abastecer a la Ciudad de México, inicialmente sobrellevado por el acuífero de la ciudad, con este proyecto, fue transferido también a la cuenca del río Lerma-Balsas generando con ello una mayor vulnerabilidad por la escasez y el despojo del agua.

El caudal aportado por el Sistema Lerma se redujo y se estabilizó en  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , mediante la implementación del el sistema Chiconautla en 1957, y el Plan de Acción Inmediata (PAI) en 1974

---

<sup>24</sup> La CIUDAD DE MÉXICO recibía  $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$  de los manantiales de Xochimilco (Perló y González, 2005).

(CONAGUA, 2012). El sistema Chiconautla fue un sistema provisional para importar agua desde “afuera” de las fronteras de la ciudad, el cual consiste en una batería de pozos en el Estado de México (en Ecatepec de Morelos) que capta agua del acuífero Cuautitlán-Pachuca (CONAGUA, 2007; Escolero *et al*, 2016). Por otro lado, el PAI es un sistema de pozos y acueductos, ubicados en la Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo, que llegó a aportar hasta  $15.6 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua en 1992 (Escolero *et al*, 2016). Estos sistemas de pozos fue una solución temporal para aliviar el estrés hídrico en la década de los setentas, pero aún siguen en operación debido a la creciente demanda de agua en la ciudad. Actualmente el Sistema PAI entrega agua a 15 municipios de 5 delegaciones de la Ciudad de México, y otros del estado de Hidalgo y México (CONAGUA, 2012).

En 1976, reforzando la cultura de importar agua de cuencas lejanas, pensando en no dañar más los dos acuíferos sobre-explotados (Zona Metropolitana de la Ciudad de México y Lerma), se planteó el proyecto del Sistema Cutzamala. Inicialmente la construcción del sistema fue planeada en tres etapas. La primera etapa entró en operación en 1982 ( $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e incluía la presa Victoria; la segunda en 1985 ( $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ), captó las aguas de la presa Valle de Bravo e involucró una planta de tratamiento de agua; y la tercera en 1993 ( $9 \text{ m}^3/\text{s}$ ), añadió caudales provenientes de las presas Colorines, Tuxpan y del Bosque -estas dos últimas ubicadas en territorio de Michoacán- (Perló y González, 2005; Tortajada, 2006) (Figura 9).

La explotación de la cuenca del río Cutzamala, en donde habita el pueblo indígena Mazahua, resultó en bombear el agua más de 1,100 m en contra de la gravedad (BM y CONAGUA, 2015), y esto implicó el cambio de la dirección en que el agua drenaba de manera natural en la cuenca. Antes de que se construyera el sistema Cutzamala, su cuenca drenaba hacia la parte baja de la cuenca del río, actualmente, la cuenca drena hacia la salida al Valle de México (BM y CONAGUA, 2015, p.103). Esto generó un conflicto socio-ecológico al despojar del agua al pueblo Mazahua y al impactar ambientalmente la cuenca Cutzamala, cambiando su régimen hidrológico natural (véase más adelante).

Recientemente, para mejorar el suministro de agua en la ciudad, el Gobierno Federal plantea la ampliación del sistema Cutzamala y añadir otras cuencas al sistema de suministro de agua. Con base

en Tortajada y Castelán (2003), otra fuente potencial de agua que el Gobierno Federal ha identificado, es la cuenca del río Amacuzac en el Estado de Morelos. Este proyecto incluiría un sistema de acueductos de 160 km de largo y bombearía el agua a una altura de 1,825 m, que requeriría una demanda energética de 4,000 MW. El consumo anual de electricidad de este sistema se estima equivaldría al 5% de la producción de electricidad anual nacional. Se estima que se añadirían 50 m<sup>3</sup>/s al caudal de suministro de la ciudad. Esto confirma que prevalece una política de importación de agua de otras cuencas, sin considerar los impactos ambientales y sociales que esto implica.

## 2.2 El desagüe

Desde antes de la Conquista, la Ciudad de México ha sido vulnerable ante las inundaciones. Durante la Colonia, el crecimiento de la ciudad se vio limitado debido a la restricción que establecían los lagos (Peña, 2012). A principios del siglo XVII, se optó por proyectos para que los lagos no fueran un impedimento al crecimiento urbano. La política de desecación -que continúa hasta nuestros días-, se impuso para ganar tierras a los lagos y prevenir sus recurrentes crecidas e inundaciones (Peña, 2012). A través de la historia, se observa cómo se dio este proceso de desecación, cambiando la dirección del desagüe hacia el norte de la ciudad; es decir, hacia el río Tula, el Moctezuma, hasta el Pánuco, desembocando en el Golfo de México (Figura 9).

Otro de los objetivos del albarradón de Nezahualcóyotl (el dique), aparte de separar las aguas dulces de las salobres, como ya se mencionó, fue evitar inundaciones al impedir que las crecidas de los lagos de Zumpango y Texcoco afluyeran al lago central (Legorreta, 2006). El dique preservó a la ciudad de las inundaciones en los primeros años de la Colonia, pero durante la gran inundación de 1555 fue rebasado por las aguas e hizo necesario pensar en algo más estable (Aguilar *et al.*, 2007). En 1579, hubo una nueva inundación y frente a eventos continuos de grandes inundaciones, se planteó por primera vez la idea de desaguar completamente el Valle. En 1604, se construyó el Albarradón de Ecatepec, que tenía la intención de evitar los derrames de los lagos del norte en el de Texcoco (Legorreta, 2006). Sin embargo, estos proyectos fueron superados por el poder de la lluvia y la geografía del lugar, y en el mismo año volvió a inundarse la ciudad.

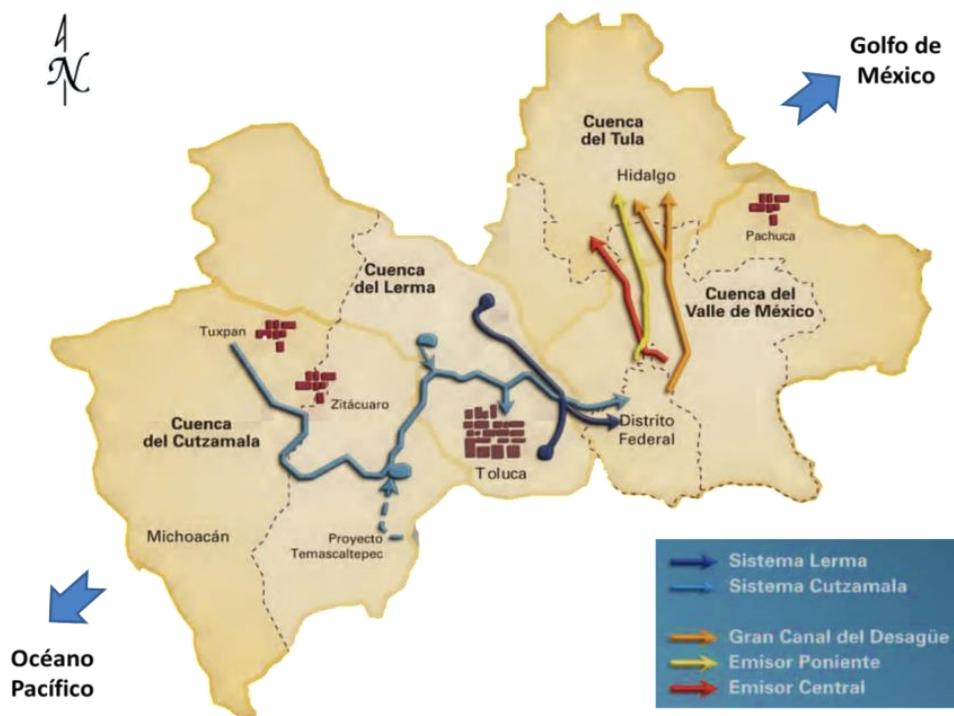
Con una acción reactiva ante las inundaciones, y ante cada vez peores inundaciones, tanto que se relata que, en 1607 “la ciudad se vio inundada del tal forma que, si no era con canoas, no se podía andar”, el virrey don Luis de Velasco mandó iniciar la magna obra del desagüe del Valle de México (Aguilar *et al.*, 2007). De esta forma, se propusieron varios proyectos, entre los que se destacó el de Enrico Martínez -impresor, astrólogo, cosmógrafo y escritor-. Su proyecto consistió en que las aguas del lago de México se vaciarían por medio de una zanja que uniría el lago de Xaltocan, al lago de Zumpango, y las de éste, por medio de un tajo abierto en Nochistongo, al río Tula, que llevaría el agua hacia el Golfo de México (Aguilar *et al.*, 2007).

Así, en 1607, con la construcción del canal de Huehuetoca, se inicia la política de desecación, con la expulsión del agua hacia el exterior de la cuenca. La cuenca del Valle de México dejó de ser lo que era naturalmente, una cuenca endorreica, para empezar a ser, por obra humana, una cuenca exorreica abierta hacia la vertiente del Golfo de México (González *et al.*, 2011). “La ciudad entraba en la era del desagüe de la cuenca de México, se hundía en una crisis ecológica de la cual no ha podido salir”, bajo el entendido de que el desagüe “no fue solamente una obra hidráulica... sino una prueba de superioridad de los conquistadores sobre los pueblos vecinos” (Tortolero citado en Peña, 2012). Esto se reafirma con el continuo Tajo de Nochistongo en 1789 (Delgado-Ramos, 2015).

Mientras por un lado estaban los proyectos para traer agua de otras cuencas, la acción del desagüe toma un rumbo intenso a finales del siglo XIX, con la construcción del Gran Canal de Desagüe -1900- inaugurado en la época porfirista, y el primer túnel de Tequixquiac -1905-. Inicialmente, el Gran Canal de desagüe trabajaba por gravedad, pero debido a la subsidencia de la ciudad, para 1950 se tuvieron que bombear las aguas residuales (National Research Council, 1995; Tortajada y Castelán, 2003). Actualmente, el Gran Canal drena 12 m<sup>3</sup>/s cuando hace 30 años drenaba 90 m<sup>3</sup>/s, debido a la subsidencia de la ciudad que genera una diferencia entre el nivel de algunas zonas de la ciudad y el Gran Canal, y a la incapacidad de bombear el agua residual total en temporadas de lluvia, (Tortajada y Castelán, 2003).

Durante El Porfiriato, las obras siguieron destinándose a ganar espacio para el crecimiento de la urbe y evitar inundaciones. Estas acciones de desagüe se refuerzan en la segunda mitad del siglo XX, con el

segundo túnel de Tequixquiac -1954- y el sistema de drenaje profundo en los setentas. En 1951, hubo una gran inundación en donde el Gran Canal del Desagüe quedó desbordado (Páramo, 2014). Posteriormente, se planteó por primera la construcción del Drenaje Profundo –en 1967 el Túnel Emisor Poniente (TEP)-. En este momento, paradójicamente la urbe padecería, a partir de la segunda mitad del siglo XX, el problema opuesto al exceso de agua: la escasez (Perló y González, 2005). Sin embargo, se habla de una escasez hídrica pero, como se muestra en la Figura 9, contrariamente, los megaproyectos hídricos se siguieron direccionando, por un lado, en desalojar el “excedente” de agua de la cuenca, sin separar el agua de lluvia del agua residual.



**Figura 9. Principales fuentes de abastecimiento de agua y sistema de drenaje de la Ciudad de México.**

**Fuente: Perlón y González (2005). \*El Distrito Federal hace referencia a la Ciudad de México.**

El Sistema de Drenaje Profundo –Túnel Emisor Central- inaugurado en 1975, representa la cuarta salida artificial de las aguas del valle (Legorreta, 2006). Fue diseñado para drenar alrededor de 200 m<sup>3</sup>/s por 45 horas con un sistema de bombeo, pero incluso algunas veces drena hasta 340 m<sup>3</sup>/s (National Research Council, 1995). Esta fluctuaciones en la cantidad de agua drenada puede generar problemas basado en el diseño y la operación de la infraestructura (Tortajada y Castelán, 2003).

Actualmente, la Ciudad de México cuenta con una red de colectores bajo los ejes viales de la ciudad, tres interceptores (Oriente, Poniente y Central) y un Emisor Central, sistema de hasta 200 m de profundidad para que no fueran afectados por la subsidencia de la ciudad. La política de desagüe y se mantiene en la actualidad, con la expansión del Túnel Emisor Poniente –2010- (TEP 2), y la construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO), construcción iniciada en 2008, este último con la intención de dirigir las aguas residuales de la ciudad a una mega planta de tratamiento de aguas en Atotonilco de Tula, Hidalgo (Figura 9).

### **2.3 La dicotomía e implicaciones**

Como se ha expuesto anteriormente, el abastecimiento de agua de buena calidad ha sido un problema para los habitantes de la Ciudad de México y anteriormente para los habitantes de Tenochtitlán. Para abastecer de agua a la ciudad, se han buscado fuentes de agua no inmediatas desde antes de la Conquista, sin embargo, este acarreo de agua era en menores distancias y dentro de la cuenca. Esto cambió en parte porque, como menciona Peña (2012), existía una desconfianza por la tecnología indígena y poco entendimiento de su coexistencia con el medio lacustre. A lo dicho se suma el crecimiento acelerado de la ciudad y las medidas tomadas para la gestión del agua, con una constante lucha contra las inundaciones, lo que derivó en una cultura de importación y desalojo –desección- del agua de la ciudad. Esto se mantiene actualmente.

Con base en el contexto histórico, los problemas ambientales se relacionaron, por un lado, con el estado de sobre-explotación de fuentes subterráneas. Esta sobre-explotación junto con el crecimiento poblacional –traducido en un aumento en la demanda de agua-, y la subsidencia de la ciudad, encaminaron a que se buscaran nuevas alternativas de fuentes de agua, generando impactos ambientales en otras cuencas. Y por otro lado, al exportar toda el agua residual de la ciudad, se ha generado un desbalance hidrológico y problemas de higiene en la cuenca del río Tula<sup>25</sup> al incorporar el agua de mala calidad a su sistema hídrico.

---

<sup>25</sup> La cuenca del Valle de México forma parte de la Región Hidrológica XIII; la cuenca del Alto Lerma, de la región VIII Lerma-Chapala-Santiago; la cuenca del Cutzamala, de la Región IV Balsas, y la cuenca del río Tula, de la Región IX Golfo Norte. (Perló y González, 2005).

Uno de los primeros signos de disminución en el nivel del agua subterránea fue el desecamiento de los manantiales naturales en los años treinta. Los pozos profundos abatieron al acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ocasionando que entre 1938 y 1948, el hundimiento del centro de la ciudad se incrementara a 18 cm/año (Perló y González, 2005). Con el creciente bombeo efectuado en el periodo que va de 1948 a 1953, el hundimiento había llegado a los 46 cm/año en algunas áreas (National Research Council, 1995). Se estima que la zona central se ha hundido 10m durante los últimos 100 años (Instituto Nacional de Estadística y Geografía –INEGI-, 1999; SACMEX, 2013). Actualmente, la subsidencia media anual de la ciudad en la zona del centro es de 10 cm (INEGI, 1999; Legorreta *et al.* 1997). El resultado ha sido el daño a la infraestructura de la ciudad, que abarca los cimientos de los edificios y el sistema de alcantarillado (National Research Council, 1995).

No puede negarse que por muchas décadas los sistemas de control de inundaciones y abastecimiento de agua que sirven a la Ciudad de México, se han mantenido funcionando en forma relativamente eficaz y han resuelto en lo fundamental las demandas de crecimiento acelerado de la ciudad (Perló y González, 2005). Sin embargo, la mayoría de los proyectos para resolver la problemática hídrica de la ciudad que se proyectaron a corto y mediano plazo, fueron meramente reactivos, y no se pensó en las condiciones del futuro que se derivaría de ellos: problemas sociales, ambientales y económicos. Además, la implementación de estos proyectos de abastecimiento y desagüe del agua en la ciudad, han tenido algunas consecuencias ambientales y sociales no sólo dentro de la ciudad, sino han rebasado sus fronteras, generando daños ambientales e injusticias sociales en las cuencas vecinas de las que se extrae y descarga agua.

En la narración de Watts (2015) y desde el enfoque de Delgado-Ramos (2015) sobre la vinculación del metabolismo hídrico con los conflictos sociales, se puede observar que durante el trayecto del agua a la Ciudad de México, y dentro de la misma ciudad, se presentan conflictos sociales. En México de 5,000 artículos periodísticos sobre conflictos hídricos entre 1990-2002, el 49% se ubicaron en el Valle de México (González *et al.*, 2011). De este porcentaje, aproximadamente el 56% se debió a una falta de suministro de agua y un 24% a un alza en los precios (González *et al.*, 2011).

Particularmente a través del sistema de suministro de agua de la Ciudad de México, existen diversos conflictos socio-ecológicos. Al inicio del trayecto por el despojo del agua a las comunidades mazahuas en la cuenca del Cutzamala. Durante su distribución dentro de la ciudad, por la falta de suministro y calidad del en áreas marginadas como Iztapalapa (*slums*), además de los casos de secuestro de conductores de las pipas. Y al “final” del trayecto, con la comunidad Hñähñü en la cuenca de Tula por las aguas residuales, en donde sus terrenos albergan las mayores fosas sépticas y canales de desechos de México. Por un lado, las aguas residuales han irrigado y fertilizado sus cosechas –presencia de contaminantes - que se llevan a la Ciudad de México, y al mismo tiempo han contaminado sus ríos (Watts, 2015; Delgado-Ramos, 2015).

En los años setenta hubo movilizaciones rurales por la infraestructura del sistema Lerma en el Valle de Toluca. En 1990, otro conflicto surgió en el área de Temascaltepec por la expansión del sistema Cutzamala. En 2003, se consolidó el Ejército de Mujeres Mazahuas por la Defensa del Agua por el despojo de agua por el sistema Cutzamala (Watts, 2015). En la Ciudad de México, en 2014, en San Bartolo Ameyalco, surgió una lucha por la extensión del sistema Lerma-Cutzamala, por miedo a la contaminación del agua local y porque se pretendía que la obra fuera utilizada para desviar el agua a la colonia de Santa Fe, esta localidad actualmente continúan sufriendo de escasez, pero otras colonias resolvieron el problema de suministro (Tourliere, 2015 y Gómez, 2016). Y más recientemente, en 2016 hubo un descontento social por el desperdicio del agua del acuífero superficial de la ciudad por una inmobiliaria –caso Azteca 2015- (Zambrano y Canteiro, 2016) Mientras que, respecto a las aguas residuales también se presentaron conflictos sociales en el Valle del Mezquital<sup>26</sup> en el Estado de Hidalgo, sobre todo en torno al emplazamiento de infraestructura para su tratamiento.

La planta de Atotonilco, que ya está en funcionamiento, es una iniciativa que permitirá tratar el 60% de las aguas residuales del Valle de México, con una capacidad de 35 m<sup>3</sup>/s (Cruz, 2011 y Luegue, 2016). En 2011, la Unión Productora Agrícola y Ganadera de las Aguas para Riego denunció una reducción del flujo de aguas residuales -hasta dos tercios-, y en 2013, alrededor de 75,000 productores protestaron nuevamente contra la falta de aguas residuales (Cruz 2011; Montoya 2013; Delgado-Ramos 2015; Watts 2015). Además, el Consejo de Usuarios en Defensa de Aguas Negras

---

<sup>26</sup> Localizado en la cuenca del río Tula.

exigió que el Congreso local solicite a la Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- la presentación de un documento oficial que pueda garantizar un volumen libre de aguas residuales para sus tierras de cultivo equivalente al volumen actualmente utilizado (Delgado-Ramos, 2015; Watts, 2015). Más recientemente, en 2015 se dieron una serie de clausuras a la planta de tratamiento por el gobierno municipal por la falta de aclaración en el pago de licencias para la construcción, por lo que se prevé que para el 2018 funcione al 100% al concretarse la construcción del TEO (González, 2015; Lueg, 2016; Martínez, 2016).

Si bien los hñähñü han querido un agua sin contaminantes, el conflicto con la Planta de tratamiento de agua de Atotonilco no sólo está en torno a la preocupación de obtener el agua residual gratuita como desde hace tiempo. La preocupación del pueblo hñähñü también está en relación a los altos precios que el agua tratada tendrá, lo cual puede generar que algunos sectores no pueda pagarla y se reflejará en una desigualdad de acceso (Watts, 2015). No obstante, el conflicto recae principalmente en la ausencia de un mecanismo de participación ciudadana, en donde la población pueda ser consultada e informada.

Enfocándonos en la parte del suministro de agua a la ciudad, las fuerzas gubernamentales han tenido que resguardar en diversos momentos históricos las obras de infraestructura que captan, distribuyen y desalojan el agua (Perló y González, 2005). Igualmente, algunos funcionarios han amenazado con “cerrar la llave” para impedir que el agua que consideran propiedad de su estado, beneficie a entidades político-administrativas vecinas; tal es el caso de las tensiones entre la Ciudad de México y el estado de México en relación al sistema Chiconautla en 2009<sup>27</sup>. Otro caso reciente es el sistema Cutzamala, en el que un grupo de mujeres mazahuas con fusiles de madera en mano, ocuparon la mayor planta potabilizadora del sistema para exigir al Gobierno Federal el cumplimiento de una indemnización (Watts, 2015). Por esta situación, no es raro que exista en la estación de bombeo llamada Los Berros –parte del sistema Cutzamala- una base militar. Aún se mantiene la amenaza de bloquear el abastecimiento de este sistema a la Ciudad de México, poniendo a la ciudad en un estado de vulnerabilidad.

---

<sup>27</sup> Ver más en <https://agua.org.mx/piden-a-pena-nieto-evitar-cierre-del-sistema-chiconautla/>

Podemos decir que se ha combatido la naturaleza del agua expulsándola para siempre de la cuenca, al mismo tiempo que se ha tenido que resolver la urgente necesidad de mayores caudales de agua para suministrar a la población, buscándola también más allá de nuestras fronteras geográficas y administrativas. El paradigma hídrico imperante en la Ciudad de México, visto desde el contexto histórico, ha sido expulsar el “excedente” de agua, resolver la escasez mediante la importación de agua de cuencas vecinas, y menospreciar el reúso del agua dentro de la cuenca. Antes se hablaba del desagüe de un “excedente”, ahora se habla de una escasez del agua, y aún se sigue drenando un “excedente”, el cual lleva riesgos a otras cuencas -agua contaminada, malos olores, enfermedades gastrointestinales, etc.-. En la Figura 10, se muestran los principales eventos en la dicotomía suministro-desagüe, y algunas implicaciones de la toma de decisiones respecto a la gestión del agua en la ciudad.

En relación a esta trayectoria histórica del agua en la Ciudad de México, también es importante conocer cuáles son las instituciones que han estado a cargo de la gestión del agua en la ciudad y cómo la participación ciudadana se ha integrado en la gestión. Cómo estas instituciones han evolucionado, cómo han cubierto las nuevas demandas ciudadanas y han asumido las responsabilidades gubernamentales, y cómo se han vinculado con la sociedad. En el siguiente capítulo, si bien no se aborda la historia institucional y sus cambios, se mencionan de manera general las instituciones encargadas de la gestión del agua en la ciudad actualmente, ello con el objetivo de presentar un marco institucional general, y resaltar a algunos de los principales actores en la gestión del agua en la Ciudad de México.

Finalmente, la aceptación pública de megaproyectos relacionados con el agua, parece ser fabricada a través del discurso político mediante la combinación de la amenaza de un desastre natural, y las aún persistentes ideas del desarrollo y crecimiento económico difundidos en medios de comunicación. Se ha construido así, un consenso en torno a una crisis planteada por la naturaleza. Las condiciones de vulnerabilidad de la ciudad ante inundaciones y una escasez, que se ha postergado para algunos sectores de la población, ha influido en las políticas y en el diseño de la infraestructura hídrica de la ciudad lo que se refleja también en la proporción de recursos hídricos que la ciudad utiliza. Todos los proyectos han tenido un impacto, tanto económico y ambiental, como social.

Así, González (2009) identifica tres momentos discursivos que acompañan las acciones y estrategias en el manejo del agua: la burocracia hidráulica –*Tláloc*-, reivindicación –*atépetl*- y sostenibilidad –sostenible-. La burocracia hidráulica, dadora de agua benefactora del pueblo. Refleja la idea de desarrollo y modernización del país, y la cultura ingenieril: se formula un problema y se plantea una solución mediante infraestructura, por ejemplo el sistema Lerma. El desarrollo de la infraestructuras hidráulica, se vio acompañado de la reivindicación de la propiedad originaria de la tierra, el agua, los bosques de las comunidades indígenas para defenderse de un despojo presente o futuro. Y más recientemente, el discurso de lo sostenible originado desde el campo internacional, que focaliza la gestión integral de los recursos hídricos. González (2009) señala que “lo sostenible es una formación discursiva tecnocrática, pues plantea que la aplicación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico permitirá un manejo más adecuado del agua”, no obstante, para mí también involucra una nueva cultura del agua.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Consumo responsable, y concientización del impacto ambiental y social, entre otros.

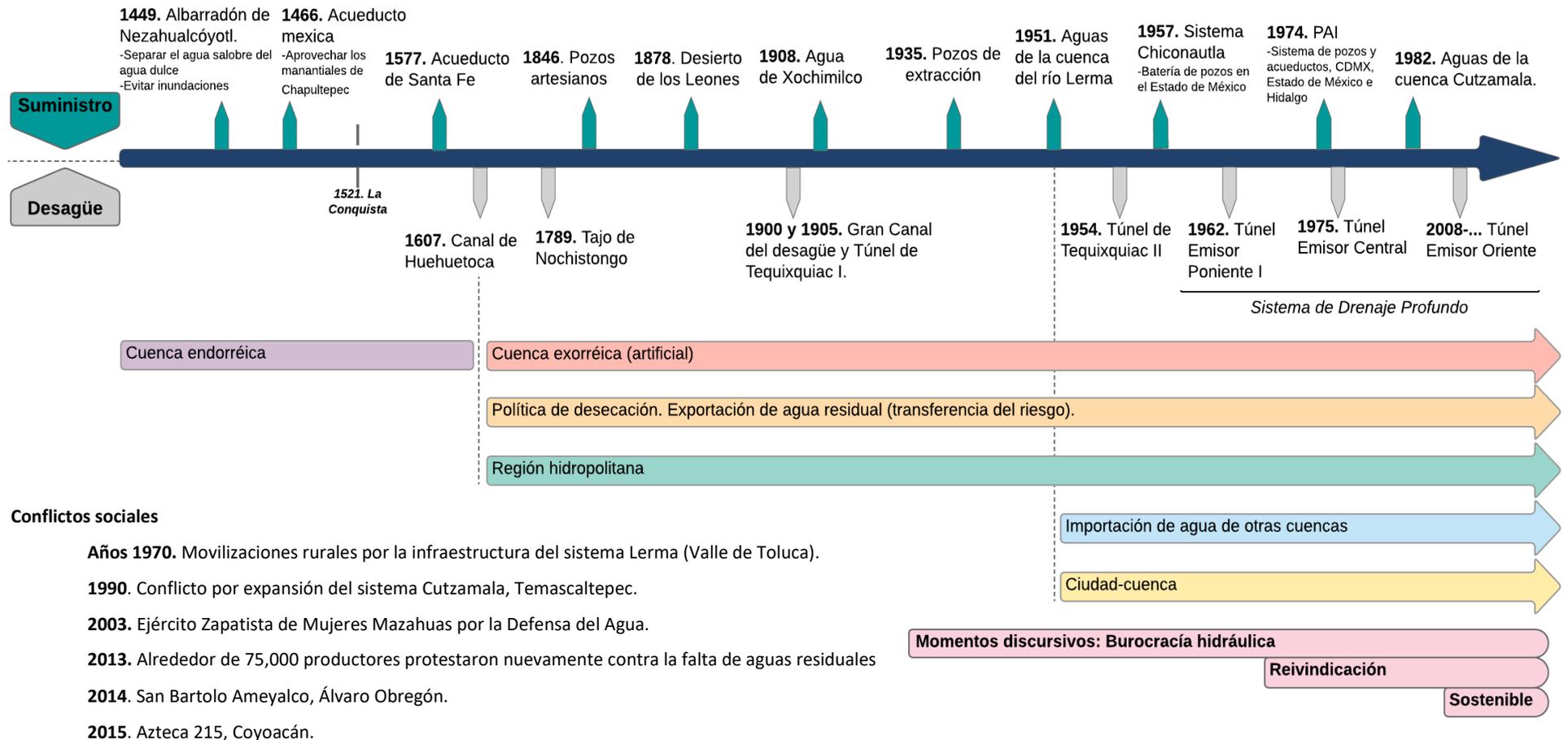


Figura 10. Eventos históricos más relevantes, implicaciones y el cambio de discurso en torno al sistema de suministro de agua en la Ciudad de México. Basado en Perló y González, 2005; Kaika, 2006; Legorreta, 2006; González et al., 2011; Aguilar et al., 2007; Peña, 2012.

## 2.4 Principales actores de la gestión del agua en la Ciudad de México

La concepción de sostenibilidad debe considerar la legislación y acciones de las ciudades, en los distintos niveles de gestión, y las instituciones involucradas en la gestión del agua. El suministro de agua a la Ciudad de México implica una compleja estructura administrativa, en la que interactúan organismos de diferentes niveles: nacional –federal-, regional, estatal y local (Figura 11). Con el esquema institucional en materia del agua podemos abordar las preguntas ¿quién define los objetivos?, ¿cuáles son sus propósitos?, ¿quién financia?, y ¿qué incentivan?

Ostrom asume que las poblaciones humanas ejercen presión sobre los sistemas naturales, pero estas presiones son mediadas por las instituciones en juego, de ahí que los bienes de uso común -categoría aplicable a la mayoría de los sistemas y recursos naturales-, enfrenten las condiciones de mayor “fragilidad institucional”, que derivan tanto de presiones de apropiación como de retos de provisión<sup>29</sup> (Ostrom, 2011), este es el caso del agua. La gran complejidad de estos procesos requiere que su gestión incluya la coordinación de actores, que trabajan en distintas escalas y poseen distintos derechos, y sistemas de gobernanza “policéntricos” (Merino, 2014).

El esquema de los niveles de gestión al agua, en un supuesto, está en función al derecho al agua decretado: "toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sostenible de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines" (Art. 4 Constitucional).

En México hay una concurrencia en materia del agua porque existen competencias federales, estatales y municipales, involucradas en su gestión (Art. 115 Constitucional). En

---

<sup>29</sup> El nivel de “sustractabilidad” o rivalidad en el uso de un bien se refiere al impacto que el uso de un recurso o sistema que realiza un individuo o un grupo con el uso potencial por de otros, relacionado con la finitud de las unidades de los recursos. Mientras que las condiciones de “provisión” se refieren a la inversión -financiera, de tiempo, conocimiento, supervisión y trabajo- necesaria para mantener los sistemas de recursos y su productividad (Merino, 2014).

relación a las leyes y la normatividad que rigen la gestión, es relevante mencionar al Congreso de la Unión. El Congreso, “tiene la facultad de dictar leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal” (Art. 73 Constitucional), por ejemplo la Ley de Agua Nacionales (LAN)<sup>30</sup>. En este mismo sentido, en la Ciudad de México la Asamblea Legislativa del Distrito Federal es la encargada de decretar las leyes de observancia general para la ciudad, como fue el caso de la Ley de Agua y Sostenibilidad Hídrica (LASHCDMX) y la anterior Ley de Aguas del Distrito Federal (LADF)<sup>31</sup>. Así, las instituciones y acciones en materia del agua de la ciudad, quedan delimitadas por las leyes decretadas tanto por el Congreso de la Unión como por la Asamblea Legislativa del Distrito Federal.

En relación a la influencia internacional en la gestión del agua, el Senado de la República es el encargado de aprobar los convenios internacionales. Esto es importante, porque el Senado controla las medidas a implementar para dar cumplimiento a los convenios, si es que existe una voluntad política, en este caso en temas del agua. Es decir, influye en la determinación de aceptar o rechazar los proyectos hidrológicos. Esto es relevante, porque tiene un impacto en direccionar la gestión de las instituciones locales para el cumplimiento de los convenios aprobados. Y aunque los acuerdos internacionales no son de carácter obligatorio, tienen relevancia en su consideración por el costo político que implica para un país

En otro tema, considero que uno de los actores clave en la planeación hídrica en la ciudad, es particularmente la Cámara de Diputados. Es relevante mencionarla porque, aunque muchas veces está implícita o resulta obvia, se encarga de otorgar el presupuesto para los proyectos en la ciudad, ya sean proyectos hídricos u otros<sup>32</sup>. La Cámara de Diputados asigna

---

<sup>30</sup> La Ley de Agua Nacionales “es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable” (Art.1 LAN).

<sup>31</sup> Actualmente, la nueva LASHCDMX es el documento base para la gestión del agua en la ciudad, y “tiene por objeto regular la gestión integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos prioritarios de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales” (Art.1 LASHCDMX).

<sup>32</sup> El Congreso de la Unión, “tiene la facultad de establecer las contribuciones sobre el aprovechamiento y explotación de los recursos naturales comprendidos en los párrafos 4º y 5º del artículo 27”, uno de ellos el agua (Art. 73 Constitucional).

el presupuesto de egresos a la Ciudad de México, y a través de la Asamblea Legislativa de la ciudad, se reparte el presupuesto a cada una de sus dependencias y a los órganos desconcentrados, uno de ellos el Sistema de Aguas de la Ciudad de México –SACMEX- (CDMX, 2016). Mientras que las tarifas tabuladas para el uso doméstico, no doméstico y mixto, como el incremento de las cuotas anuales, las autoriza la Asamblea Legislativa de la Ciudad de México<sup>33</sup> (SACMEX, 2016).

Al mencionar el origen del presupuesto, me interesa resaltar el gran poder político concentrado en materia financiera, porque es la Cámara de Diputados, y en parte la CONAGUA a nivel Federal, quienes tienen gran influencia en qué proyectos se aprueban o no, ya que están demarcados por la asignación del presupuesto, que no siempre está vinculado con las demandas o necesidades de la sociedad. También, resalta la gran dependencia a nivel federal de la ciudad para poder gestionar el agua y obtener subsidios.

A nivel federal, la planeación en materia del agua y la preservación de las aguas nacionales, está a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016a). La Comisión Nacional del Agua –CONAGUA- se encarga del diagnóstico hidráulico, lineamientos estratégicos, formulación de programas hídricos, implementación y seguimiento. Desde una visión de gestión de cuencas, se han establecido Consejos de Cuenca en búsqueda de lograr una mejor administración del agua y facilitar la coordinación de las políticas y programas hidráulicos entre los tres niveles de gobierno. Los Consejos de Cuencas buscan la conservación y restauración integral de los recursos de las cuencas a través de un ordenamiento de los diversos usos del agua.

Con los Consejos de Cuenca se ambiciona la conciliación de objetivos, metas, estrategias, políticas, programas, proyectos y acciones, entre la autoridad federal del agua, los gobiernos estatales, municipales y locales, junto con los representantes de los usuarios del agua de la respectiva región hidrológica, así como los diversos grupos y organizaciones de la sociedad (Art. 13 BIS 1, LAN). En este nivel, también se resalta la participación de universidades y/o

---

<sup>33</sup> En la nueva Constitución de la Ciudad de México esta Asamblea pasará a ser la I Legislatura del Congreso de la Ciudad de México.

centros de investigación. Los Consejos de Cuenca se conforman por vocales de los tres niveles de gobierno, y los vocales de los usuarios del agua por tipo de uso. Los vocales de los usuarios del agua, se eligen a través de una asamblea general de Usuarios, en donde participan comités locales y subregionales y la sociedad civil organizada. Idealmente, cada Consejo de Cuenca debe desarrollar y aprobar sus propias reglas, establecen el mecanismo de trabajo y de elección del Presidente del consejo (CONAGUA, 2016a).

En relación a lo anterior, se pretende que los Consejos de Cuenca sean un mecanismo para incorporar la participación ciudadana en la gestión del agua. Desde una perspectiva de toma decisiones *top-down* y *bottom-up*, estos consejos toman un papel clave porque coordinan la participación de los tres niveles de gobierno con los usuarios de distintos sectores y la sociedad, y porque existe una igualdad de votos entre sus integrantes. Esto también integra la visión de una gestión descentralizada. Por otro lado, además de los Consejos de Cuenca, no hay otro órgano de gestión del agua que involucre la participación ciudadana y la acción colectiva, que se relacionaría con una gestión *bottom-up*. No obstante, los Consejos de Cuenca son a nivel de cuenca hidrológica lo que supondría que no existe un mecanismo de coordinación de la acción colectiva y participación ciudadana a nivel de la ciudad. Aquí es donde las Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y Asociaciones Civiles (A.C.) toman un rol importante.

En los Consejos de Cuenca se incluyen los Organismos de Cuenca. Estos son una unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al titular de CONAGUA –nivel federal-, es decir, son de carácter técnico e índole gubernamental, lo que implica una gestión *top-down*. Estos organismos, emiten las estadísticas en relación a la gestión del agua a nivel de cuenca hidrológico-administrativa. Una discrepancia es que, mientras que los Consejos de Cuenca corresponden a la delimitación hidrológica, los Organismos de Cuenca corresponden a la delimitación hidrológico-administrativa (CONAGUA, 2016a).

Para el presente caso de estudio, compete el Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM) de la región hidrológica 26, y el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM), que corresponde la región hidrológico-administrativa XIII. Territorialmente el OCAVM

comprende las cuencas del Valle de México y Río Tula, y además, considera el Sistema Cutzamala. Se incluye 61 municipios del Estado de México, 39 municipios del estado de Hidalgo, 4 municipios del estado de Tlaxcala y las 16 delegaciones políticas de la Ciudad de México (CCVM, 2016). El OCAVM atiende el suministro de agua dentro del Valle de México a través del PAI y el sistema Cutzamala (Tabla 1).

**Tabla 1. Operados de los sistemas de abastecimiento de agua de la Ciudad de México. Fuente: CCVM, (2016); Escolero *et al.*, (2016).**

<b>Sistema de suministro</b>	<b>Operador <i>Institución</i></b>
Sistema PAI	CONAGUA-OCAVM
Sistema Cutzamala	<i>Gerencia de Aguas del Valle de México</i>
Sistema Lerma Pozos SACMEX Captación de manantiales Río Magdalena Batería Chiconautla	SACMEX

Sumándose a la gestión del agua, particularmente en la Ciudad de México, a partir del año 2003 entró en funcionamiento el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX),<sup>34</sup> con el fin de lograr una eficiente distribución de los servicios hidráulicos en la ciudad. Con la nueva LASHCDMX, el SACMEX pasó de ser un órgano desconcentrado a un organismo descentralizado de la Administración Pública de la Ciudad de México, sectorizado a la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). El SACMEX “tiene personalidad jurídica y patrimonio propio, cuenta con autonomía de gestión, y se reserva únicamente a la Junta de Gobierno el establecimiento de las políticas y lineamientos necesarios para lograr el adecuado manejo y administración de sus bienes para el cumplimiento de su objeto” (Art. 7 LASHCDMX).

<sup>34</sup> Se fusionaron la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF).

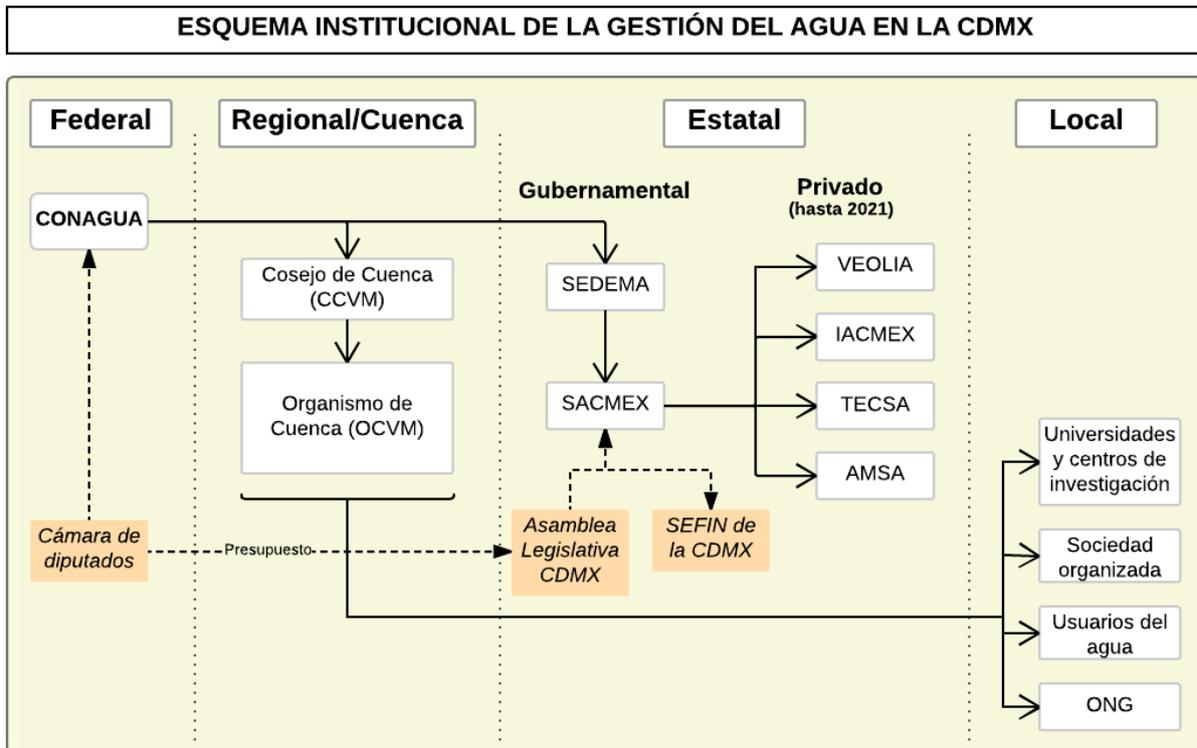
El objeto principal del SACMEX es “la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público prioritario de agua potable, drenaje, alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales” (Art. 7 LASHCDMX). El SACMEX atiende el suministro de agua de la Ciudad de México encargándose del sistema Lerma, la captación de manantiales, el río Magdalena, y los pozos dentro de la ciudad, a excepción de la batería Chiconautla localizada en el Estado de México (Tabla 1).

Además de las mencionadas atribuciones, al SACMEX corresponde analizar y proponer al Gobierno de la Ciudad de México los montos para el cobro de derechos de los servicios de agua potable, agua residual tratada, descargas de aguas residuales y demás servicios hidráulicos que proporciona, así como presentar programas de financiamiento, de inversión y de endeudamiento para proyectos de construcción, conservación y mantenimiento de infraestructura hidráulica (SACMEX, 2012a). Es a través de la Secretaría de Finanzas (SEFIN), que se recauda los pagos por el servicio del agua, y además, parte de las correspondencias de esta secretaría, es la programación, el presupuesto y evaluación del gasto público de la ciudad (SEFIN, 2017). Los ingresos provenientes del cobro de tarifas, se complementan con subsidios de origen federal y de la ciudad, así como con los recursos que aportan otras entidades para la realización de obras metropolitanas.

Por otro lado, en la Ciudad de México la prestación de servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado se concesionó a empresas privadas y, en su caso, el de tratamiento y reúso de agua residual recientemente con una prórroga en 2016. Las empresas concesionadas se encargan de la prestación de servicios en áreas particulares de la Ciudad de México. Ésas son:

- *Proactiva Medio Ambiente VEOLIA, S.A. de C.V.*: se encarga de la gestión del sistema comercial del agua en tres delegaciones de la Ciudad de México -Azcapotzalco, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero-. En total atendían a 2.4 millones de personas.
- *Industrias del Agua de la Ciudad de México, S.A. de C.V.*: brinda servicio a la delegación Venustiano Carranza, Iztacalco, Benito Juárez, Coyoacán. Con un total de 1.8 millones de habitantes y 519 mil usuarios.

- *Tecnología y Servicios de Agua, S.A. de C.V.:* da servicios a la delegación Iztapalapa, Tláhuac, Xochimilco, y Milpa alta. Con 2.8 millones de habitantes y 527 mil usuarios.
- *Agua de México, S. A. de C.V.:* brinda servicio a la delegación Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, y Tlalpan. En total atendían a 2.5 millones de personas y cobraban el 38% de la recaudación total de la ciudad.



**Figura 11. Esquema de principales actores de la gestión del agua en la Ciudad de México en distintas escalas.** CONAGUA: Comisión Nacional del Agua; CCVM: Consejo de Cuenca del Valle de México, y el OCAVM: Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México; SACMEX: Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SEFIN: Secretaría de Finanzas; VEOLIA: Proactiva Medio Ambiente, IACMEX: Industrias del Agua de la Ciudad de México, S.A. de C.V.; TECSA: Tecnología y Servicios de Agua, S.A. de C.V.; AMSA: Agua de México, S. A. de C.V.; ONG: Organismo no gubernamental.

En relación a lo anterior, la nueva Constitución Política de la Ciudad de México que entrará en vigor en 2018, señala que “el servicio público de potabilización, distribución, abasto de agua y drenaje será prestado por el Gobierno de la Ciudad a través de un organismo público con personalidad jurídica y patrimonio propio, autonomía técnica y de gestión, coordinará las acciones de las instituciones locales con perspectiva metropolitana y visión de cuenca. Este servicio no podrá ser privatizado” (Art. 16 B-4 Constitución Política de la CDMX). Es intrigante cuándo y cómo se conformará este organismo público si consideramos que las

concesiones a las empresas privadas de prestación de servicios de agua en la ciudad se prorrogaron hasta el año 2020.

Por otro lado, considero que la conformación y promulgación de la nueva Constitución de la ciudad, fue una ventana de oportunidades para cambiar trayectorias en la gestión del agua de la Ciudad de México. Me permito mencionar esto porque, se establecieron la creación de nuevos institutos y programas, como serán el Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva y el Programa General de Ordenamiento Territorial<sup>35</sup>. El primero incorpora la participación ciudadana en la gestión, un avances para la toma de decisiones de abajo hacia arriba *-bottom-up-*; mientras que el segundo, es relevante para la planeación urbana y la conservación del agua, por ejemplo para la protección de las zonas de recarga del acuífero y brindar los servicios básicos a la población. Además, se señala que “los pueblos y barrios originarios y comunidades indígenas residentes deberán ser consultados... antes de adoptar medidas administrativas o legislativas susceptibles de afectarles, para salvaguardar sus derechos”, estas consultas deberán ser de buena fe de acuerdo a los estándares internacionales (Art. 59-C Constitución Política de la CDMX).

No obstante, la participación ciudadana en la construcción de la Constitución fue limitada, si bien se aceptaron propuestas ciudadanas y se desarrollaron mesas de diálogo, sólo hubo un candidato independiente, lo cual hace suponer que el interés político se sobrepuso una vez más al interés social. Además, la Constitución de la Ciudad de México incorpora conceptos como el de vulnerabilidad, resiliencia, mitigación del riesgo, el derecho a la ciudad, y el derecho de participación política, entre otros, siendo uno de los conceptos centrales la sostenibilidad. Esto es importante, porque, puede ser que el discurso político estará en torno de estos conceptos, aunque el concepto de sostenibilidad ya ha tenido presencia desde los años 1990 en la planeación.

---

<sup>35</sup> El Plan General de Desarrollo y el Programa General de Ordenamiento Territorial: Elaborarán planes y programas de corto y mediano plazo, en concurrencia con los sectores social y privado, para desarrollo, inversión y operación de infraestructura hidráulica, agua (Art. 16 F-4a Constitución Política de la CDMX).

Como se puede observar, la planeación del agua en la Ciudad de México es dominada por una visión tradicional de arriba hacia abajo (*top-down*), aunque una iniciativa de cambiar este modelo han sido la conformación de los Consejos de Cuenca. También, existe una propuesta del Comité “Agua para tod@s... Agua para la vida” para construir un modelo que involucre una visión de gestión tanto de abajo hacia arriba (*bottom-up*) como de arriba hacia abajo (*top-down*), a través de la iniciativa ciudadana. Es un Comité en donde participan investigadores, universidades, organizadores locales, ONG, asociaciones civiles entre otros. Esta iniciativa, presentó propuestas a la nueva Ley General de Aguas establecida por la CONAGUA. Plantea la creación de fondos, planes, y nuevas instancias de planeación y gestión con participación mayoritariamente ciudadana, como por ejemplo, la creación de una Contraloría Social del Agua ciudadana para vigilar “la buena gestión” y de comisiones municipales y ciudadanizada a nivel de microcuenca y cuenca (UAM, 2013)<sup>36</sup>.

Contrapuesto con la iniciativa del Comité “Agua para tod@s... Agua para la vida”, en la nueva Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica de la Ciudad de México, se propone un nuevo organismo descentralizado de la Administración Pública de la Ciudad de México (CDMX y SACMEX, 2017). Esto involucraría que el nuevo organismo encargado del sistema de agua de la ciudad tenga personalidad jurídica, patrimonio propio, y además genere ingresos propios. Se planea que este organismo opere bajo los lineamientos establecidos en el Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos y sus indicadores de impacto social e institucional (Art. 8-II Proyecto final LASHCM).

Para la toma de decisiones, estará conformado por una Junta de Gobierno, la Dirección General, y el Consejo Consultivo, siendo la autoridad máxima la Junta de Gobierno que estará integrada por el Jefe de Gobierno y los titulares de otras secretarías (Art. 8-II Proyecto final LASHCM). Si bien se pretende la creación de un Consejo Consultivo integrado por especialistas y “representantes ciudadanos” Art. 19-VIII Proyecto final LASHCM). Aunque dice “representantes”, sólo habrá un representante ciudadano el cual será nombrado por el Jefe de gobierno (Art. 19-VIII Proyecto final LASHCM). Con respecto a lo anterior, aunque haya una descentralización, se seguirá promoviendo predominantemente la gestión de

---

<sup>36</sup> Para más detalle ver: <http://aguaparatodos.org.mx/la-iniciativa-ciudadana-de-ley-general-de-aguas/>

arriba hacia abajo, al concentrarse todo el poder de gestión en el Jefe de Gobierno de la ciudad, aunque se creó un órgano de vigilancia.

## **2.5 Algunos planes y acciones en la Ciudad de México**

Ya se mencionaron algunos de los actores involucrados en la gestión del agua en la Ciudad de México, sin embargo, es relevante mencionar los planes y programas de la ciudad en relación al agua. Es importante aclarar que, si bien es claro que existe un discurso político en torno al agua expuesto en planes y programas de la ciudad, no precisamente estos documentos se vuelven acciones concretas encaminadas a la sostenibilidad hídrica. A continuación, se describen brevemente algunos documentos que involucran temas del agua y/o sostenibilidad, como son el Plan Verde –PV-, el Programa de Acción Climática Ciudad de México –PACCM-, el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos –PGIRH-, el Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos –PSGSH-, el Plan Agua para el Futuro Ciudad de México (PAFCDMX), y más recientemente, la Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México –ERCDMX-. Además de estos programas, se describen, algunos ejemplos de acciones en temas hídricos en la ciudad. Se puede observar que existen al menos tres documentos especializados para la gestión del agua, mientras que existen al menos otros tres más que abordan al agua como un eje de acción.

En 2007, se presentó el Plan Verde de la Ciudad de México visión a mediano plazo -15 años-. Uno de sus ejes temáticos es el agua, en donde se busca lograr una “autosuficiencia hídrica no sólo mediante algunas ampliaciones de pozos y la construcción del Emisor Oriente, sino con la creación de una cultura de ahorro y cuidado del agua” (SEDEMA, 2011). La meta No. 8 del plan, es construir infraestructura de contención del suelo de conservación para lograr mayor recarga y evitar la erosión y el azolve del drenaje; la construcción y rehabilitación de pozos de absorción; y reducir el número de usuarios informales del pago por el servicio de abastecimiento de agua (SEDEMA, 2011).

El PV se enfoca principalmente en campañas sobre el control de fugas domiciliarias, la instalación de muebles sanitarios de bajo consumo y accesorios ahorradores de agua en los hogares. Además, buscaba fomentar el tratamiento de aguas residuales, parte destinada para la recarga artificial del acuífero, y la construcción de plantas de tratamiento y la

recuperación del paisaje lacustre en Tláhuac y Xochimilco. Con base en los reportes del plan en 2012, en temas del agua fue en donde se obtuvieron menos logros. Más adelante se describirá la situación de la Ciudad de México, y se podrá observar que aún se tienen los problemas que este plan intenta abordar, sin embargo, es una iniciativa que puso en un ámbito político la problemática del agua en la Ciudad de México.

Otro documento que aborda temas hídricos pero desde el enfoque del cambio climático es el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM). Su primer periodo fue de 2008-2012 y posteriormente se volvió a retomar para 2014-2020. En una evaluación del Centro Mario Molina, se señala que como resultado de la instrumentación del PACCM 2008-2012, “la Ciudad de México redujo sus emisiones de GEI en 4.5% respecto a su línea de tendencia, neutralizando con ello el crecimiento esperado en sus emisiones para el 2012” (CMM, 2012). Además, el Centro menciona que “el diagnóstico de trazabilidad arrojó que, en una escala de cero a diez, el desempeño del PACCM 2008- 2012 se ubica en 7.3 puntos”, es decir, es un nivel adecuado en rendición de cuentas y transparencia. Del total de medidas propuestas, 85% fueron instrumentadas y 74% cuenta con indicadores de avance. Las sugerencias del Centro para el próximo programa, estuvieron en torno a ser más eficiente el sistema de agua, la captación de agua de lluvia e instalación de biodigestores para el manejo de las aguas residuales (CMM, 2012).

Actualmente, el PACCM 2014-2020 aborda como primer eje la “Transición energética urbana y rural”. Este eje, tiene como una de sus acciones un programa de ahorro de energía eléctrica en la operación de pozos y plantas de bombeo del SACMEX. Otra acción, es un programa de supresión de fugas y rehabilitación de tuberías, el cual se aborda en el eje de “Mejoramiento ambiental”. Además, está el eje del “Manejo sostenible de los recursos naturales y conservación de la biodiversidad”, enfocado en obras de protección del suelo y agua en el área de conservación (CDMX, SEDEMA y CMM, 2014). Este programa, tiene contemplado mitigar 10 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) acumuladas para el año 2020. En 2016, el avance en la meta de mitigación fue de 3.1 millones de ton de CO<sub>2</sub> eq, esto representa un avance del 46% respecto a la meta de 2018 (CDMX y SEDMA, 2016a).

En el informe de avances al 2016 del PACCM 2014-2020, en torno a las aguas residuales menciona que en 2014 y 2015 se rehabilitaron 11 plantas de tratamiento, y en 2016, empezó a operar la planta de tratamiento de aguas residuales Río Magdalena y se puso en fase de prueba la planta Valle Verde. Para el objetivo de “construcción, rehabilitación y sustitución de agua potable”, en 2015 se rehabilitó un total de 121 km de tuberías, por lo que se considera un avance del 58% al 2020. Mientras que en relación a la reparación de fugas se considera un avance del 50% al reparar 46,658 fugas en 2015 y 2016. Mientras que en 2016, se recuperaron 709 hectáreas del suelo de conservación, con lo que se considera un avance del 100%. También, durante 2014 y 2015, se financiaron proyectos para la captación de agua pluvial para sistemas agrícolas de la ciudad; y el Instituto de Vivienda ha instalado sistemas de captación de agua pluvial en 38 unidades habitacionales; a través de estos se ha podido captar y aprovechar 720 m<sup>3</sup> de agua, permitiendo la reducción de 431 kg CO<sub>2</sub> eq, derivado del ahorro de energía utilizada para el bombeo de agua. En cuanto a la cultura del agua, desde 2014 se implementó la campaña “Cuidar el agua es cosa de to@s” (CDMX y SEDMA, 2016a).

Más específicamente en el tema hídrico, está el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, visión 20 años (PGIRH). En este programa, se plantean estrategias, acciones y metas para el manejo integral y la prestación de los servicios hidráulicos en la Ciudad de México concernientes al agua potable, drenaje, tratamiento y reúso, medio ambiente, cultura del agua y fortalecimiento institucional (SACMEX, 2012a). Este programa parte del reconocimiento de cuatro perspectivas interdependientes: servicios hidráulicos, recursos hídricos, infraestructura hidráulica, y actividades adjetivas de la institución. Tiene como meta primordial el bienestar social, económico y ambiental sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas, mediante el manejo y desarrollo coordinado del agua, suelo y recursos relacionados. Se soporta de la Ley de Aguas del Distrito Federal. En este programa se establece que, el PGIRH y los programas de prestación de servicios en relación al agua, serán evaluados conforme a lo establecido en el Sistema de Indicadores de Gestión Integral (SIGI) (SACMEX, 2012a).

Vinculado al programa anterior, el Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos 2013-2018, busca explorar alternativas tecnológicas de infraestructura y

administración, para dotar a toda la población de agua potable en forma suficiente y continua. Esto bajo un principio de igualdad y no discriminación. El programa incluye la reposición y rehabilitación de las redes de suministro y tomas domiciliarias para reducir las fugas de agua. También, incluye la rehabilitación, ampliación de plantas de tratamiento y la construcción de nuevas plantas potabilizadoras (CDMX y SEDEMA, 2016). Se deriva de este programa, el Plan Agua para el Futuro Ciudad de México (SEDEMA y SACMEX, 2014).

En 2014, se presentó el Plan Agua para el Futuro Ciudad de México. Este plan, incluye indicadores institucionales y sociales mediante los cuales se informarán los resultados de los objetivos y metas planteados en el plan. Los objetivos de este plan se proyectan para finales del 2018. Entre sus objetivos es contar con un mejor servicio, que todos los usuarios reciban agua potable de calidad, y reducir el número de colonias con alto riesgo de inundación. Además, promueve una nueva Ley de Agua y sustentabilidad para la Ciudad de México.

Otro esfuerzo es la Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México<sup>37</sup>. En temas del agua, su segundo eje es “impulsar la resiliencia hídrica como nuevo paradigma para el manejo del agua en la cuenca de México”. Se enfoca en el futuro abasto y la gestión del recurso hídrico. La visión para este eje es que “el agua en la Cuenca de México se maneje bajo una Gestión Integrada de Recursos Hídricos Urbanos (GIRHU), para responder a los riesgos e impactos asociados con el cambio climático y presiones socio-ecológicas, asegurar la equidad en el acceso, y garantizar la seguridad hídrica de los habitantes” (CDMX y 100 CR, 2016).

Si bien no es un programa pero es de gran importancia, la nueva Constitución de la Ciudad de México en sus Art. 9-F y Art. 16-B, menciona que las autoridades de la Ciudad de México garantizarán la distribución diaria y equitativa de agua de calidad e impedirán el establecimiento de industrias y servicios con alto consumo de agua. Además, dice que se adoptarán medidas para asegurar el saneamiento, conducción, tratamiento y disposición de

---

<sup>37</sup> La resiliencia es “un proceso, una forma de funcionar, que permite no sólo hacer frente a las crisis y tensiones, sino también, abordar la inmensidad de desafíos que limitan los modos de vida, y facilita mejoras en la calidad de vida” (Dodman et al., 2009). También hace referencia a la habilidad de un sistema urbano y sus redes socio-ecológicas y socio-tecnológicas, para transformarse, transitar, mantenerse y recuperar rápidamente sus funciones (socio-económicas, políticas, ecológicas, entre otras) frente a una serie de perturbaciones (Meerow *et al.*, 2016).

aguas residuales, así como su reutilización. También, busca garantizar la conservación, protección y recuperación de las zonas de recarga de las fuentes de agua, así como la inyección de aguas al subsuelo.

En cuanto a la satisfacción de las necesidades sociales, la Constitución pretende garantizar el acceso básico vital conforme a parámetros internacionales; el establecimiento de tarifas progresivas de acuerdo al consumo; la reducción de las pérdidas por fugas en las redes de distribución; y la captación individual y colectiva de agua de lluvia. Busca la elaboración y aplicación de un plan de infraestructura de largo plazo. Finalmente, señala que las actividades económicas no podrán comprometer en ningún caso la satisfacción de las necesidades de uso personal y doméstico del agua (CDMX, 2017).

De manera general, entre los programas identificados, los temas principales que abordan están en relación con el mantenimiento de la infraestructura, para disminuir las fugas de agua en la red de suministro; y además, ampliar la red de suministro de agua para garantizar un acceso al agua. Otros temas relevantes que se consideran son la cultura del agua, para disminuir el consumo y ahorrar el agua, y el tratamiento y reúso del agua residual. Temas menos mencionados, son la disminución de GEI, con respecto al alto consumo energético demandado por el sistema del agua, y el énfasis en la frecuencia del suministro del agua. No obstante, algunos temas que no figuran dentro de los planes, es un sistema de participación ciudadana (Figura 12).

Dentro de los planes se plasman algunos temas específicos. Por ejemplo, la ERCDMX y el PACCM se enfocan principalmente en la construcción de resiliencia urbana y, la adaptación y mitigación al cambio climático. El primero, también hace énfasis en lograr una seguridad hídrica. Por otro lado, el PV, el PGIRH y el PAF, aún relacionan sus acciones con la importación y expulsión del agua de la ciudad, mientras que el PGIRH señala el mejoramiento del sistema financiero a través de la autosuficiencia financiera (Figura 12).

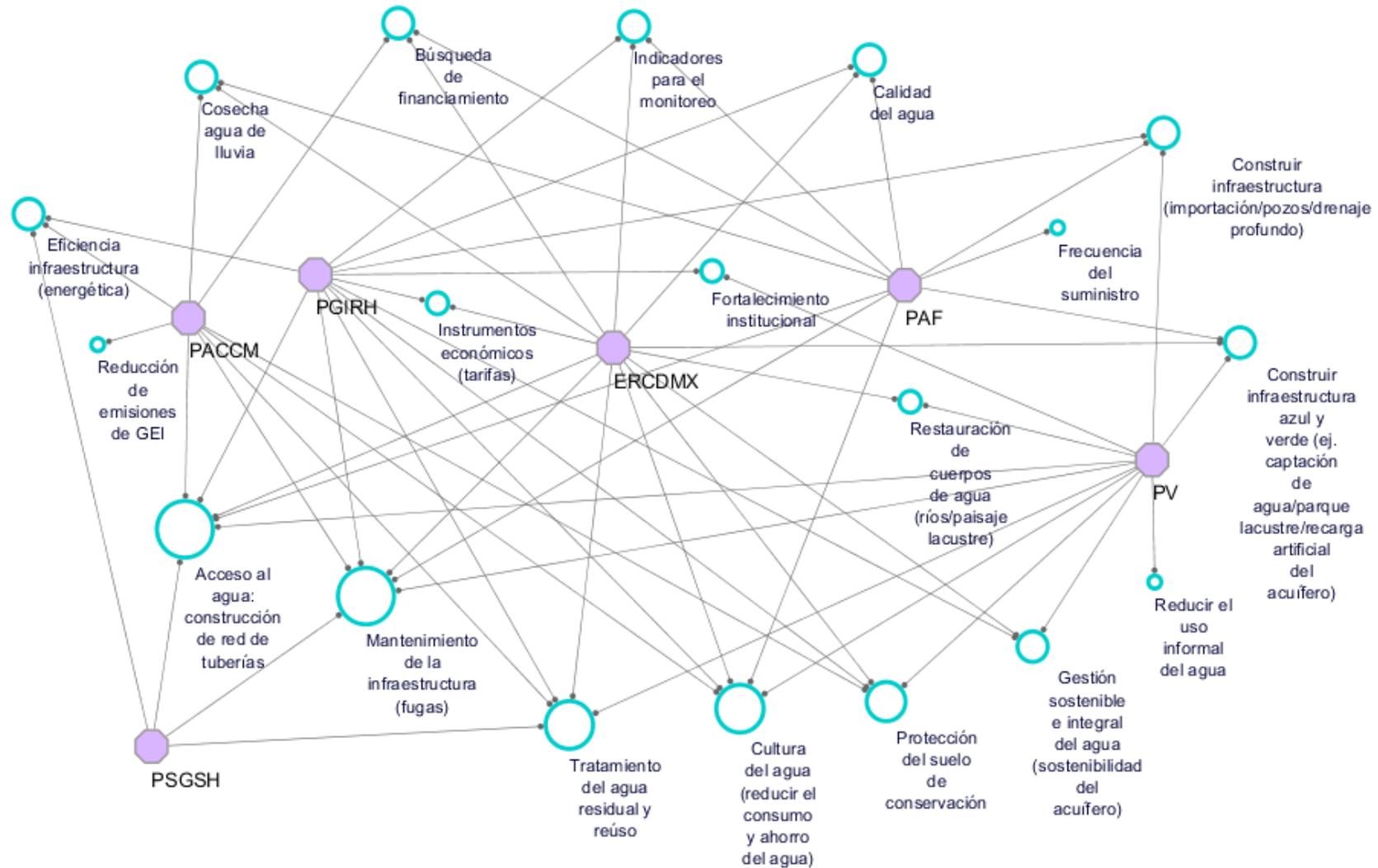


Figura 12. Temas centrales en programas relacionados con manejo del agua en la Ciudad de México. Basado en González *et al.*, 2011. PV: Plan Verde;

PACCM: Programa de Acción Climática de la Ciudad de México; PGIRH: Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos; PSGSH: Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos 2013-2018; PAFCDMX: Plan Agua para el Futuro Ciudad de México; ERCDMX: Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México. \*El tamaño se relaciona con su presencia en los documentos revisados (*indegree*).

Lo más novedoso, es que ya se incorporan planes ante riesgos e impactos asociados al cambio climático, lo que ha derivado en considerar la eficiencia energética del sistema hidráulico de la ciudad y una cultura de ahorro del agua. Esto es de gran relevancia porque incorpora una visión a largo plazo en la gestión del agua, involucrando uno de los principios de la sostenibilidad. Otros documentos que se pueden revisar, es la Ley de Aguas del D.F., el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje, el Plan maestro de agua potable del D.F. 1997-2010, la Agenda Ambiental 2007-2012, el Programa de Derechos Humanos del Distrito Federal -apartado 15 del derecho humano al agua-, entre otros.

A nivel de planeación, la mayoría de los programas están dirigidos a garantizar el acceso al agua a la población, no obstante, hace falta que este nivel, esté vinculado con acciones encaminadas al acceso equitativo del agua. Además, se observa que existe una planeación a través de programas y planes que no necesariamente se sustituyen entre sí, lo que puede propiciar a fondos fragmentados para el mismo esfuerzo, lo que resalta la falta de una coordinación institucional.

Algunas acciones son por ejemplo, el Parque Hídrico Quebradora en Iztapalapa coordinado por el Instituto de Investigaciones Sociales (IIS) de la UNAM, y el Ecoducto Parque Lineal. El Parque Hídrico Quebradora, se desarrollará como un espacio público y recreativo, diseñado para captar el agua pluvial de la zona de la Sierra de Santa Catarina para evitar inundaciones. Con este proyecto se incrementará en 35% el volumen de captación de agua al acuífero. También, mejorará la cantidad y la calidad del agua que se infiltra al subsuelo. Además de captar la lluvia, se tomará agua residual del drenaje para tratarla a través de un sistema combinado de planta anaerobia biológica y de humedales. Este parque hídrico contará con distintas infraestructuras como un centro cultural, un museo del agua, entre otros (Boletín UNAM-DGCS-092).

En cuanto al Ecoducto Parque Lineal, este proyecto pretender ofrecer áreas verdes a la ciudadanía, mientras que es funcional para el tratamiento de aguas residuales que serán destinadas para el riego. Se dará tratamiento a las agua negras entubadas en el Viaducto Río de la Piedad, las cuales tendrán un segundo proceso de depuración a través de cuatro tipos de humedales (El Universal, 2017). Este parque lineal es una iniciativa de recuperación del

espacio público y, como primera fase de recuperar los ríos entubados de la ciudad (Cordero, 2017). En cuanto a la captación de agua de lluvia, existen iniciativas como la de Isla Urbana en zonas de marginación de la ciudad, y el Instituto de Vivienda, ha instalado sistemas de captación de agua pluvial con los que ha podido captar y aprovechar 720 m<sup>3</sup> de agua, beneficiando a 814 casas habitación, esto permitió la reducción de 431 kg CO<sub>2</sub> eq, derivado del ahorro de energía utilizada para el bombeo de agua (CDMX, SEDEMA y CMM, 2014).

## **2.6 Crisis del agua en la Ciudad de México y su metabolismo hídrico**

En temas del agua, pocos sistemas se encuentran tan lejos de la sostenibilidad como la Ciudad de México. Las principales presiones sobre el agua en la Ciudad de México son la expansión de la mancha urbana y el aumento de la población al interior de la ciudad (SEDEMA, 2016). La Ciudad de México pasó de ser una zona lacustre a una de las mega ciudades más pobladas del planeta, con alrededor de 9 millones de habitantes<sup>38</sup>. Hasta ahora, el suministro del agua se ha realizado, como ya se dijo, comprometiendo la provisión de las siguientes generaciones, con una acelerada sobre-explotación de la principal fuente de abastecimiento de agua: el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Además, como también ya se describió, se presenta la dicotomía escasez-abundancia, esto es, en palabras de Perló (2009) "...sobra y falta agua... una ciudad que consume tanta agua como la que tira". En la Ciudad de México existe una escasez espacio-temporal del recurso hídrico, por unos meses es abundante –temporada de lluvias-, tanto que hasta se presentan inundaciones, mientras que territorialmente se encuentra localizada en una zona con baja disponibilidad de agua en relación a su densidad poblacional (CONAGUA, 2015).

Además de las limitaciones geográficas, la crisis del agua en la Ciudad de México se asocia, por una parte, a una crisis de la calidad del agua y por otra, a los acuíferos sometidos a un proceso de sobre-explotación (Peña, 2012). No obstante, otros factores que están relacionados con la insostenibilidad hídrica en la ciudad son, la disponibilidad presente y futura del agua, los conflictos sociales y políticos, los hundimientos por la extracción

---

<sup>38</sup> 8,918,653 habitantes para ser exactos, que representa el 7.5% de la población total del país, con la mayor densidad poblacional siendo esta de 5,967 hab/km<sup>2</sup> (INEGI, 2015).

intensiva de agua subterránea, la importación del agua, y el deterioro ambiental de las áreas de captación de agua superficial y de recarga de los acuíferos (Burns, 2009; González *et al.*, 2011; Escolero *et al.*, 2016).

Existe una acentuada vulnerabilidad en la Ciudad de México ante la disponibilidad de agua, siendo una de las razones la dependencia de fuentes de abastecimiento externas (CDMX, SEDEMA y CMM, 2014). A esta situación actual de alta vulnerabilidad se debe agregar los efectos del cambio climático. El PACCM menciona una reducción en la disponibilidad natural del agua entre 13% y 17% por el cambio climático en la Ciudad de México para 2050, por agravantes como: periodos de lluvias más intensas, incremento en los caudales máximos, aumento en la erosión, reducción de la infiltración y disminución del flujo base (Escolero, 2009 en CDMX, SEDEMA y CMM, 2014). Resalta los casos del Sistema Cutzamala, y a los acuíferos de la ZMVM.

En contraste, las autoridades de la Ciudad de México, actualmente consideran tres principales políticas para mejorar la gestión del agua en la cuenca: la recarga artificial, la estructura tarifaria del agua, y la importación del agua (González *et al.*, 2011; Escolero *et al.*, 2016). Así, González *et al.* (2011) mencionan que, la escasez de agua que padece la Ciudad de México no es una escasez natural, sino que tiene que ver con la constante expulsión que se continúa haciendo de las aguas pluviales y residuales. A continuación, se describe con más detalle algunos aspectos de las condiciones actuales de la ciudad en relación al agua.

### ***Disponibilidad del agua, sobre-explotación e implicaciones***

Los flujos naturales de agua que proporcionan los ríos o que están almacenados en lagos y acuíferos, así como la relación precipitación- evaporación, definen los parámetros de la disponibilidad del agua (CONAGUA, 2012; SEMARNAT, 2013). La Ciudad de México, debido a su ubicación geográfica, que corresponde a la región hidrológico-administrativa XIII -Aguas del Valle de México-, está catalogada en condición de escasez<sup>39</sup>. Mientras que la

---

<sup>39</sup> Es una condición de escasez cuando existen niveles de agua menores a 500 m<sup>3</sup>/hab/año (CONAGUA, 2015).

disponibilidad natural promedio de agua<sup>40</sup> en el país es de 3,982 m<sup>3</sup>/hab/año, en la Ciudad de México es solamente de 152 m<sup>3</sup>/hab/año, cifra que denota su estado de gran estrés hídrico (SACMEX, 2016 en SEDEMA y 100RC, 2016). La región se enfrenta a la más baja disponibilidad de agua per cápita y la densidad de población más alta del país (CONAGUA, 2015). Esto se ha derivado en otra problemática, la sobre-explotación del acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)<sup>41</sup>.

La extracción de agua subterránea ha superado la capacidad de recarga por infiltración<sup>42</sup>. De acuerdo con la CONAGUA (2012), el volumen concesionado de agua en toda la región XIII, es de 38.87 m<sup>3</sup>/s, con una recarga de 16.2 m<sup>3</sup>/s, que resulta en un déficit de 22.67m<sup>3</sup>/s, lo que ha derivado en la sobre-explotación del acuífero. De acuerdo a Tortajada y Castelán (2003), el acuífero ZMCM presenta una sobre-explotación de 25 m<sup>3</sup>/s, y de acuerdo a Burns (2009), esta sobre-explotación es de 41 m<sup>3</sup>/s. Si observamos particularmente el caso de la Ciudad de México, de acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA, 2017 [julio]), en la Ciudad de México están concesionados para el uso de las aguas superficiales 9.8 m<sup>3</sup>/s, y para las agua subterráneas 25.79 m<sup>3</sup>/s, sumando 35.59 m<sup>3</sup>/s. Este volumen concesionado es muy

---

<sup>40</sup> “La disponibilidad natural del agua depende fundamentalmente del balance entre el agua que entra al sistema por medio de la precipitación y de lo que se pierde por la evaporación en los cuerpos de agua y por la evapotranspiración vegetal. La diferencia entre lo que llueve y se evapora puede escurrir superficialmente (en arroyos y ríos), almacenarse en los cuerpos de agua superficiales, o bien, llegar al subsuelo y recargar los acuíferos” (SEMARNAT, 2013).

<sup>41</sup> Como explican Zambrano y Canteiro (2016), “existen al menos cuatro acuíferos en la ciudad que posiblemente estén interconectados. El primero, que se detectó en Mixhuca a 3,000 m, y el segundo que se detectó en Iztapalapa a 1,200 m de profundidad. El tercero, es del que nos abastecemos y está entre unos 180 y 500 m de profundidad. Finalmente, el más superficial de los acuíferos está a uno metros de nosotros, este ha sido poco estudiado en ciudades”. En relación al tercer acuífero, administrativamente corresponde al acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México -clave 0901-. Está ubicado en el centro del país, en la zona suroeste de la Cuenca del Valle de México. Abarca totalmente a la Ciudad de México y parte del Estado de México, y tiene una superficie de 2,103 km<sup>2</sup>. En la Ciudad de México, el acuífero abarca totalmente a las 16 delegaciones, mientras que en el Estado de México, abarca el municipio de Tlalnepantla de Baz, y parcialmente a otros municipios. Corresponde a la Región Hidrológico-Administrativa Aguas del Valle de México (DOF, 26 de septiembre de 2016 en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5453759&fecha=26/09/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5453759&fecha=26/09/2016)).

<sup>42</sup> CONAGUA debe realizar los estudios técnicos para determinar la disponibilidad de agua en los acuíferos del país, con base en la NOM-011-CNA-2000 (CONAGUA, 2012).

cercano al volumen de disponibilidad natural promedio de agua en la Ciudad de México ( $\sim 41.93 \text{ m}^3/\text{s}$ )<sup>43</sup>.

Como ya se mencionó (*apartado 2.1*), la sobre-explotación del acuífero ha generado importantes hundimientos diferenciales en la ciudad (SACMEX, 2013). El hundimiento del terreno o subsidencia está considerado como el problema ambiental más importante de la ciudad. El antiguo lecho lacustre en el fondo de la cuenca consiste en una capa de arcillas, de 10 a 130 m de grosor, estas arcillas tienen la propiedad de ser comprimibles cuando no se encuentran saturadas de agua, lo que explica los hundimientos en la ciudad (Burns, 2009). El hundimiento de la ciudad varía entre 6 a 30 cm/año (Chaussard *et al.*, 2014). Dos terceras partes de este problema se atribuye a la extracción de agua subterránea, y una tercera parte a la impermeabilización por la urbanización (Sheinbaum, 2004).

La impermeabilización por la urbanización ha influido directamente en la cantidad de agua de lluvia que puede infiltrarse y recargar el acuífero, lo que se relaciona con la disponibilidad de agua subterránea. En la región del Valle de México, la lluvia se concentra en el periodo de mayo-octubre, con una precipitación media anual de 781 mm/año dependiendo de la zona (CONAGUA, 2017), que corresponde a  $215 \text{ m}^3/\text{s}$ . En esta región, alrededor del 70% del agua de lluvia se evapora y regresa a la atmósfera, el resto escurre por los ríos o arroyos, o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos (CONAGUA, 2012; SEMARNAT, 2013). Por lo que de estos  $215 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $152 \text{ m}^3/\text{s}$  regresan a la atmósfera al evaporarse,  $19 \text{ m}^3/\text{s}$  se infiltran y  $44 \text{ m}^3/\text{s}$  escurren, en su mayoría se dirige al drenaje (Perló, 2009; Delgado-Ramos, 2015).

Específicamente para la Ciudad de México, que tiene una superficie de  $1,485 \text{ km}^2$ , presenta una precipitación entre 600-1200 mm/año, equivalente a  $28.52\text{-}56.51 \text{ m}^3/\text{s}$ <sup>44</sup> (INEGI, 2015). La SEDEMA (2017) habla de  $21 \text{ m}^3/\text{s}$  de lluvia, siendo las zonas más altas –el suroeste– las de mayor precipitación y disminuyendo hacia el noreste de la ciudad. La pérdida del área de recarga natural en la Ciudad de México, ha conllevado a que sólo el 11% de la lluvia se infiltre al acuífero ( $4.05\text{-}6.22 \text{ m}^3/\text{s}$ ), y aproximadamente, el 55% se evapotranspira ( $19.86\text{-}$

---

<sup>43</sup> Valor obtenido a partir de  $152 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{año}$  (SACMEX, 2016 en SEDEMA y 100RC, 2016).

<sup>44</sup> Cálculo a partir de la relación  $1 \text{ mm} = 1 \text{ L}/\text{m}^2$  y  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$

30.52 m<sup>3</sup>/s), mientras que alrededor del 34% se pierda como escurrimientos urbanos en el drenaje (12.50-19.21 m<sup>3</sup>/s) (Monroy, 2013; Agua.org.mx, 2017). Considerando lo anterior, y retomando del volumen de aguas subterráneas concesionado en la Ciudad de México de 25.79 m<sup>3</sup>/s del REPDA (2017 [julio]), existe un déficit de 19.57-21.74 m<sup>3</sup>/s. Por esto, la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México señala que las partes altas de la cuenca debe ser considerada como uno de los temas prioritarios para la protección ambiental y el cuidado de las zonas de recarga (PAOT, 2015).

Uno de los servicios ambientales del suelo de conservación de la ciudad es la recarga del acuífero. El suelo de conservación tiene una superficie de 87,291 ha, que representan el 59% del territorio de la Ciudad de México (SEDEMA, 2013), sin embargo, una de las principales causas de su pérdida son los asentamientos humanos irregulares<sup>45</sup>, además de la deforestación y los cambios de uso del suelo. Según la PAOT (2015), la zona urbana se ha expandido en los últimos sesenta años a 350 ha/año. Específicamente, en el año 2000, los asentamientos humanos irregulares ocupaban el 2.2% del suelo de conservación de la ciudad, en el año 2006 el 3.10%, y para el 2010 la ocupación era de 3.17% (SEDEMA, 2013), lo que resulta en 84.67 ha/año del suelo de conservación invadidas por este tipo de asentamientos durante esos años. Asimismo, se suma una tasa de deforestación estimada en 240 ha/año (PAOT, 2015). Se calcula que para el 2030 se habrán perdido entre el 20 y 30% del suelo de conservación (PAOT, 2015). Esto se traduce en una disminución de la recarga natural del acuífero, y al mismo tiempo, una menor disponibilidad de agua subterránea.

Otro de los impactos de la sobre-explotación, es la contaminación del recurso por efecto de extracción de aguas salobres o contaminadas por arsénico, flúor y otros componentes tóxicos o dañinos para el ser humano (Peña, 2012). Diversas ONG y académicos han denunciado la mala calidad del agua en la zona oriente de la ciudad, y en algunos casos las fallas de cloración del agua en varios puntos del sur de la capital (González *et al.*, 2011). En el caso de las agua subterráneas, entre sus principales contaminantes se han encontrado sales

---

<sup>45</sup> Existen 859 asentamientos irregulares en la Ciudad de México (SEDUVI, 2017).

iónicas, nitrógeno de detergentes, fósforo, bacterias entéricas, coliformes fecales, material orgánico y metales pesados (Mazari-Hiriart *et al.*, 2000 y Jiménez-Cisneros *et al.*, 2010).

Una de las propuestas frente a la sobre-explotación del acuífero y a la subsidencia de la ciudad, es reinyectar un caudal importante del agua tratada al acuífero (Watts, 2015). Para esto, se deben construir plantas de tratamiento de nivel terciario y respetar las normas ambientales<sup>46</sup>. Y otra de las alternativa para incrementar la disponibilidad de agua, es la recarga inducida. Esta se da ya sea por medio de pozos de inyección, o bien por áreas de riego. Sin embargo, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), tiene un proyecto piloto que busca propiciar la infiltración de los escurrimientos en los cauces del llamado suelo de conservación de la subcuenca del río Eslava, en la Delegación Magdalena Contreras (IMTA, 2010). A pesar de lo anterior, aún no se considera que exista una recarga inducida hacia el acuífero (CONAGUA, 2015)

### ***Demanda y suministro de agua en la Ciudad de México***

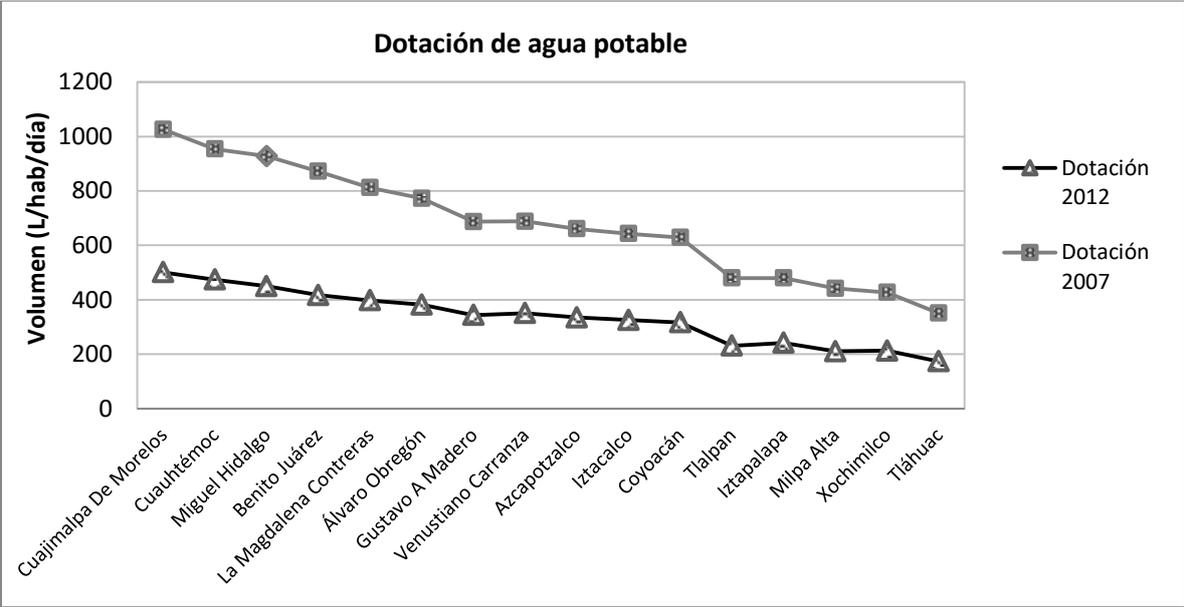
Si bien a nivel del país, existe una diferencia entre la disponibilidad del agua basada en las características geográficas, es importante resaltar que estas disparidades espaciales, se observan incluso dentro de la ciudad. Algunas zonas de la ciudad disponen naturalmente de más agua que otras, sin embargo, estas disparidades en la disponibilidad del agua se ven reducidas, y en otros casos potenciadas, por la toma de decisiones en cuanto al suministro del agua dentro de la ciudad. Con base a lo anterior, la escasez de agua –reflejada en tandeos y mala calidad del agua- perjudica principalmente a zonas de bajos recursos en el oriente de la ciudad -Tláhuac e Iztapalapa-, y zonas elevadas sobre las laderas de los cerros y montañas circundantes (Eakin *et al.*, 2016). En estos casos el agua actúa como un espejo de la desigualdad dentro de la ciudad, zonas de la ciudad con mayor Índice de Marginación Urbana (IMU),<sup>47</sup> pertenecen a delegaciones donde se extrae más agua de la ciudad, por ejemplo Iztapalapa y Xochimilco. A continuación, se profundiza un poco más en relación a estos temas.

---

<sup>46</sup> En el Diario Oficial de la Federación se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA- 2003, requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada (DOF, 18 de agosto de 2009).

<sup>47</sup> El IMU, considera indicadores de educación, salud, vivienda –agua entubada-, y disponibilidad de bienes (CONAPO, 2010).

La Ciudad de México es una de las urbes con la mayor demanda de agua de todo el mundo con 300-320 L/hab/día<sup>48</sup> (Watts, 2015; SEDEMA, 2017). Sin embargo, el suministro de agua es desigual dentro de la ciudad y ha disminuido (Figura 13). Estudios señalan que, los consumos mínimos de agua en asentamientos irregulares están alrededor de 28 L/hab/día, mientras que la estimación para las zonas de sectores medios es entre 275-410 L/hab/día, y en los sectores de mayores ingresos entre 800-1000 L/hab/día (Escolero *et al.*, 2016; SEDEMA, 2017).<sup>49</sup>



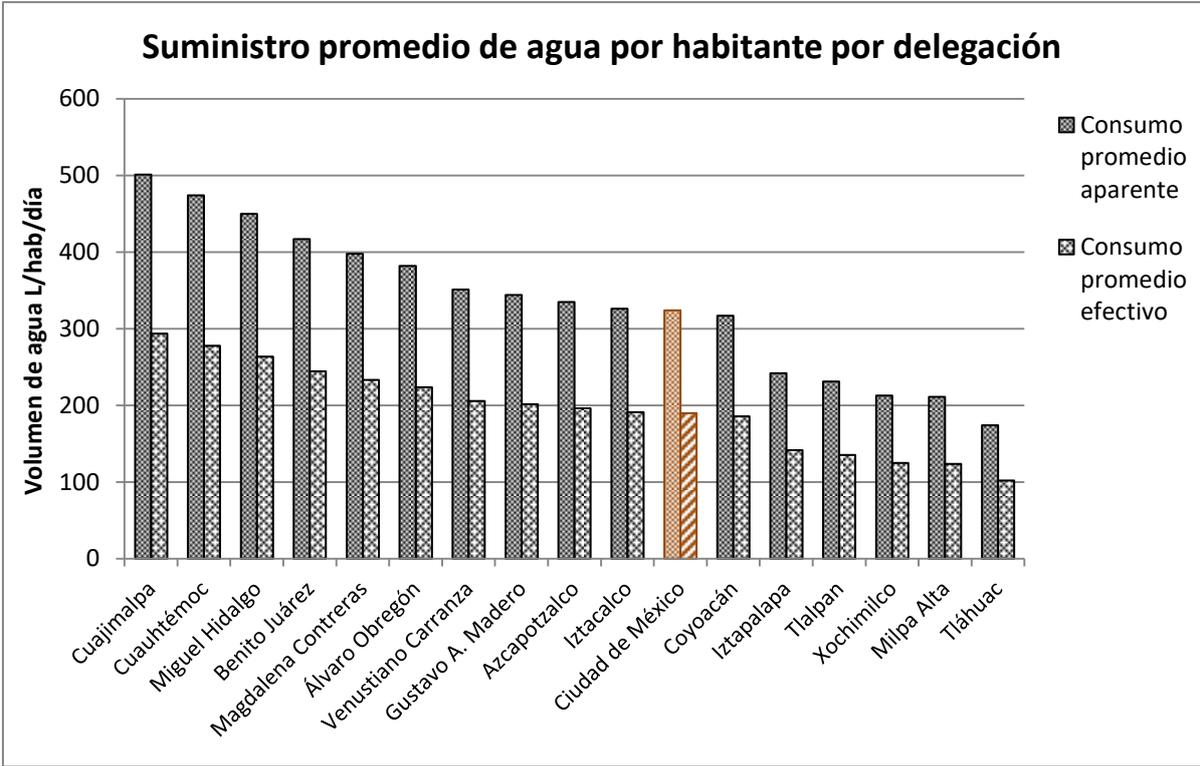
**Figura 13. Suministro de agua por delegaciones de la Ciudad de México en 2007 y 2012. Datos de INEGI, 2014 y González *et al.*, 2011.**

Con base en el suministro promedio delegacional, se puede observar que a la delegación que más se le suministra agua por habitante es Cuajimalpa, mientras que por el contrario a la que menos se suministra de agua es Tláhuac. También, se puede observar que los consumos de 8 de las 16 delegaciones están por debajo del consumo promedio efectivo por habitante de la Ciudad de México (189.86 L/hab/día) (Figura 14). Además, por otro lado, debe considerarse el consumo de las millones de personas que trabajan diariamente en la Ciudad de México y no son residentes (Watts, 2015). El SACMEX (2012), menciona una población

<sup>48</sup> Equivalente a 0.3-0.32 m<sup>3</sup>/hab/día.

<sup>49</sup> Estos consumos toman en cuenta valores de macro medición y no consumos reales.

flotante que supera los 4.2 millones de personas.<sup>50</sup> Esta población flotante también demanda servicios de agua a la ciudad.



**Figura 14. Consumo promedio de agua por delegación con respecto al consumo en la Ciudad de México en 2014. Datos de González *et al.*, 2011 e INEGI, 2014.**

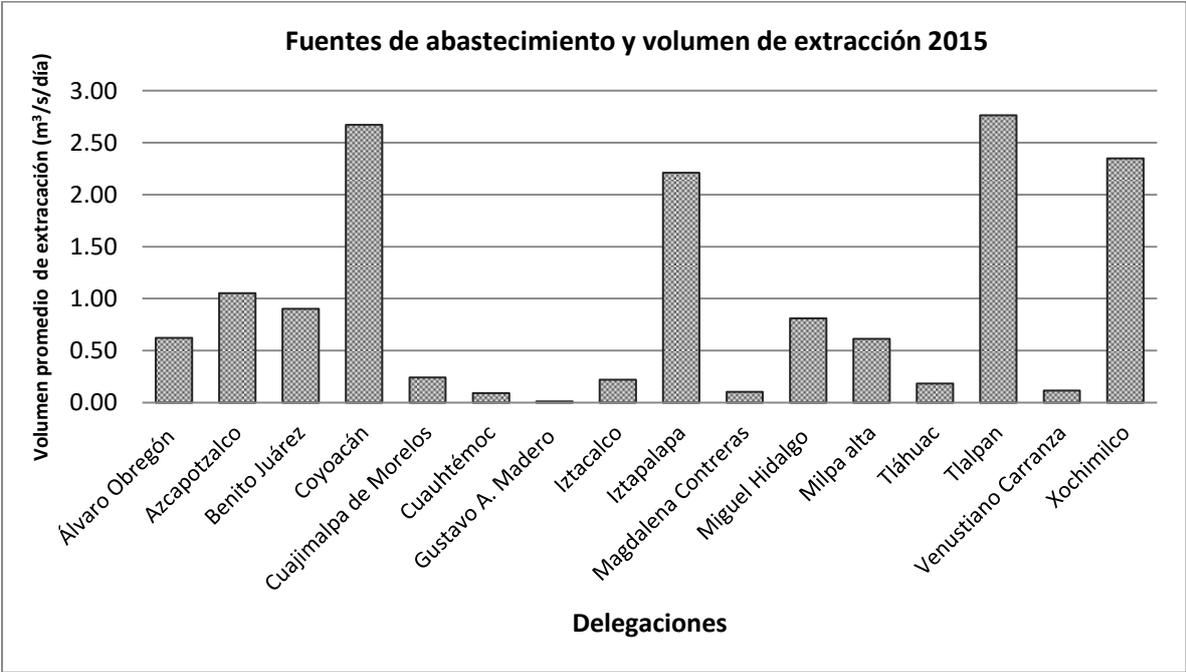
Como ya se mencionó anteriormente, con el propósito de reducir los niveles de sobre-explotación del acuífero, y abastecer de agua a la ciudad, se adoptó una política de importación de agua, convirtiendo al río Cutzamala en la principal fuente de agua superficial de la ciudad. Esto, debido a que el único río vivo en la Ciudad de México es el río Magdalena<sup>51</sup> y otra fuente superficial de agua son los manantiales del Ajusco, aunque en cantidades mínimas.<sup>52</sup> En todas las delegaciones que conforman la Ciudad de México existen sistemas de pozos de extracción de agua (TransparenciaDF, 2008). En 2015, el 66.67% del

<sup>50</sup> Personas que no viven en la ciudad pero se trasladan a ella por alguna actividad.

<sup>51</sup> Este río nace en el cerro La Palma (una zona de bosques), y desemboca en el drenaje de Coyoacán, en una trayectoria de 20 km (Tonda, 2007).

<sup>52</sup> El aprovechamiento de 18 manantiales dentro de la zona de suelos de conservación, a excepción de los manantiales Fuentes Brotantes, Peña Pobre y Santa Fe (Ecolero *et al.*, 2016).

caudal extraído de los pozos dentro de la ciudad, provenía de las delegaciones de Tlalpan, Xochimilco, Iztapalapa y Coyoacán con 10 m<sup>3</sup>/s (INEGI, 2015), muy cercano al caudal importado de la cuenca del Cutzamala (Figura 15).



**Figura 15. Fuentes de abastecimiento y volumen de agua promedio de extracción en 2015. Datos de INEGI, 2015.**

Como se muestra en la Tabla 2, el agua potable suministrada a la Ciudad de México proviene principalmente del acuífero ZMCM –de los pozos SACMEX-<sup>53</sup>, y el sistema Cutzamala, seguido de la cuenca del río Lerma-Balsas. Se suministra a la ciudad un total aproximado de entre 29.2-31.93 m<sup>3</sup>/s de agua (TransparenciaDF, 2008; SACMEX, 2012; SACMEX, 2013; Escolero *et al.*, 2016; Agua.org.mx, 2017). Por el contrario, la Ciudad de México expulsa un caudal de agua residual aproximado de 36.2-44.31 m<sup>3</sup>/s (calculado a partir de Monroy, 2013; INEGI, 2014; Agua.org.mx., 2017). De este rango, de acuerdo al REPDA (2017 [julio]), sólo está concesionado un volumen de descarga de 24.26 m<sup>3</sup>/s, por lo que la diferencia se atribuye al agua de lluvia.<sup>54</sup>

<sup>53</sup> De acuerdo al INEGI (2014a), el volumen de agua extraída en mantos del subsuelo en el año 2013 era de 20.88 m<sup>3</sup>/s.  
<sup>54</sup> No obstante, se es preciso considerar que seguramente existen descargas sin concesiones.

**Tabla 2. Fuentes de abastecimiento de agua a la Ciudad de México.**

<b>Fuente</b>	<b>Aportación (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Acuífero ZMCM	13.9	43.53 - 47.60
Sistema Cutzamala	6.7 - 9	28.19 - 22.95
Lerma-Balsas	4 - 4.4	13.70 - 13.78
PAI*	2.8 - 2.83	8.86 - 9.59
Manantiales y río Magdalena	1	3.13 - 3.42
Sistema Chiconautla	0.8	2.74 - 2.51
<b>Total</b>	<b>29.2 - 31.93</b>	

\* Correspondiente a los pozos en Barrientos (2.2 m<sup>3</sup>/s) y la Caldera (0.6 m<sup>3</sup>/s).

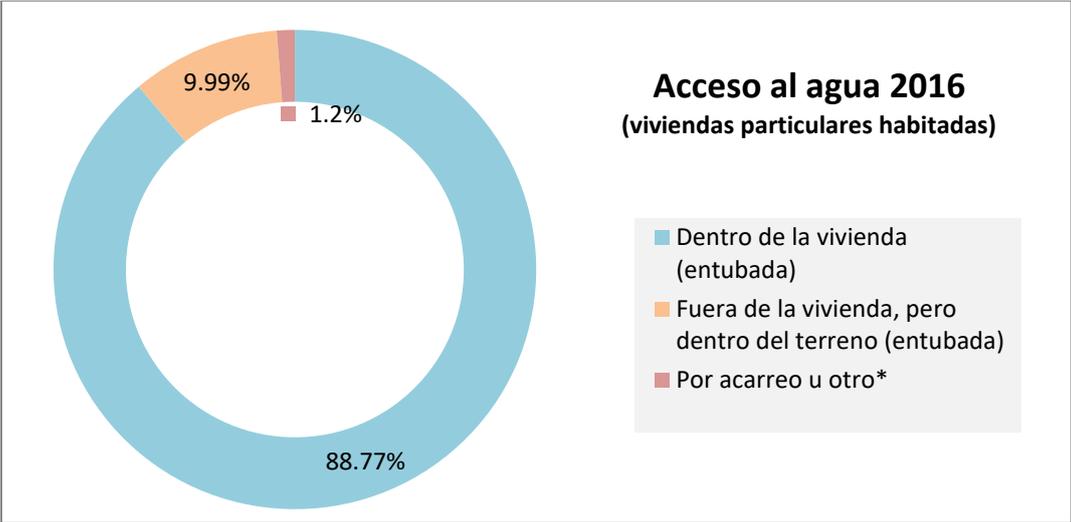
Por otro lado, alrededor del 10% del agua residual de la ciudad es tratada y reutilizada. El INEGI (2014a), señala un caudal en operación por plantas de tratamiento de agua del sector privado y paraestatal en la Ciudad de México de 3.52 m<sup>3</sup>/s en el año 2013. A partir de otras fuentes, se calcula un caudal entre 3.32-4.06 m<sup>3</sup>/s (Perló y González, 2005; Monroy, 2013; Agua.org.mx, 2017). González *et al.* (2011) señala que la mayor parte del agua tratada en la Ciudad de México se utiliza en espacios verdes urbanos (83%) y el resto es reutilizado por la industria (10%) o en alimentos urbanos periféricos (5%). Mientras que Monroy (2013), particulariza que del agua tratada, un caudal de 3.3 m<sup>3</sup>/s es destinado al riego agrícola metropolitano -Tláhuac y Xochimilco-, el llenado de canales de Xochimilco y de lagos artificiales -Chapultepec y San Juan de Aragón-.

### ***Seguridad hídrica: calidad y frecuencia.***

Otro tema es el servicio de suministro del agua otorgado, este suele ser insuficiente, irregular y de baja calidad. El acceso al agua por la población de la Ciudad de México se da principalmente por la red de servicio público, por tandeo o a través de pipas<sup>55</sup>, y la compra de agua embotellada (SACMEX, 2013; INEGI, 2015). El 88.77% de los ocupantes de viviendas particulares tienen disponibilidad de agua entubada dentro de la vivienda, mientras que el

<sup>55</sup> Camiones cisterna aproximadamente de 10 000 L.

9.99% tienen acceso fuera de la vivienda pero dentro del terreno (INEGI, 2017a).<sup>56</sup> El 1.2% de la viviendas habitadas tienen acceso al agua por acarreo (INEGI, 2017a) (Figura 16). En 2015, de este porcentaje, se tenía acceso al agua a través de pipas con el 63.49%, de un pozo el 2%, de la recolección de lluvia con el 0.28%, y de un río, arrollo o lago el 0.29% (INEGI, 2017a). Además, el 32% de la población no recibe agua suficiente para atender sus necesidades y requiere del apoyo de pipas y de comprar agua en garrafones (CDMX Y SACMEX, 2017).



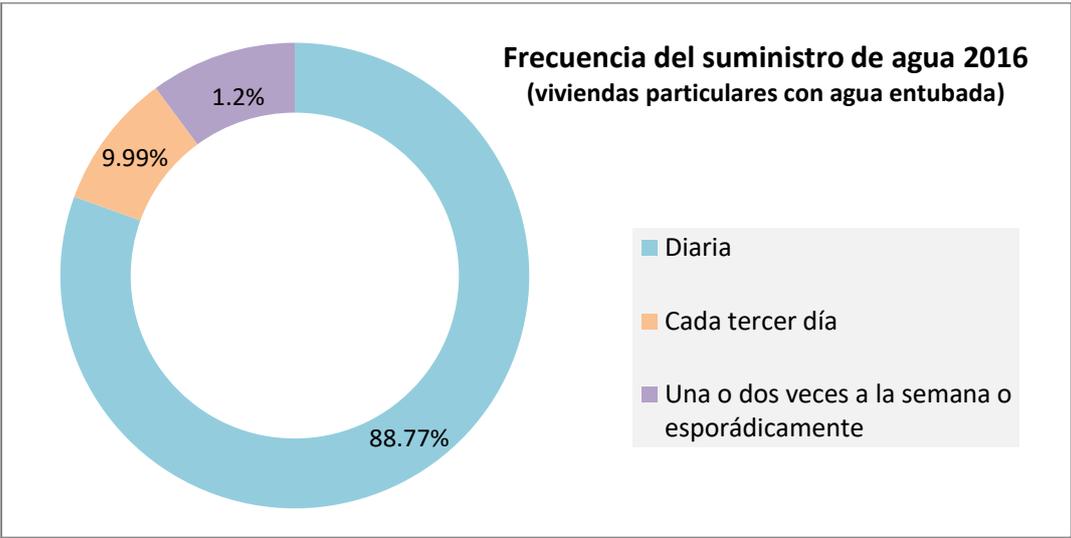
**Figura 16. Disponibilidad y acceso al agua entubada en relación a las viviendas particulares habitadas en la Ciudad de México. Datos de INEGI, 2017a. \*Incluye agua entubada de llave pública (o hidrante), acceso al agua a través de: captadores de lluvia, agua entubada que acarrean de otra vivienda, agua de pipa y agua de un pozo, río, lago, arroyo u otra.**

Con respecto a la fuente de abastecimiento, el 97.48% de la población disponen de agua entubada a través del servicio público ya sea fuera o dentro de la vivienda, el 1.05% por pipa, el 0.39% por pozos comunitarios, el 0.05% por pozo particular, el 0.17% de otros lugares y el 0.86% de fuentes no especificadas (INEGI, 2015). Aproximadamente, el 5% de la población, aún debe comprar agua de pipa, ya sea público o privado (Tortajada y Castelán, 2003). Tan solo en Iztapalapa, más de 90 colonias reciben el agua por este sistema (Escolero *et al.*, 2016).

<sup>56</sup> Ocupantes de viviendas particulares habitadas 8,912,820.

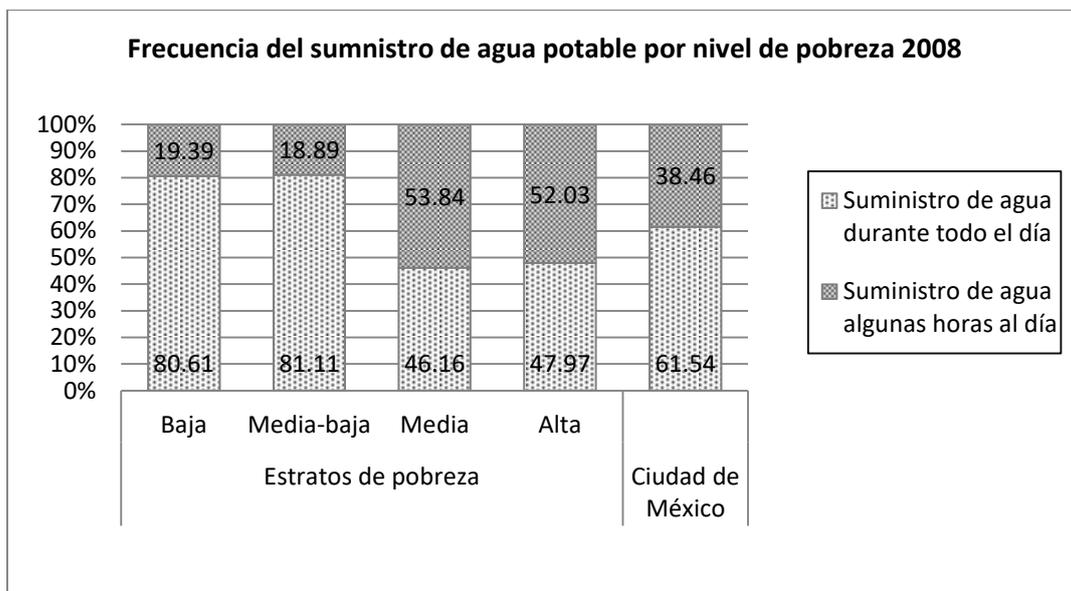
Por otro lado, está el tema de la frecuencia del servicio de los que tienen conexión a la red pública. En 10 de las 16 delegaciones de la Ciudad de México -Álvaro Obregón, Coyoacán, Cuajimalpa, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco- el suministro de agua se da por tandeo (CDMX, 2016a).<sup>57</sup> No se diga de los que deben esperar más de tres días por el agua de pipa. Ante esto, el 77.85% de la viviendas particulares en la Ciudad de México disponen de un tinaco para el almacenamiento del agua (INEGI, 2010). Esto puede reflejar la desconfianza que tienen los pobladores sobre el sistema de suministro de agua, y una forma de combatir la escasez futura.

El 80.5% de las viviendas en la Ciudad de México recibe agua diariamente, 9.4% la recibe cada tercer día, y el 10.1% con menor frecuencia (INEGI, 2017a). En 2010, correspondía el 6.6% una o dos veces por semana, mientras que 2.9% esporádicamente (INEGI, 2010; SACMEX, 2013; SACMEX, 2014) (Figura 17). Además, incluso entre las viviendas que reciben agua diariamente existen diferencias de acuerdo al nivel de pobreza. En el Figura 18, se puede observar que los que tienen más horas de suministro de agua al día son los estratos Baja y Media-baja (Boltvinik y Figueroa, 2010 en González *et al.*, 2011).



**Figura 17. Frecuencia del suministro de agua en relación a las viviendas particulares con agua entubada en la Ciudad de México. Datos de INEGI, 2017.**

<sup>57</sup> El servicio por tandeo puede ser a) diario: servicio diario con buena presión 8 h al día en promedio, o b) semanal: suministro de uno a dos días por semana (SACMEX, 2013).



**Figura 18. Frecuencia diaria de suministro de agua potable por nivel de pobreza. Adaptado de Boltvinik y Figueroa, 2010 en González *et al.*, 2011.**

Con respecto a la calidad de agua, la Ciudad de México cuenta con cuatro zonas de monitoreo de la calidad de agua (CONAGUA, 2012)<sup>58</sup>. Un dato relevante es que el SACMEX (2013) menciona que alrededor del 71% del servicio es catalogado de calidad aceptable, y de este, el 15% del servicio involucra una sobre-explotación del acuífero ya que entregar agua diariamente a la población resulta en una situación insostenible. Respecto a esto, el SACMEX (2013) señala que de seguir esta tendencia, el sistema de aguas de la ciudad al año 2022 presentará una crisis hídrica en la que el servicio de calidad aceptable se reducirá a un 28%<sup>59</sup>, y además, no se podrá hacer frente a la necesidad de mejorar la calidad del servicio, se agravará la sobre-explotación del acuífero y la vulnerabilidad de la ciudad por posibles efectos del cambio climático (SACMEX, 2013). A la vez, el SACMEX (2013), también señala un “enmascarante de calidad” -por aquellos sectores que reciben agua de calidad deficiente-, correspondiente al 4% del servicio de agua en la ciudad. La población de las delegaciones Iztapalapa, Venustiano Carranza y Tláhuac son las principales afectadas.

<sup>58</sup> Para determinar la calidad del agua superficial y subterránea en la región XIII, el OCAVM lleva a cabo mediciones periódicas a través de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua. La región cuenta con 39 estaciones de monitoreo -Red Nacional de Monitoreo-, de las cuales 25 se ubican en aguas superficiales y 14 en aguas subterráneas. Las estaciones se distribuyen de la siguiente forma: 16 estaciones de la red primaria que opera en forma permanente, nueve de la red secundaria que pueden operar en forma temporal y 14 de red primaria subterránea (CONAGUA, 2012).

<sup>59</sup> El 20% del servicio de calidad aceptable estaría basado en la sobre-explotación del acuífero (SACMEX, 2013).

Lo anterior, se ve reflejado en la confianza de la población hacia la calidad del agua suministrada. Con base en el INEGI (2014), la principal opción para consumir agua para beber es la compra de agua de garrafón o embotellada (76.94%)<sup>60</sup>, mientras que el segundo lugar es el agua hervida (10.84%), seguida de tomarla directamente de la llave (4.58%), y finalmente la opción de filtrarla o purificarla (4.37%). El consumo de agua embotellada para la Ciudad de México se ha estimado en 5,671.23 m<sup>3</sup>/día (0.7 m<sup>3</sup>/s) (cálculo a partir de Delgado-Ramos, 2015). Si consideramos 1.45 m<sup>3</sup>/s, que corresponde al agua adicional para su producción, es decir lo que se denomina como agua virtual, el consumo total es de 3.51 m<sup>3</sup>/s.<sup>61</sup> Esto también se refleja en un gasto económico en los hogares. Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) de 2011, señala que los hogares terminan gastando entre el 5-10% de sus ingresos en agua embotellada, además de que entre los pobres, ese gasto llega a representar el 20% (Paullier, 2015).

Respecto a lo anterior, la nueva Constitución de la Ciudad de México señala garantizar “la satisfacción de las necesidades de orden social, garantizando el acceso básico vital a todas las personas. El Gobierno de la Ciudad abastecerá el agua sin cargos a las viviendas en zonas urbanas que carezcan de conexión a la red pública” (Art. 16 B-3c Constitución Política de la CDMX), será interesante ver si estos se cumple o si deriva en nuevas organizaciones de gestión del agua, porque existe un mercado informal de agua en esa zonas, o son utilizadas como poder político en temporadas electorales.

Por otro lado, Ramón Aguirre, director del SACMEX considera que hasta el año 2040, se podrá disponer de un servicio sostenible conforme a normas y recomendaciones internacionales –frecuencia, cantidad y calidad- (SEDEMA y SACMEX, 2014). Esta aseveración compromete el derecho al agua intergeneracional. Sin embargo, es claro que las transiciones a la sostenibilidad no se dan a corto plazo, pero la sostenibilidad futura se está basando en el

---

<sup>60</sup> Tres empresas concentran el 82% del mercado de agua embotellada en México: la francesa Danone, y las estadounidenses Coca-Cola y PepsiCo (Banco Interamericano de Desarrollo, 2011).

<sup>61</sup> Estimación de Delgado-Ramos (2015), considera el promedio de agua indirecta necesaria por cada litro de agua embotellada (700 ml), o agua virtual, con base en cifras proporcionadas por FEMSA Coca-Cola y Nestlé México en 2010.

derecho al agua de las generaciones presentes, y además esto se ve reflejado asimétricamente.

### ***Costos y eficiencia, nexos agua-energía***

En relación a las finanzas, la Asamblea Legislativa del Distrito Federal –ALDF- de acuerdo con la Ley de Ingresos de la Ciudad de México para el Ejercicio Fiscal 2017 muestra que, las erogaciones previstas para las Dependencias y Órganos desconcentrados es de \$83,221,636,043 de MXN, de las cual \$12,633,000,000 de MXN son asignados al Sistema de Aguas (ALDF, 2016).<sup>62</sup> Este monto corresponde al 15.18% del presupuesto de la ciudad asignado a las dependencias y órganos desconcentrados (ALDF, 2016). Igualmente para el Ejercicio Fiscal 2017, el Gobierno de la Ciudad de México, previó tener ingresos por los conceptos: a) \$161,154,085 de MXN de servicios de construcción y operación hidráulica y por la autorización para usar las redes de agua y drenaje, b) \$246,569,810 de MXN por descarga a la red de drenaje, y c) \$6,620,640,493 de MXN por la Prestación de Servicios por el Suministro de Agua (ALDF, 2016a). No obstante, este no es el único presupuesto para el sistema de aguas que la ciudad recibe, el SACMEX también depende del presupuesto Federal. Sin embargo, para 2017, los diputados federales avalaron la disminución del 68.72% de las participaciones federales para este sector en el rubro de agua potable, por lo que Aguirre (2016), habla de una crisis del agua en el ámbito presupuestal.

Además, la existencia de fuentes externas de abastecimiento de agua cada vez más alejadas de la ciudad ha generado altos costos en infraestructura y energía. El envejecimiento de la infraestructura, los costos de operación, la falta de inversión en mantenimiento y rehabilitación, así como el deterioro de las fuentes de agua en cantidad y calidad, ha llevado al sistema de abastecimiento “al límite de la operatividad física y económica” (Escolero *et al.*, 2016). Tan sólo la ciudad central requiere una inversión estimada de 4,500 millones de MXN para los próximos 60 años (AGU, 2014). Estas inversiones incluyen la sustitución de 3,100 km de tuberías de agua obsoletas en 2020 (AGU, 2014). Además, del 2007 al 2012, SACMEX

---

<sup>62</sup> El gasto neto total estimado del Sector Público de la Ciudad de México en el Decreto, financiado con la previsión de los ingresos aprobada en la Ley de Ingresos de la Ciudad de México para el Ejercicio Fiscal 2017 es de \$198,965,977,058 MXN (ALDF, 2016).

invirtió 1 millón de USD en distintas infraestructuras para mejorar la cantidad y calidad de agua en Iztapalapa, sin embargo, el área continua sufriendo problemas de calidad de agua (Aguirre y Espinoza, 2012).

La infraestructura hídrica en la Ciudad de México es inadecuada y obsoleta. Uno de los principales problemas en el sistema de suministro de agua de la ciudad, es la pérdida de entre el 33% y 41.4% del agua en fugas del sistema de distribución de agua potable –red pública y dentro de las viviendas- (CONAGUA, 2012; Delgado-Ramos, 2015, Aguirre, 2016).<sup>63</sup> No sólo es la antigüedad de la infraestructura y las fugas en la tuberías, también existe un problema de pozos clandestinos –como en la delegación Iztapalapa-. La CONAGUA y SACMEX, han detectado la operación de alrededor de 3 mil pozos clandestinos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ALDF, 2013), mientras que Peña (2012) estima alrededor de 2,250 pozos. Además, existe una falta de regulación en los caudales subterráneos y superficiales concesionados en la ciudad para todos los usos (REPD, 2017 [julio]). No todos los pozos que tienen concesiones para agricultura ocupan esa agua para ese uso; más bien se destina para su venta. Con respecto al suministro ilegal, se estima que más del 40% del suministro del agua se realiza a través de usos no autorizados (Tortajada y Castelán, 2003).

Existe una falta de regulación en los caudales subterráneos y superficiales concesionados en la ciudad para todos los usos (REPD, 2017 [julio]). El volumen concesionado no representa estrictamente el volumen real de uso, no obstante, esto permite hacer estimaciones y comparaciones entre sectores y usos en la ciudad (Agua.org.mx, 2017). Por otro lado, no todos los pozos que tienen concesiones para agricultura ocupan esa agua para ese uso, sino la ocupan para venta, algunos casos se han observado en la Delegación Iztapalapa.

Por otra parte con respecto la tarifa del agua, como se mencionó anteriormente (1.7.1), pareciera que una “barrera” para lograr el abasto de agua es obtener financiamiento para el mantenimiento y el desarrollo de infraestructura hidráulica de la ciudad. Sin embargo, estudios como el de Soto (2007), titulado “*Agua: Tarifas, escasez y sustentabilidad en las*

---

<sup>63</sup> El volumen perdido por fugas resulta por deducción, restando el volumen consumido y las pérdidas aparentes al caudal producido en el macrosector (Aguirre, 2016).

*megaciudades. ¿Cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la Ciudad de México?*”, muestran que los usuarios del agua consideran razonable pagar más para garantizar soluciones en el largo plazo.<sup>64</sup> La disposición a pagar es diferente en función del tipo de usuarios, según su ingreso y en función de sus expectativas. No obstante, se requiere a las autoridades que mejoren la credibilidad en la gestión administrativa y en el sistema de recaudación, regulación y control, así como el acceso y la transparencia en la información y la efectiva rendición de cuentas.

Algunos investigadores, hablan de que “las campañas de ahorro sólo tendrán efectos reales si van acompañadas con el pago correspondiente al consumo realizado” (Perló, 2009). Perló (2009) y González *et al.* (2011), proponen una reestructuración tarifaria regida por criterios de progresividad y equidad, que proteja a los grupos de menores ingresos para cubrir su consumo básico a partir de una cuota fija reducida (Perló, 2009; González *et al.*, 2011). Pero, la estructura tarifaria para uso doméstico del SACMEX ya considera el criterio “el que más consume, más paga”. El SACMEX, sectoriza el cobro de acuerdo al “índice de Desarrollo e Infraestructura Urbana”, el cual considera variables de tipo socio-económico.<sup>65</sup> De esta manera, se otorgan los subsidios de acuerdo a la manzana donde se ubica la toma de agua de los usuarios por categorías: popular, baja, media y alta (SACMEX, 2016).

De este modo, de acuerdo al SACMEX (2016) “se pretende desalentar el desperdicio de agua sin afectar la competitividad de los usos comerciales, industriales o recreativos”. Además de que este nuevo esquema tarifario implicó, una disminución del subsidio al agua del 56.47% a 46.8% (González *et al.*, 2011). No obstante, se puede observar en el Art. 172 del Código Fiscal de la Ciudad de México, que el cambio sustancial en la tarifa del agua se encuentra entre la clasificación de baja a media, con diferencias menores entre la clasificación media a

---

<sup>64</sup> Las familias estarían dispuestas a pagar más del doble del precio promedio que pagan actualmente. El 164% en el escenario de mantenerlo y 197% en el escenario de mejorarlo. Que representaría en términos del ingreso de los hogares, el 5.2% para mantenerlo y el 6.3% para mejorarlo (Soto, 2007).

<sup>65</sup> Se compone de: a) el indicador de ingresos (ingreso promedio de las familias por manzana), b) el valor de patrimonio (valor catastral promedio de los inmuebles), c) y el indicador de desarrollo (marginación económica) (SACMEX, 2016).

alta. Es decir, no existe mucha diferencia entre el subsidio otorgado a los hogares dentro de la clasificación “alta” y los de la clasificación “media” (GOCDMX, 2016 [diciembre 29]).<sup>66</sup>

Sin embargo, aunque ya se hace una sectorización del cobro de agua de acuerdo al poder adquisitivo, aún hace falta una transparencia de cómo se hizo esta categorización. Se deben considerar los temas de corrupción y las relaciones políticas existentes en la ciudad. Como menciona González *et al.* (2011), “diversos actores políticos han señalado que la reclasificación se dio a partir de negociaciones políticas y no con base a un instrumento técnico claro, accesible y convincente”, debido a que 75% de las cuentas por suministro de agua se ubicaron en las categorías popular y baja y el 25% restante en las categorías media y alta (SACMEX, 2016).

No obstante, se debe repensar la tarifa para los usos no domésticos, debido a que obtienen una ganancia desde un bien público y el volumen de agua que demandan es grande. Además, estos tienen una sola tarifa de acuerdo al consumo o por el diámetro de la toma, lo que posiblemente no refleje su consumo neto. Particularmente los usos mixtos, que se tienen una tarifa similar a la doméstica pero con costos un poco más elevados, deben comprobar efectivamente que el uso del agua realmente es mixto y no exclusivamente para obtener ganancias por el uso industrial.

En los casos de colonias con el sistema por tandeo, algunos reportes periodísticos e investigadores, señalan que la población suministrada por este tipo de el sistema y con menos recursos, pagan alrededor de 500% más por el agua que los consumidores domésticos registrados (Tortajada y Castelán, 2003; Kimmelman, 2017)<sup>67</sup>. Por otro lado, por

---

<sup>66</sup> Las diferencias en los costos entre la clasificación baja y media van de \$101.94-651.22 MXN dependiendo del consumo, mientras que la diferencia entre las tarifas de los hogares de nivel medio a alto es de \$29.2-100.55 MXN (Art. 172-GOCDMX, 2016 [diciembre 29]).

<sup>67</sup> Kimmelman (2017), narra que familias que tienen sistema de suministro de agua por tandeo, la cual no les es suficiente, diariamente también pagan otros sistemas –como el transporte de contenedores de agua mediante burros- de pozos presentes en las faldas de cerros. Ponen de ejemplo a la familia de Contreras, la cual gana 12,000 pesos (600 dólares) al mes. Tiene que gastar más del 10% de su ingreso en agua, con lo que pueden comprar menos de 38 L/persona/día. “Al oriente, un residente promedio de un barrio acaudalado de la ciudad, ubicado más cerca de los depósitos de agua, consume

ejercicios fiscales, existen colonias a las que se condona totalmente el pago de los Derechos por el Suministro de Agua, así como los recargos y sanciones. En 2017, las colonias que se eximieron del pago corresponden exclusivamente a la Delegación Iztapalapa (Gaceta Oficial de la Ciudad de México- GOCDMX, 2017 [mayo 23]).

En cuanto al sistema Cutzamala, que es el sistema que más consume energía, consta de una planta de tratamiento de agua, alrededor del 80% del costo total de operación proviene del costo de electricidad. Cuenta con una estación de bombeo llamada Los Berros, la presa Villa Victoria y una planta de purificación antes de que el agua sea suministrada a la Ciudad de México (Escolero *et al.*, 2016). Los costos de energía eléctrica consumida por las instalaciones del Sistema Cutzamala ascendieron a \$2,112 millones de MXN en 2012, equivalente a 77.5% de los costos totales de operación (BM y CONAGUA, 2015).

En cuestiones de eficiencia energética, el manejo del agua en la Ciudad de México demanda 2,113 GWh/año, cantidad de energía equivalente a 16% del total de energía eléctrica que el Gobierno de la Ciudad de México consumió en 2010 (CMM, 2011). Existen 79 plantas de bombeo en la Ciudad de México, lo cual ha implicado un importante gasto de energía eléctrica (Aguirre y Espinoza, 2012). En 2013, el SACMEX utilizó un total de 570.98 GWh para bombear y distribuir 715,141.8 millones de litros de agua -el volumen restante se movió por gravedad- (InfoDF, 2014 en Delgado-Ramos, 2015). Si se hace el cálculo, esto corresponde a 0.79 kWh/m<sup>3</sup> distribuido en la ciudad (cálculo a partir de Delgado-Ramos, 2015). En otro cálculo, incluyendo el gasto energético por distribución, el SACMEX requiere un gasto energético de 1.32 kWh por cada metro cúbico de agua que suministra, drena, trata y expulsa de la cuenca (CMM, 2011).

El consumo energético de las distintas fuentes de agua potable de la Ciudad de México, corresponden a 0.54 kWh/m<sup>3</sup> de los pozos del SACMEX, 4.54 kWh/m<sup>3</sup> del sistema Lerma-Cutzamala<sup>68</sup>, y 0.25 kWh/m<sup>3</sup> del PAI (CMM, 2011). Además, el tratamiento de las agua

---

casi diez veces más litros por persona al día. Sin embargo, esa persona paga una décima parte de lo que Contreras desembolsa por sus 38 L”.

<sup>68</sup> El caso Cutzamala, bombeo a una altura de 1,100 m (BM y CONAGUA, 2015).

residuales demandan 2.46 kWh/m<sup>3</sup>. Estos datos, indican que la importación de agua desde otras cuencas es el componente que afecta mayormente el consumo energético del abasto de agua potable a la ciudad, por tanto, este debe ser el objeto de los programas de ahorro energético y de sostenibilidad en la ciudad.

Este consumo energético genera emisiones de GEI. El SACMEX genera entre 284-358.892 mil toneladas de CO<sub>2</sub> eq por el bombeo y purificación del agua en la ciudad (SEDEMA, 2012a y Delgado-Ramos, 2015). En este trayecto del agua, en 2012 se generaron 459 mil toneladas de CO<sub>2</sub> eq por el tratamiento y descarga del agua residual doméstica e industrial (CDMX, SEDEMA y CMM, 2014)<sup>69</sup>, que corresponde aproximadamente al 2% de los GEI generados en la ciudad. Mientras que, relacionado al consumo de agua embotellada -facturación, empaque, distribución- se genera 362,400 toneladas de CO<sub>2</sub> eq al año en la ciudad (Delgado-Ramos, 2015).

## 2.7 La Ciudad de México, una ciudad-cuenca

Considerando los datos de apartados anteriores sobre disponibilidad de agua, demanda y eficiencia, en la Figura 19 se muestra el metabolismo hídrico de la Ciudad de México. Se puede observar el ciclo hidrológico de la ciudad, en donde se indican los caudales de: I) importación de agua, II) fuentes de agua dentro de la ciudad, y III) exportación de las aguas residuales. También, se incluyen los principales usos del agua y su demanda. Además, al incorporar datos energéticos de emisiones de GEI, se intenta resaltar el *nexo agua-energía* que involucra el sistema de suministro de agua, así como parte del sistema de drenaje y tratamiento. Se tiene como fundamento el trabajo de Delgado-Ramos (2015), no obstante, se difiere en la escala de estudio, al ilustrar más el consumo energético en cada cuenca con una actualización de datos.

La Ciudad de México ubicada en la *región hidropolitana* es un ejemplo de ciudad-cuenca - concepto de Peña (2012) antes descrito (apartado 1.8)-. Dado que gran parte del consumo hídrico de la ciudad proviene de fuera de los límites urbanos, y el agua contaminada que producen es expulsada con escaso o nulo tratamiento, el impacto de las aguas dispuestas de

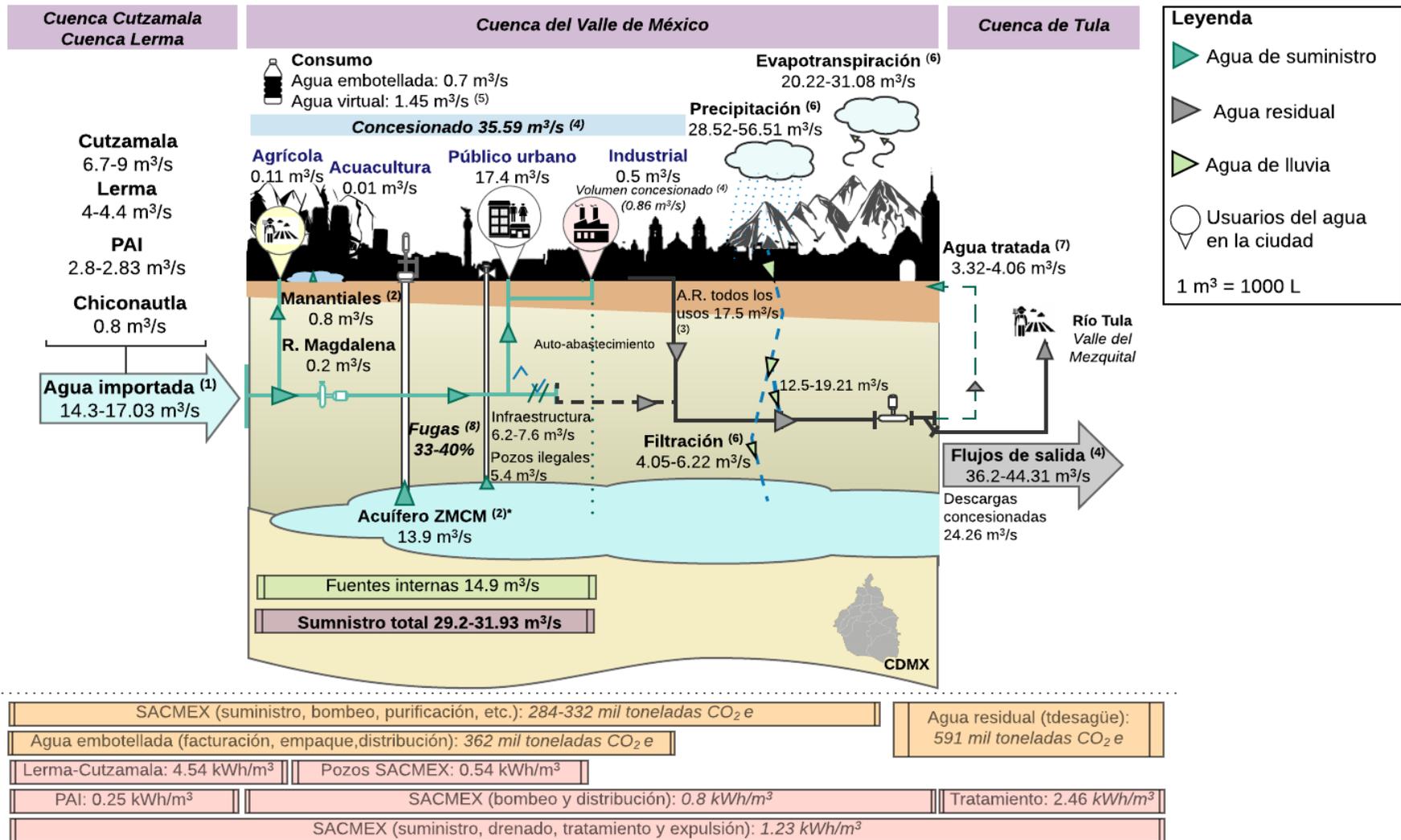
---

<sup>69</sup> Esta cantidad se obtuvo considerando las emisiones de GEI por el GDF y la comunidad.

la ciudad no sólo afecta al contexto urbano sino va más allá de sus límites administrativos, con afectaciones en el sistema hídrico en otras regiones (Peña, 2012). Ante esta situación, la ciudad presentan una reconfiguración hidrológica entendida como “una expresión de los cambios artificiales impulsados por el hombre sobre el devenir del agua”, ligada a desajustes en el ciclo hidrológico que acelera el deterioro del recurso (Peña, 2012).

La configuración del ciclo hidrológico de la Ciudad de México llevó a transformar los entornos sociales y físicos, derivando en distintas condiciones. Este ciclo hidrológico es resultado de construcciones socio-ecológicas producidas históricamente (Escobar, 2001). En los siguientes apartados, se desarrollan algunas ideas que sustentan la idea de la Ciudad de México como una ciudad-cuenca, y se analizan algunas implicaciones de su metabolismo hídrico, así como el contexto institucional y político que lo definen.

Con base en el ejemplo de la Ciudad de México, el concepto de ciudad-cuenca es importante debido a que implica una reconfiguración del ciclo hidrológico urbano, fuentes y destinos de los daños por el manejo del agua -sobre-explotación y contaminación. Considero que un aspecto que se debería agregar al concepto es que, si bien, la importación de agua genera un desbalance en el ciclo hídrico de las cuencas fuente -Lerma y Cutzamala-, involucra un despojo del recurso hídrico a las comunidades, otras cuencas y dentro de la ciudad. No obstante, también implica una transferencia del riesgo por el agua residual, y además, genera un desbalance en el ciclo hidrológico de la cuenca receptora -Tula-, ya que recibe más agua de la que recibiría naturalmente, lo que involucra un impacto ambiental.



**Figura 19. Metabolismo hídrico de la Ciudad de México (enfoque ciudad-cuenca).** Con base en SACMEX, 2013; Delgado-Ramos, 2015; REPDA, julio 2017; SEDEMA, 2017. <sup>1</sup>Importación de agua: SACMEX, 2013; Escolero et al., 2016. <sup>2</sup>SACMEX, 2013. <sup>3</sup>Agua residual: INEGI, 2014; <sup>4</sup>INEGI, 2014; REPDA, julio 2017; SEDEMA, 2017. <sup>5</sup>Basado en el cálculo de Delgado-Ramos, 2015. <sup>6</sup>Cálculo a partir de INEGI, 1999; CONAGUA, 2012; Monroy, 2013; SEDEMA, 2017; INEGI, 2017. <sup>7</sup>Monroy, 2013; INEGI, 2014a; Agua.org.mx, 2017. <sup>8</sup> SACMEX 2012; Delgado-Ramos, 2015 Consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>: CMM, 2011; SEDEMA, 2012; InfoDF, 2014; Delgado-Ramos, 2015. \*Consiste en la extracción de los pozos de la Red Norte, Centro, Sur Oriente y Poniente de la Ciudad. La cantidad corresponde sólo al agua explotada dentro de la Ciudad de México. Territorialmente, el acuífero no sólo corresponde a la Ciudad de México, también abarca territorio del Estado de México, el cual también tiene pozos de extracción.

### ***Implicaciones del suministro del agua: el desequilibrio hídrico***

Todos los procesos socio-espaciales están constantemente basados en la transformación o el metabolismo de componentes físicos, químicos o biológicos (Swyngedouw, 1996). Como se ha descrito, a lo largo de la historia del sistema de suministro del agua de la ciudad han existido grandes inversiones en megaproyectos para garantizar un suministro de agua, que se han traducido en impactos ambientales. Ante estas grandes inversiones en infraestructura hídrica ¿por qué se ha agudizado la crisis hídrica en la ciudad? Se habla que la crisis del agua en la ciudad no se trata de un problema ingenieril, ni económico, sino un problema de gestión pública (Watts, 2015; Escolero *et al.*, 2016).

La construcción de la ciudad se basó en la desecación de los lagos, y como se mencionó anteriormente, se configuró como una “ciudad laguna”, es decir, una ciudad impermeable. El desarrollo hídrico urbano, implicó la expansión de la frontera del agua y amplió geográficamente la esfera de impacto del ciclo del agua de la ciudad, dirigiéndose a prácticas a menudo insostenibles, como la expansión de la extracción del agua e intensificación del conflicto (Delgado-Ramos, 2015). Un gran factor fue el crecimiento demográfico, el cual implicó el uso intensivo y la contaminación de los recursos hídricos en la zona urbana y su periferia, y continuó el desarrollo de importaciones de agua desde largas distancias (Starkl *et al.*, 2013). Esto, se ha relacionado con el aumento en los consumos y la demanda de agua en la ciudad.

Como menciona Swyngedouw *et al.* (2002), una región con condiciones socio-espaciales precarias, tanto por la cantidad y calidad del agua, extenderá su mandato geopolítico a una zona geográfica más amplia, e intensificará una situación ya compleja y conflictiva –el caso del Lerma, Cutzamlá y Tula-. Sumando a esto, con un pensamiento reactivo a corto y mediano plazo, o bien, se incorporaban nuevas reservas de agua sin explotar en el ciclo del agua de la ciudad, o se aprovechaban más intensamente los suministros de agua existentes – el acuífero-. En el caso de la Ciudad de México, se dieron los dos eventos.

Con respecto al acuífero, se condujo a un problema de sobre-bombeo que supera las capacidades naturales de recarga, además de que el proceso de urbanización contribuyó a una disminución progresiva de la infiltración y la calidad de las aguas subterráneas.

Consecutivamente, se orilló a la inversión en grandes obras hidráulicas para explotar nuevas fuentes de aguas fuera de la cuenca, que implicó un cambio geográfico de la cuenca –de endorreica a exorreica-, desenlazando un crecimiento de la extracción de agua y en crecientes presiones para expandir las capacidades de producción del agua (Delgado-Ramos, 2015).

En contraste, Perló y González (2005) señalan que el desequilibrio hídrico en la ciudad e incluso en la cuenca, se agudizó con la expulsión definitiva del caudal drenado del valle desde 1607 por el canal de Huehuetoca, volumen que ha incrementado sin que sea compensado por una entrada de agua equivalente. Ante esto, González *et al.* (2011) mencionan que la escasez de agua que padece la Ciudad de México no es una escasez natural, sino que tiene que ver con la constante expulsión que se continúa haciendo de las aguas pluviales y residuales. El gran caudal que expulsa la Ciudad de México conlleva un serio desajuste en el ciclo hidrológico dentro de la cuenca, con un balance negativo de alrededor de 30-41 m<sup>3</sup>/s (Burns, 2009; Peña, 2012). Al mismo tiempo, los costos socio-ecológicos de la ciudad tienden a ser exportadas a barrios pobres o periféricos, o fuera de la ciudad. En palabras de Delgado-Ramos (2015), muchos costos socio-ecológicos y climáticos ocultos o indirectos se "exportan".

Por otro lado, se hizo más fuerte la cuestión de restringir o controlar la demanda como una estrategia para reducir el consumo de agua y, por lo tanto, eliminar las presiones sobre la expansión de la base de recursos hídricos urbanos (Swyngedouw, 1998). Esto se realizó en gran medida a través de una combinación de campañas destinadas a sensibilizar al público sobre el ahorro de agua, por un lado, y los intentos de reducir el consumo de agua mediante una variedad de soluciones tecnológicas en el otro, -ej. ahorradores de agua-. Otra medida para reducir el consumo de agua fueron las tarifas diferenciadas. En 2010 para el caso de la Ciudad de México, esto se manifiesta con la creación de las tarifas del agua basadas en el índice de desarrollo económico combinadas con rangos de consumo (SACMEX, 2016)<sup>70</sup>. Sin embargo, respecto a esto, es cada vez más claro que los precios son insuficientes para

---

<sup>70</sup> "Se crea el Código Fiscal del Distrito Federal y las tarifas por los derechos por suministro de agua se reflejan en el Artículo 172" (SACMEX, 2016).

regular la asignación y el uso eficiente de un recurso como el agua, particularmente cuando los aspectos ecológicos o culturales desempeñan un papel cada vez más importante, cuya regulación exige instrumentos políticos más que monetarios.

En tanto al tratamiento de las aguas residuales, se ve cada vez un mayor interés económico en el tratamiento para la venta y reutilización de este tipo de agua. Como menciona Peña (2012), el tratamiento del agua residual logra ser apoyado por el Estado, y además, logra un mayor consenso entre la población. Sin embargo, en el caso de la Ciudad de México que influye en otras áreas geográficas, no aplica para todos los sectores sociales este conceso. Si bien, la población dentro de la ciudad podría estar de acuerdo con el tratamiento del agua residual, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental, en otros sectores sociales que en un principio se vieron afectados, se han dado inconformidades por este tema. Una iniciativa para manejar las externalidades de la ciudad es la planta de Atotonilco, donde los campesinos del Valle del Mezquital reclaman las aguas residuales ante el megaproyecto de la planta de tratamiento de agua en Atotonilco, Hidalgo (Watts, 2015).

A los tomadores de decisiones en temas del agua no se les olvida el discurso de que el agua es un recurso finito, pero en la práctica lo dejan de lado. Aún se sigue considerando como una de las principales alternativas la importación del agua con megaproyectos (ANEXO 2) (SACMEX, 2012; Aguirre, 2016). No obstante, SACMEX (2012a) a través de su Programa Especial de Agua visión 20 años, considera disminuir el volumen de agua perdido por fugas mediante la inversión en reposición y mejoramiento de tuberías en un promedio de 2% anual, de acuerdo con los estándares internacionales. Sin embargo, parece que se deja de lado el concepto de sostenibilidad hídrica (*apartado 1.3*), que implicaría utilizar los recursos hídricos dentro de la cuenca.

Con respecto al tratamiento de las aguas residuales, hay iniciativas crecientes a favor de un enfoque descentralizado (Balkema *et al.*, 2002). Una de las propuestas son los sistemas de autoabastecimiento de agua, como la captación de agua de lluvia y el aumento del tratamiento y reúso local del agua. Pero además, se debe generar un cambio en los patrones de consumo, la innovación tecnológica de bajo consumo energético, e involucrar la participación social y proteger el suelo de conservación para la recarga del acuífero. Esto

podría disminuir la vulnerabilidad frente a factores externos, incluidos los del cambio climático y disminuir el desequilibrio hídrico de la ciudad.

### ***Desigualdades en torno al agua***

Los cambios ambientales y sociales se co-determinan uno al otro; y estos procesos de cambio socio-ecológico, nunca son social ni ecológicamente neutrales (Norgaard, 1994 en Swyngedouw *et al.*, 2002), por lo que el cambio en el ciclo hidrológico urbano estará acompañado de conflictos de este tipo. En el proceso de las configuraciones urbanas, Swyngedouw *et al.* (2002) señalan que es crucial preguntarse ¿quién produce la configuración urbana y de qué tipo?, ¿quién gana y quién pierde? ¿Quién se beneficia y quién sufre, y de qué manera? En adición, estas cuestiones deben plantearse dentro y fuera del entorno de la ciudad.

“Nadie puede negar la realidad de inequidad y, en algunos casos, de injusticia que prevalece en la apropiación, distribución y consumo de los recursos hídricos” (Perló y González, 2005). Las configuraciones urbanas suelen estar, en algún momento, caracterizadas por la desposesión de la tierra, el acaparamiento y la especulación, seguido -en un contexto neoliberal- por una privatización y/o despojo mucho más intenso de los bienes comunes dentro y fuera de la ciudad (Delgado-Ramos, 2015). En el caso de la configuración del sistema de agua de la Ciudad de México, al brindar un caudal mayor de agua a la población, se involucró una privación del agua a otros poblados circundantes –comunidades mazahuas-. Lo anterior, refleja un estado de apropiación-desposesión del agua limpia. Además, incluso dentro de la ciudad, existe una apropiación asimétrica de los recursos naturales por parte de las clases media y alta. Además de las desigualdades de acceso al agua en términos de cantidad, existen disparidades en cuanto a su calidad (González *et al.*, 2011).

Estas situaciones son reforzadas por el posible apoyo o "ausencia" del Estado, que conlleva a un desgaste desigual de los servicios públicos, y resulta en una vulnerabilidad diferenciada en la ciudad (Delgado-Ramos, 2015). Por ejemplo, para resaltar los intereses políticos existentes o "ausencia" del Estado, mientras que existen zonas con altos consumos de agua y buenos servicios, los asentamientos marginados -*slums*- carecen de servicios básicos, entre ellos el suministro de agua, lo cual tiene mucho poder político en los tiempos de elecciones

por las promesas electorales y la compra de votos. La consecuencia de la desigualdad de las capacidades de compra, es que “los servicios de mayor calidad, y la mayor parte del espacio público cada vez más privatizado, se confieren a los "mejores" consumidores, es decir, a las clases altas y medias” (Delgado-Ramos, 2015). Las cuestiones de clase son, por lo tanto, centrales en la cuestión de quién hace y quién no tiene acceso al recurso hídrico y otros componentes del espacio urbano (Swyngedouw *et al.*, 2002).

### ***Modelos de gestión***

Las condiciones ambientales resultantes no son independientes de las condiciones históricas, sociales, culturales, políticas y económicas, y de las instituciones que las acompañan (Swyngedouw, 1997). A continuación, con base en las etapas de organización de los sistemas hídricos urbanos que menciona Swyngedouw *et al.* (2002), se hará una adaptación y análisis para la Ciudad de México. En este caso, la organización del sistema de suministro de agua puede dividirse principalmente en tres etapas, y una nueva etapa que puede resultar en una reconfiguración del sistema de gestión hídrica (Figura 10).

La primera etapa se relaciona a la época prehispánica (*apartado 2.1*), en donde se tenía una relación más estrecha entre el crecimiento de la ciudad y sus lagos –sistema chinampero-. Posteriormente, se resalta un cambio en la relación del agua debido al cambio en la estructura social y de poder por La Conquista de México. “Después de la Conquista, la ciudad continuó creciendo sin que los españoles comprendieran el papel que jugaban los canales, las acequias, los albaradones y sus compuestas en el entorno hídrico” (SACMEX, 2012). La toma de decisiones fue en un inicio por Audiencias y posteriormente un Virreinato, con órdenes de la Corona Española. En esta etapa, se presenta un nuevo modelo de desarrollo urbano que deriva en un proceso de expansión y desecación de los lagos, en búsqueda de disminuir los impactos por grandes inundaciones.

La segunda etapa, corresponde a un periodo de producción de la infraestructura hídrica, con un sistema “municipalizado”, en el que se proveen bienes públicos esenciales a una tasa básica, a menudo altamente subsidiada (Millward, 1991 en Swyngedouw *et al.*, 2002). Cuando la idea del desarrollo urbano se posicionó, las inversiones en grandes obras de infraestructura -presas, canales, redes- formaron parte, por un lado, de un esfuerzo por

generar y/o apoyar el crecimiento económico, mientras que, por otro lado, se buscó asegurar una relativa paz social mediante las políticas distributivas (Swyngedouw *et al.*, 2002). Tres objetivos fueron centrales en este período de expansión de la provisión de agua: la creación de empleo, la generación de demanda de bienes de inversión del sector privado y, finalmente, el suministro de un bien básico de producción y consumo, acompañado de un precio subsidiado (Herrington y Price, 1987).

Actualmente, en la Ciudad de México la construcción y operación de la infraestructura hidráulica está a cargo de distintas instancias gubernamentales, pero posteriormente se involucró también el sector privado (*apartado 2.4*) (Martínez *et al.*, 2004). En relación a lo anterior, como una tercera etapa para el caso de la Ciudad de México, es el período de los años 1990, cuando se dieron concesiones a cuatro empresas privadas para brindar el servicio comercial del agua en la ciudad (Martínez *et al.*, 2004). Esto produjo un importante cambio en la interacción público-privado en el sector del agua, derivando en una gestión del agua mixta, en donde la infraestructura es pública y la gestión es privada.

Una nueva etapa podría estar determinada por el recorte presupuestal al Sistema de Aguas de la Ciudad de México en 2017, la cual enfatiza una crisis del agua en temas presupuestales. Ante el recorte de recursos, el discurso de la crisis del agua tomó gran audiencia pública y periodística –La Jornada, El Financiero, El economista, entre otros-<sup>71</sup>. Además, las concesiones a las empresas privadas en la Ciudad de México nuevamente se prorrogaron en 2016 hasta el 2021. Esto podría establecer las condiciones para que el sector privado tenga más peso en la gestión del agua. Un clima de crisis de agua de carácter presupuestal, no sólo sirve para facilitar mayores inversiones del capital privado, sino que también alimenta y sostiene directrices hacia la mercantilización.

---

<sup>71</sup> El Financiero: [http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/crisis-severas-de-agua-en-la-Ciudad\\_de\\_México-por-el-recorte-presupuestal-aguirre.html](http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/crisis-severas-de-agua-en-la-Ciudad_de_México-por-el-recorte-presupuestal-aguirre.html); La Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2016/10/24/sacmex-no-podra-hacer-frente-a-retos-tras-recorte-ramon-aguirre>; El economista: <http://eleconomista.com.mx/estados/2016/10/25/advierte-sacmex-crisis-severa-agua-recorte-presupuestal> Excelsior: <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2017/05/25/1165672>

Los cambios discursivos recientes y los cambios político-institucionales se han movido en la dirección de transformar el agua de un bien común, en una mercancía (Hassan, 1998). Este cambio implica, inevitablemente, un cambio en la geometría del poder social. La construcción discursiva del agua como bien "escaso" se convierte en parte importante de una estrategia hacia la mercantilización, si no es que el de la privatización. Ante esto, los actores del sector privado se convierten en voces mucho más poderosas en decisiones estratégicas relacionadas con el agua, pasando sobre otras organizaciones de la sociedad civil o del Estado (Swyngedouw *et al.*, 2002). Actualmente, en la Ciudad de México está tomando nuevamente más fuerza el discurso de la escasez que se fue propagando desde la década de 1990.

### ***De la municipalización a la privatización del agua***

A nivel internacional, la nueva etapa de la mercantilización del agua, que comenzó en la década de 1980, se ha vuelto casi hegemónica (Swyngedouw *et al.*, 2002). El agua se presentó como una nueva fuente potencial de dinero y ganancias, además de que las etapas de organización del sistema, han estado acompañadas de crecientes problemas ambientales y, en consecuencia, la proliferación de conflictos sociales. Mientras que las prácticas pre-capitalistas, no-occidentales y las "culturas" del agua, veían el agua como un bien "público" y común, y cualquiera que lo necesitara podría tener acceso con un costo mínimo -a menudo insignificante- (Swyngedouw *et al.*, 2002).

En el periodo de 1950 a 1990 de la Ciudad de México, el Estado desempeñó un papel cada vez más importante, particularmente en el financiamiento de proyectos de infraestructura, pero también mediante una mayor intervención regulatoria, aunque la gestión del agua se mantuvo bajo las autoridades municipales (Swyngedouw *et al.*, 2002). Sin duda, se dieron lugar a crecientes dificultades presupuestarias para el gobierno federal, pero también para los locales. Los crecientes problemas económicos con las altas inversiones en agua subvencionada y el envejecimiento de la infraestructura hídrica, junto con la creciente demanda de agua, impuso una presión aún mayor sobre el presupuesto estatal y federal

(Swyngedouw *et al.*, 2002). De acuerdo a Swyngedouw *et al.* (2002), en otros países, esto fue acompañado por tendencias de privatización<sup>72</sup>.

En algunos casos, como en el Reino Unido, se presenta una privatización, pero en otros, como en Ámsterdam o Sevilla, aunque no hay una privatización, las instituciones gubernamentales están cada vez más obligadas a actuar como una empresa privada de manera estratégica, administrativa, operativa y organizativa (Swyngedouw *et al.*, 2002). Además, las empresas de agua ahora son a menudo parte de compañías multinacionales más grandes. Tal es el caso de una de las empresas que tiene concesión en la Ciudad de México para la Gestión del Sistema Comercial de agua, VEOLIA México, la cual es una multinacional con presencia en los cinco continentes.

El sector privado puede fungir como financiador y/o brindar servicios en algunos casos. En este tipo de asociaciones mixtas público-privadas, el sector público es responsable de las inversiones de capital fijo a largo plazo -y gran parte del costo asociado a ellas-, es decir, la infraestructura, mientras que el sector privado organiza la parte rentable del sistema. En la Ciudad de México, la entrada del sector privado durante el periodo de 1990, implicó quitarle cierto control al sector público y transferirlo al sector privado. En el caso de la contratación de servicios, el SACMEX concesionó a empresas privadas para la prestación de los servicios comerciales de agua potable, drenaje y alcantarillado en áreas particulares de la Ciudad de México, ¿qué implica esto?

Esto no sólo cambia los procedimientos de toma de decisiones y los desarrollos estratégicos, sino que también afecta a elementos menos tangibles como el acceso a la información y a bases de datos. Además, al tratar con empresas privadas, la participación en la gestión del recurso en la ciudad se puede ver reducida. Entonces, como menciona Perló (2009), la

---

<sup>72</sup> En estos temas, es importante distinguir entre mercantilización y privatización. Si bien la mercantilización, por una parte, se refiere a convertir el agua de un bien público en un producto comercializable sujeto a los principios que rigen una economía de mercado -independientemente de la naturaleza de la propiedad tanto del agua como de las empresas de agua-, la privatización involucra cambiar la propiedad de la infraestructura de agua y/o la gestión de los servicios de agua del sector público al sector privado (Swyngedouw *et al.*, 2002). En este sentido, los servicios de agua en muchas ciudades se han convertido ahora en gran parte mercantilizados, o están en proceso de hacerlo, o algunas mantienen un patrón mixto.

discusión debe girar en torno a las modalidades de las empresas privadas, el grado de transparencia y equidad con que deben realizarse las asignaciones, y sobre cómo preservar el interés público.

El cambio hacia la transformación del agua en una mercancía tiene profundas implicaciones en el significado social y político, y la valoración cultural del agua. En primer lugar, el agua se convierte en ganancias y acumulación de capital por parte de instituciones privadas o públicas-privadas, y en segundo, el suministro de agua se convierte en un medio para lograr un objetivo económico: el crecimiento económico y la maximización de los beneficios (Swyngedouw *et al.*, 2002).

Por otro lado, si se opta por un modelo de privatización, no implicaría que se disminuya el consumo de agua, tal vez en una primera instancia sí, pero luego se buscarán más ganancias, lo que en una lógica del mercado podría involucrar aumentar el consumo o el alza de precios. Sumado a esto, la provisión de agua está altamente estratificada, debido a que las empresas de agua normalmente están dirigidas principalmente a generar beneficios para los inversionistas (Swyngedouw *et al.*, 2002). De esta manera, se sectorizó la gestión en la Ciudad de México por zonas.

La configuración político-económica, ha cambiado de manera importante, dando lugar a nuevos arreglos institucionales (*apartado 2.4*). En sus inicios, la gestión y la política del agua estaban directa o indirectamente bajo el control de una determinada escala gubernamental, es decir, a nivel nacional o local (Swyngedouw *et al.*, 2002). En los últimos años se ha producido una proliferación de nuevas instituciones y de actores que participan en la formulación de políticas y la planificación estratégica en distintas escalas geográficas, el ejemplo en la región hidrológica de la Ciudad de México es la creación de los Consejos de Cuenca y la participación de los usuarios del agua.

Ante nuevas leyes y la creación de la constitución de la ciudad, los organismos no gubernamentales y la sociedad civil<sup>73</sup> se volvieron más vocales y jugaron un papel relevante en la organización social, propiciando que los sistemas gubernamentales tuvieran que ser más sensibles a estas cuestiones. Sin embargo, a pesar de esto, mientras que algunos actores están bien representados en algunos escenarios, como los usuarios del agua en los Consejos de Cuencas-, estos estarán excluidos de las esferas de poder donde se tomen las decisiones fundamentales de la ciudad, como será el la Junta de gobierno del nuevo organismo que se encargará de la gestión del agua en la ciudad, de acuerdo a la Ley de Aguas y Sustentabilidad hídrica de la Ciudad de México (Art. 14 Proyecto final LASHCM).

Las geometrías de poder existentes, propician que los actores con mayor poder –ej. empresas privadas-, finalmente decidan quién tendrá acceso o control, y quién será excluido del acceso o control del agua (Swyngedouw *et al.*, 2002). Además, en la gestión del agua de la Ciudad de México, se suman las reglas y normas formales e informales que rigen el acceso al agua. Ante esto, un criterio fundamental es lograr una distribución equitativa del poder social y un proceso de toma de decisiones transparente y democrático.

Un desafío particular en el caso de la Ciudad de México se relaciona con la adecuación de las 16 administraciones de distrito. Si bien estos gobiernos locales esencialmente sirven para distribuir programas y administrar los servicios públicos básicos para los residentes de la ciudad, sirven por sólo tres años y, a menudo, la principal agenda a nivel local parece estar asociada con la creación de caminos hacia posiciones políticas de alto nivel, que abordar problemas sociales y de infraestructura crónicos locales. Otros estudiosos han documentado casos de corrupción y colusión entre el sector privado y las autoridades públicas en el suministro de agua, lo que indica que puede haber serios problemas de gobernabilidad que deben ser abordados en el nexo de la política, la adaptación y el alivio de la pobreza (Castro, 2004; González y Ziccardi, 2012).

---

<sup>73</sup> Algunas asociaciones o sociedades civiles relacionadas con el agua en la ciudad son “Agua para tod@s, agua para la vida”, “Isla Urbana”, “El consejo consultivo del Agua”, “Fundación Salvemos el agua”, entre otras.

Una de las propuestas más recientes para la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua es la descentralización. Los sistemas metropolitanos centralizados a menudo sólo sirven a un pequeño núcleo urbano (Marshall *et al.*, 2009) y su expansión está a la zaga del ritmo de crecimiento urbano (Peter-Varbanets *et al.*, 2009 en Starkl *et al.* 2013). Se requiere de infraestructura en distintos puntos de la ciudad para atender las condiciones y necesidades locales. Aunque, si bien existe infraestructura en diferentes partes de la ciudad, está centralizada en su gestión. Delgado-Ramos (2015), señala que es deseable descentralizar el sistema de agua promoviendo otros sistemas a múltiples escalas espaciales. Es decir, se requieren múltiples sistemas a nivel de barrio, unidades residenciales y/o comerciales e industriales, que permitan una gestión concreta descentralizada; aunque esto no descarta la necesidad de grandes infraestructuras por el estado actual de la Ciudad de México.

En el caso del tratamiento del agua residual y su reúso, así como la cosecha de agua de lluvia, la descentralización es más ejecutable actualmente, porque se han desarrollado sistemas que pueden operar a nivel de hogar, de barrio o unidades residenciales. Por ejemplo, los sistemas de captación de agua de lluvia implementados por la organización Isla Urbana<sup>74</sup>, que se enfoca en la captación de agua de lluvia en zonas marginadas de la ciudad y el país.

Otra de las propuestas para mejorar la gestión del agua es la acción colectiva. No obstante, como menciona Ostrom (2011), “no se debe plantear a la acción colectiva<sup>75</sup> como una panacea más, pero sí como una real e importante posibilidad, siendo fruto de la *responsabilidad básica* de la gente en comunidades auto-organizadas, más que de la acción de los Estados”. Sin embargo, hay que considerar que la acción colectiva no es una constante dada por ende en las interacciones sociales (Merino, 2014). Esto realza la importancia de la construcción de capacidades y cohesión social. El cambio tiene que venir tanto desde los altos niveles de gobierno, como de las iniciativas locales.

---

<sup>74</sup> Ver Isla urbana: <http://islaurbana.org/isla-urbana/>

<sup>75</sup> La acción colectiva entendida como cooperación de los individuos y coordinación de sus decisiones y acciones con objetivos comunes (Merino, 2014).

## Capítulo 3. Evaluación de la sostenibilidad hídrica

*"Espera lo mejor, planifica para lo peor, y prepárate para ser sorprendido"*

*-Denis Waitley-*

La frontera entre la ciencia y la política es uno de varios límites que dificultan la vinculación de la información científica y técnica para la toma de decisiones (Cash *et al.*, 2002). Es decir, los objetos de frontera se aplican a un espacio en el que coinciden las fronteras de distintos saberes y acciones (Star, 2010). Esta frontera se relaciona con la "efectividad" del conocimiento científico y su impacto en cómo se definen y enmarcan los problemas, y las opciones para afrontarlos (Cash *et al.*, 2003). Esta frontera dificulta que los tomadores de decisiones obtengan la información que necesitan, y que los científicos generen información que no es usada.

Los objetos de frontera, vinculan el conocimiento con la acción, considerando la pertinencia de la información generada y utilizada (Cash *et al.*, 2002). Como menciona Cash *et al.* (2002), los objetos de frontera se han convertido en un concepto útil para describir los elementos que "se colocan entre dos mundos diferentes, tales como la ciencia y la no ciencia", y que pueden ser utilizados por los individuos dentro de cada ámbito con propósitos específicos sin perder su propia identidad. Para esto, se considera la traducción y comunicación de la información, además de su relevancia, legitimidad y credibilidad (Cash *et al.*, 2003).

Ante perspectivas contrapuestas, los objetos de frontera permiten la discusión para llegar a acuerdos, y pueden servir como un punto focal para la comprensión común de los problemas. Potencialmente, un objeto de frontera, aumenta la credibilidad y la legitimidad, proporciona un mayor acceso al proceso, y una mayor transparencia (Meerow *et al.*, 2016). En este trabajo, se presenta a los indicadores como una de las herramientas para evaluar la sostenibilidad hídrica. Se proponen como puntos de partida para el encuentro de visiones, el diálogo y la co-producción de conocimiento, al buscar alcanzar un consenso e implementar acciones, es decir, juegan roles clave como objetos de frontera.

Con base en la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, los indicadores se seleccionan para proporcionar información sobre el funcionamiento de un sistema y con un propósito específico: apoyar la toma de decisiones y la gestión (FAO, 2002). En relación al metabolismo hídrico y a la Ciudad de México como una ciudad-cuenca (apartados 1.8 y 2.7), los indicadores en este caso, se pueden utilizar para saber si existen cambios en las etapas del perfil metabólico hídrico –entrada, consumo y salida- por la implementación de acciones estratégicas, evaluar distintos criterios durante el transcurso del agua por la ciudad. De esta manera, una vez que se conoce la problemática del agua en la Ciudad de México, a través de un marco de indicadores se puede evaluar si los proyectos o las políticas aplicadas en relación a la gestión del metabolismo hídrico de la ciudad funcionan o no.

En este trabajo se propone un grupo de indicadores temáticos, para caracterizar las diferentes dimensiones o aspectos de la sostenibilidad hídrica, siendo útiles para el seguimiento y la medición de la situación ambiental, económica y social. Además, se resaltan temas vinculantes entre las dimensiones para resaltar la interconexión y complejidad que involucra los temas en sostenibilidad. Con respecto a esto, se intenta abarcar criterios de los conceptos de vulnerabilidad y seguridad hídrica.

### **3.1 Indicadores de sostenibilidad hídrica ¿qué son?**

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos –OECD-, un indicador es un parámetro o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que simplifican y comunican la realidad de una situación compleja, “con un significado más amplio que el directamente asociado al valor del parámetro mismo” (OECD, 1998 y European Commissions, 2015). El desarrollo de indicadores tuvo un mayor impulso a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en 1972, y de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, al aprobarse el Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable o Agenda 21. En estas conferencias se emitieron recomendaciones para la creación y uso de indicadores que midieran los avances de la compatibilidad ambiental, social y económica en los países participantes (Tiburcio, 2013).

La utilidad de usar variables o atributos cualitativos y/o cuantitativos en el análisis de la sostenibilidad hídrica, radica en que simplifican y resumen información relevante. Los indicadores son útiles para comunicar información científica y técnica a los tomadores de decisiones y al público en general, lo que permite una participación más activa y sustentada sobre una problemática dada (Rodríguez-Ortega y Flores-Martínez, 2008). Por un lado, hacen visible o perceptible el fenómeno de interés, y por otro cuantifican, miden y comunican (Escolero *et al.*, 2016). Con respecto a esto, “un conjunto de indicadores provee información clave para dar una imagen clara y completa acerca del estado actual del sistema o fenómeno, y además, proporcionan información suficiente para tomar decisiones que permitan dirigir al sistema hacia los objetivos seleccionados y determinar el nivel de éxito de las acciones” (Rodríguez-Ortega y Flores-Martínez, 2008).

El uso de indicadores se ha convertido en un método estándar para todos los niveles de gobierno, corporaciones y organizaciones no gubernamentales para medir el progreso hacia la sostenibilidad (Milman y Short, 2008). Pero para entender el proceso de cambio, el indicador necesita ser interpretado por los tomadores de decisiones para analizar por qué está ocurriendo el cambio (FAO, 2002). Los indicadores son útiles para compartir las mejores o peores prácticas entre ciudades, a la vez que permiten el empoderamiento de los ciudadanos (Hiremath *et al.*, 2013). Los indicadores juegan un papel clave en la exhibición de cómo un asentamiento urbano se desenvuelve en diferentes campos de acuerdo con objetivos específicos (Rahul *et al.*, 2013). De acuerdo a la OECD (1993), para que los indicadores cumplan su función, deben cumplir tres criterios: a) que sean relevantes para los tomadores de decisiones y el público en general, b) que tengan solidez analítica, y c) que tengan facilidad de medición (Tabla 3).

Básicamente, los indicadores se pueden utilizar de tres maneras: como herramientas explicativas para evaluar el estado actual de la sostenibilidad en una ciudad o área urbana, como herramientas piloto, o como herramientas de evaluación del desempeño (Shen *et al.*, 2011). También, los indicadores muestran la posición relativa de los fenómenos que se están midiendo, ya que proveen información para comparaciones espaciales y proporcionan información temprana con respecto a las condiciones futuras y tendencias estadísticas (PNUD, 2007). Además, cuando se evalúan a través del tiempo, pueden ilustrar la magnitud

del cambio -poco o mucho-, así como la dirección del cambio -aumentando o disminuyendo- (Adinyira *et al.*, 2007). Esto también puede ser aplicable en términos del metabolismo hídrico.

**Tabla 3. Criterios para seleccionar indicadores ambientales según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2003).**

<b>Relevancia para los tomadores de decisiones y público en general</b>	<i>Los indicadores deben:</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar una visión de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas de la sociedad o gobierno.</li> <li>- Ser sencillos, fácil de interpretar y capaces de demostrar las tendencias a través del tiempo.</li> <li>- Responder a cambios en el ambiente y a las actividades humanas relacionadas.</li> <li>- Proporcionar una base para las comparaciones internacionales.</li> <li>- Ser aplicables a escala nacional o regional, según sea el caso.</li> <li>- Tener preferentemente un valor con el cual puedan ser comparados.</li> </ul>
<b>Solidez analítica</b>	<i>Los indicadores deben:</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estar teórica y científicamente bien fundados.</li> <li>- Estar basados en concesos internacionales.</li> <li>- Ser capaces de relacionarse con modelos económicos y/o de desarrollo, así como con sistemas de información.</li> </ul>
<b>Medición</b>	<i>Los datos necesarios para construir los indicadores se caracterizan por:</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estar disponibles con una razonable relación costo/beneficio.</li> <li>- Estar bien documentados y gozar de validez reconocida.</li> <li>- Ser actualizada a intervalos regulares con procedimientos confiables.</li> </ul>

Por otro lado, el Banco Mundial (1997) propone clasificar a los indicadores de acuerdo con el grado en el cual sintetizan la información y reflejan el grado de avance en la integración de los conjuntos de indicadores. Así, se clasifican en:

- *Indicadores individuales o atomizados:* Se identifican variables clave de diversos temas de interés, cuyo monitoreo permite ver el grado de avance en el cumplimiento de algunos objetivos. No consideran aspectos de causalidad.

- *Indicadores temáticos*: Los indicadores se agrupan por temas. La selección de indicadores es generalmente pequeña para cada tema.
- *Indicadores sistémicos*: Se basan en valores únicos, que representan una condensación de información. Generalmente pierden precisión debido a su mayor agregación. De acuerdo a lo anterior, los índices serían un caso particular de indicadores sistémicos que resumen en valores únicos el estado del sistema. Están basados en la agregación temporal, espacial o temática de indicadores y parámetros mediante algoritmos, y presentan la información de manera más sintetizada.

La utilidad de los indicadores de sostenibilidad se logra a través de integrarlos o presentarlos en conjunto con otros indicadores. Una de las respuestas ante los “indicadores individuales”, ha sido la agregación de parámetros que considera que afectan al sistema en expresiones o fórmulas sintetizadas en un índice (Rodríguez-Ortega y Flores-Martínez, 2008). Sin embargo, los índices han sido ampliamente criticados principalmente por los criterios de selección de sus variables, sus métodos de cálculo y la falta de validez en su comparación (SEMARNAT, 2016). Como alternativa, se propone su presentación en un conjunto de indicadores (Adinyira *et al.*, 2007).

### **3.2 La construcción de indicadores**

Los principales obstáculos en la correcta evaluación de indicadores y criterios de sostenibilidad en cuestiones de la gestión del agua, son tres grupos de problemas metodológicos como lo señalan Bertrand-Krajewski *et al.* (2000): a) definición clara de los objetivos de investigación. La primera pregunta que se debe plantear no es ¿qué se quiere medir? sino más bien ¿qué se quiere conocer? Seager (2001) concuerda en este aspecto, y menciona que se requiere pasar de la posición de “la mejor información disponible” a la posición de “la información más necesaria”; b) se debe tomar en cuenta que la gestión del agua y de los recursos requiere de un enfoque multidisciplinario e integrado y, por tanto, los datos a obtener deben ser concertados en diferentes tiempos y a distintas escalas espaciales; y por último c) la calidad de las mediciones; se requiere de una certeza en la calidad de las mediciones de los elementos a estudiar.

Para la selección de indicadores Lorenz (1999) propone cinco pasos a seguir, los cuales comprenden: a) definir la necesidad de información; b) desarrollar un marco conceptual; c) la formulación de la sostenibilidad y la confusión de la terminología, datos y métodos de medición de indicadores, d) comparación de indicadores con la disponibilidad de los datos y d) elaboración y medición del indicador. Con base a esto, en primera instancia se debe hacer una definición adecuada sobre el propósito del indicador, así como los posibles usos que se le darán a los indicadores.

En lo que se refiere a la amplia gama de indicadores, Parris y Kates (2009) concluyen que no existen conjuntos de indicadores que sean universalmente aceptados, apoyados por una teoría convincente, con una recopilación de datos y análisis rigurosos y de gran influencia en la política. Esto se debe, como ya se mencionó, a la complejidad de la sostenibilidad, la pluralidad de caracterizar los fines y medir la sostenibilidad. Con respecto a esto, se pueden encontrar diversos enfoques de indicadores de sostenibilidad. Entre esos enfoques están (Torres, 2006):

- *Dimensiones de la sostenibilidad:* En este enfoque, la sostenibilidad es entendida como la suma de efectos en tres o más dimensiones. Es común considerar el campo del ambiente, la economía y la sociedad. Se obtiene como resultado una lista de indicadores por dimensión.
- *Contabilización de flujos de energía y material:* Buscan describir el metabolismo de las ciudades y/o sectores productivos, para determinar las existencias y trayectorias de flujo de recursos/material a lo largo de todos los usos en cierto límite (empresa, territorial, sectorial). El resultado son modelos dinámicos o estáticos de flujos de materiales.
- *Enfoque de causalidad Presión-Estado-Respuesta (PER):* Busca describir la cadena de causalidad de un fenómeno ambiental particular. Describe la causalidad, así como los efectos sobre el ambiente.

Existen diferentes metodologías sobre el desarrollo de un indicador o un conjunto de indicadores. Los principales modelos de desarrollo de indicadores identificados por la División de Desarrollo Sostenible –DDSONU– se estructuran en cuatro métodos (DDSONU, 2005): a) el método de abajo-arriba, en donde se va desde los datos a los parámetros y de

éstos a los indicadores; b) el método de arriba-abajo, en donde se define una meta general y partir de ésta, se definen objetivos, para lo cual se define un indicador; c) el método de sistemas que basa a los indicadores en un análisis amplio de las entradas y salidas del sistema; y d) el método de PER, antes mencionado, que considera la relación causa-efecto.<sup>76</sup>

El método de PER es el más ampliamente utilizado para el desarrollo de indicadores y fue introducido por primera vez por la OECD. Se basa en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales –estado- y la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales –respuestas- (OECD, 1998). Este paradigma supone implícitamente que el problema está bien delimitado, claramente definido, es relativamente simple y es lineal con respecto a la causa y al efecto. Sin embargo, por lo anterior, se critica que no tiene en cuenta la naturaleza sistémica y dinámica de los procesos y su incorporación en un sistema mayor que tiene retroalimentación con otros procesos.

Como mejora al marco PER, Gabrielsen y Bosch (2003) proponen el método Fuerza impulsora-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR), que es utilizado por la Agencia Europea de Medio Ambiente para estructurar y clasificar los indicadores ambientales a lo largo de la cadena causal, desde causas socio-económicas hasta políticas y las respuestas sociales (European Commissions, 2015). Sin embargo, este enfoque tiene sus límites cuando se trata de representar la interacción compleja entre los factores ambientales, socio-económicos y de gobernanza, por ejemplo, se han encontrado discrepancias en la definición de las categorías de información de DPSIR (Gari *et al.*, 2015). Por lo que algunos autores no consideran adecuado al marco DPSIR como la estructura de base para los indicadores de sostenibilidad.

### **3.3 Construcción del marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México**

---

<sup>76</sup> Otras variantes son el enfoque de Fuerza motriz-Presión-Estado-Impacto-Recurso o Fuerzas conductoras-Presión-Estado-Exposición-Efecto-Acción.

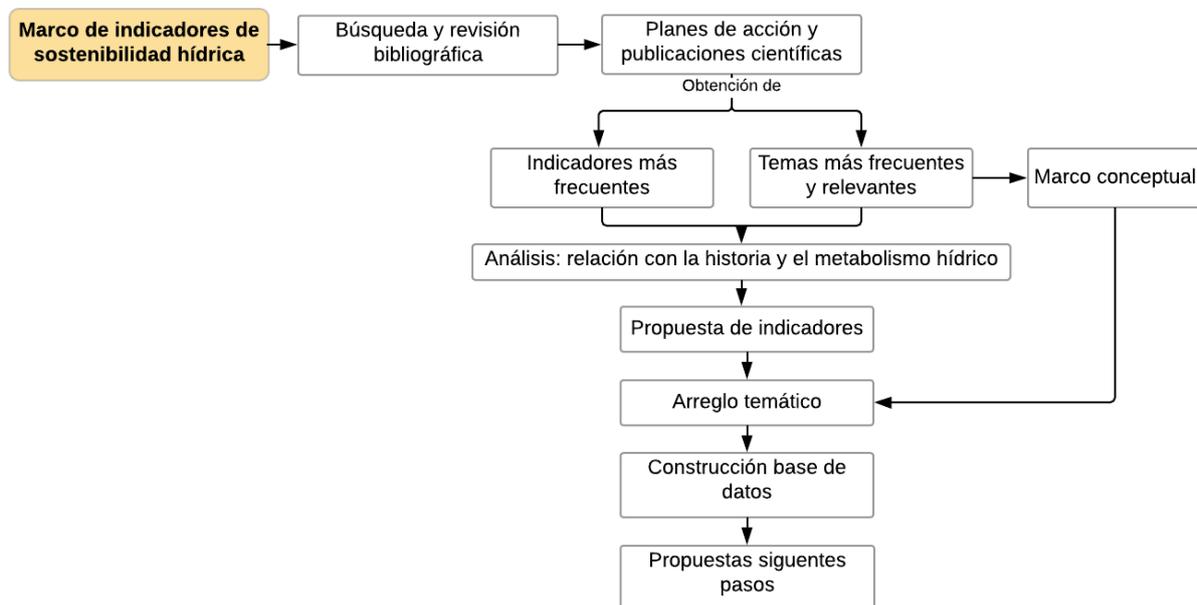
En este trabajo se propone un marco conceptual de indicadores temáticos, buscando que sean herramientas explicativas sobre el estado actual de la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México. Se abordan desde un enfoque de dimensiones de la sostenibilidad – arreglo temático-, el cual considero que permite incorporar la contabilización de flujos de energía y agua. Además, para resaltar la complejidad del concepto de sostenibilidad, se incluyen las interacciones entre las dimensiones. No se aborda precisamente el enfoque PER para el marco conceptual de indicadores propuestos, debido a que considero que este enfoque, no resalta la complejidad –no linealidad- y multiplicidad de las causas involucradas en la problemática del agua. No obstante, desde cualquier enfoque es difícil incorporar en indicadores la toma de decisiones y los conflictos socio-ecológicos por el agua. Por esto, la causalidad del estado actual de insostenibilidad y vulnerabilidad hídrica de la ciudad, se intentó abordar en la descripción histórica y en la narrativa de los conflictos por el agua que debe acompañar a los indicadores para su contextualización e interpretación.

Con respecto a los pasos para la selección de indicadores, con base en Lorenz (1999), este trabajo se enfoca exclusivamente en la etapa de construcción del marco conceptual (Figura 14). La construcción del marco de conceptual se realizó en tres etapas (Figura 20). En la primera, se realizó una revisión bibliográfica relacionada con la sostenibilidad de los recursos hídricos y en particular con el sistema de suministro de agua. Consistió en la búsqueda y clasificación de bibliografía relacionada con las palabras clave: índice, indicadores, sostenibilidad urbana, sostenibilidad hídrica, suministro de agua y acceso al agua; y en inglés *water index, indicators, urban sustainability, water sustainability*.

En la segunda etapa, se analizaron alrededor de 20 trabajos de indicadores sobre sostenibilidad y vulnerabilidad hídrica a nivel internacional, nacional y local, también se analizaron algunos planes de acción de la Ciudad de México específicamente de gestión del agua, como: el Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México y el Programa de Gestión Integral de Recursos Hídricos. Además para complementar, se consideraron los factores y problemas por el agua, y criterios del perfil metabólico de la Ciudad de México mencionados en el Capítulo 2. En esta etapa, se obtuvieron los principales temas e indicadores que abordan las investigaciones y los programas. La selección de los temas e indicadores tuvo dos consideraciones: a) la justificación basada en la literatura

existente sobre su importancia para la sostenibilidad hídrica; y b) y la frecuencia de presencia en los documentos estudiados.<sup>77</sup> Se hizo un arreglo temático de los temas y los indicadores. Se clasificaron los temas dentro de las dimensiones de sostenibilidad hídrica o en sus interacciones, y asimismo, los indicadores se organizaron dentro de los temas (Figura 21 y 22).

En la última etapa, se buscaron datos e información de los indicadores propuestos. Se revisaron bases de datos de dependencias gubernamentales, como el INEGI, SEMARNAT, SACMEX, y otras privadas como el Banco Mundial. En esta etapa, se obtuvo una tabla de datos general en donde se menciona si existe la disponibilidad de datos, su naturaleza -cualitativo o cuantitativo-, la unidad de medición si es el caso, si puede ser comparado temporalmente, y la fuente de información potencial. Finalmente, se proponen pasos futuros para la aplicación de los indicadores.



**Figura 20. Elaboración del marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica.**

### 3.4 Indicadores de sostenibilidad hídrica existentes

De manera general, existen distintos esfuerzos para evaluar la sostenibilidad de las ciudades a través de grupos de indicadores. Algunos abordan específicamente temas del agua,

<sup>77</sup> La disponibilidad de los datos de calidad de fuentes de datos nacionales y locales, será un tema que determine la aplicación de los indicadores.

mientras que otros lo incluyen en un apartado. Con respecto a estos últimos, a nivel internacional, se pueden encontrar los Indicadores del Desarrollo Sustentable del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (ONU-DAES, 2007), la ISO-37120 de la Organización Internacional de Normalización -en inglés *International Organization for Standardization*- (ISO, 2014), y una recopilación de indicadores de ciudades sostenibles de la Comisión Europea (European Commissions, 2015). Mientras que, a nivel nacional podemos encontrar trabajos como los Indicadores de Desarrollo Sustentable en México -Agenda 21- del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INEGI e INECC, 2000); el Conjunto Nacional de Indicadores Ambientales de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2016); y el Índice de Desempeño Ambiental del Centro Mario Molina (CMM, 2015).

Particularmente, en el caso de indicadores de sostenibilidad hídrica, podemos encontrar evaluaciones como las de Milman y Short (2008); el *City Blueprint* (Van Leeuwen *et al.*, 2012). Y, específicamente para la Ciudad de México, está el marco de indicadores ambientales para la gestión del agua (Tiburcio y Perevochtchikova, 2012; Tiburcio, 2013), el Sistema de Indicadores de Gestión Integral del Plan agua para el futuro Ciudad de México (SEDEMA y SACMEX, 2014), y los indicadores de resiliencia y sostenibilidad urbana –USRI- (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017).

El grupo de indicadores de la ONU-DAES (2007), presenta un apartado sobre agua dulce. Propone indicadores centrales dentro de temas de calidad y cantidad; se enfocan principalmente en el consumo y el tratamiento del agua, y propone considerar la presión de la economía en los recursos hídricos -volúmenes de agua utilizados por unidad de valor agregado- (ONU-DAES, 2007). Otros indicadores son la ISO-37120, que establece definiciones y metodologías para un conjunto de indicadores urbanos para medir los servicios de la ciudad y la calidad de vida (ISO, 2014). Lo relevante de este trabajo es que incorpora indicadores centrales e indicadores de soporte. En uno de sus apartados incluye el agua y la sanidad. Dentro del apartado, aborda principalmente temas como el suministro, sanidad, consumo, y fugas. Ambos esfuerzos organizan los indicadores por temáticas. Más adelante se hará referencia a algunos de los indicadores que conforman el grupo de indicadores urbanos de la ISO-37120 y de las Naciones Unidas.

En cuanto a indicadores nacionales, los indicadores del INEGI y la SEMARNAT fueron parte del compromiso asumido por México al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sostenible suscrito en la Cumbre de la Tierra (1992). Como producto de ese esfuerzo, México documentó 113 de los 134 indicadores posibles que propuso la Comisión para el Desarrollo Sustentable (CDS) (Rodríguez-Ortega y Flores-Martínez, 2008). Parte de esto se ve reflejado en los Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México (2005), poniendo al alcance de los usuarios uno de los conjuntos de indicadores que integran el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA). Este sistema presenta una visión profunda acerca del estado del medio ambiente y los recursos del país (Rodríguez-Ortega y Flores-Martínez, 2008). Los indicadores se presentan por temáticas, pero tienen un enfoque de PER. En temas del agua, aborda principalmente el grado de presión de los recursos hídricos -disponibilidad y usos-, y la calidad de agua -saneamiento y tratamiento-. No obstante, la escala de los indicadores es a nivel de región hidrológica, por lo que no todos pueden ser utilizados para analizar la sostenibilidad hídrica de la ciudad.

Con respecto a indicadores de sostenibilidad hídrica, una investigación base para este trabajo es la realizada por Milma y Short (2008). Estas investigadoras proponen un indicador llamado *Water Provision Resilience* (WPR), en el que incorporan medidas de resiliencia a indicadores de sostenibilidad. Presentan 36 indicadores y consideran seis categorías para la construcción del indicador. Los temas que toman en cuenta son el suministro, la infraestructura, la prestación del servicio, las finanzas, la calidad del agua y la gobernanza. Estos temas son utilizados en esta investigación.

El *City Blueprint* es una herramienta desarrollada por Waternet Amsterdam y el KWR Water Cycle Research Institute para proporcionar una exploración rápida y una evaluación inicial de la sostenibilidad hídrica en las ciudades (Van Leeuwen *et al.*, 2012). La herramienta consta de 24 indicadores, subdivididos en ocho grandes categorías: la seguridad hídrica, la calidad del agua -superficial y subterránea-, agua potable, saneamiento, infraestructura, robustez climática, biodiversidad y atractivo y gobernabilidad. De igual manera, el marco de indicadores propuesto aborda varios de los indicadores presentados en el City Blueprint.

Por otro lado, específicamente para la Ciudad de México, Tiburcio y Perevochtchikova (2012) y Tiburcio (2013) construyeron un marco de indicadores ambientales para la gestión del agua en la Ciudad de México. Esta investigación se basa en un análisis comparativo entre el caso de la Ciudad de México y la gestión del agua en Canadá, considerando los criterios de sostenibilidad desde el enfoque de Gestión Integral del Agua. Tiburcio (2013) mezcla indicadores relacionados con el desempeño de organismos operadores y aquellos relacionados con la sostenibilidad del agua en zonas urbanas. Se basan en el marco PER, y presentan 12 indicadores subdivididos en cuatro grupos: la eficiencia operativa relacionada con el servicio del agua, el grado de presión ejercida sobre el recurso -disponibilidad y calidad del agua, el estado del recurso, y la respuesta de la sociedad para disminuir las presiones ejercidas, y mejorar la calidad y cantidad de agua disponible.

Por otro lado, Delgado-Ramos y Guibrinet (2017), proponen un marco conceptual de Indicadores Urbanos de Resiliencia y Sostenibilidad –USRI-. Examinan el caso de la Ciudad de México, y presentan un enfoque de dimensiones de la sostenibilidad. En su trabajo, desarrollan principalmente la dimensión ecológica. En esta dimensión, incluyen cuatro subtemas en torno al agua, relacionados con el consumo, la pérdida de agua, saneamiento e higiene y el nexo agua-energía-carbono.

Finalmente, la organización del marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica de este trabajo, está basada principalmente en las investigaciones de Milman y Short (2008), *City Blueprint* (Van Leeuwen *et al.*, 2012), y Delgado-Ramos y Guibrinet (2017). A continuación, se mencionan los indicadores que conforman el marco conceptual, su fundamento y se especifican las investigaciones que lo proponen.

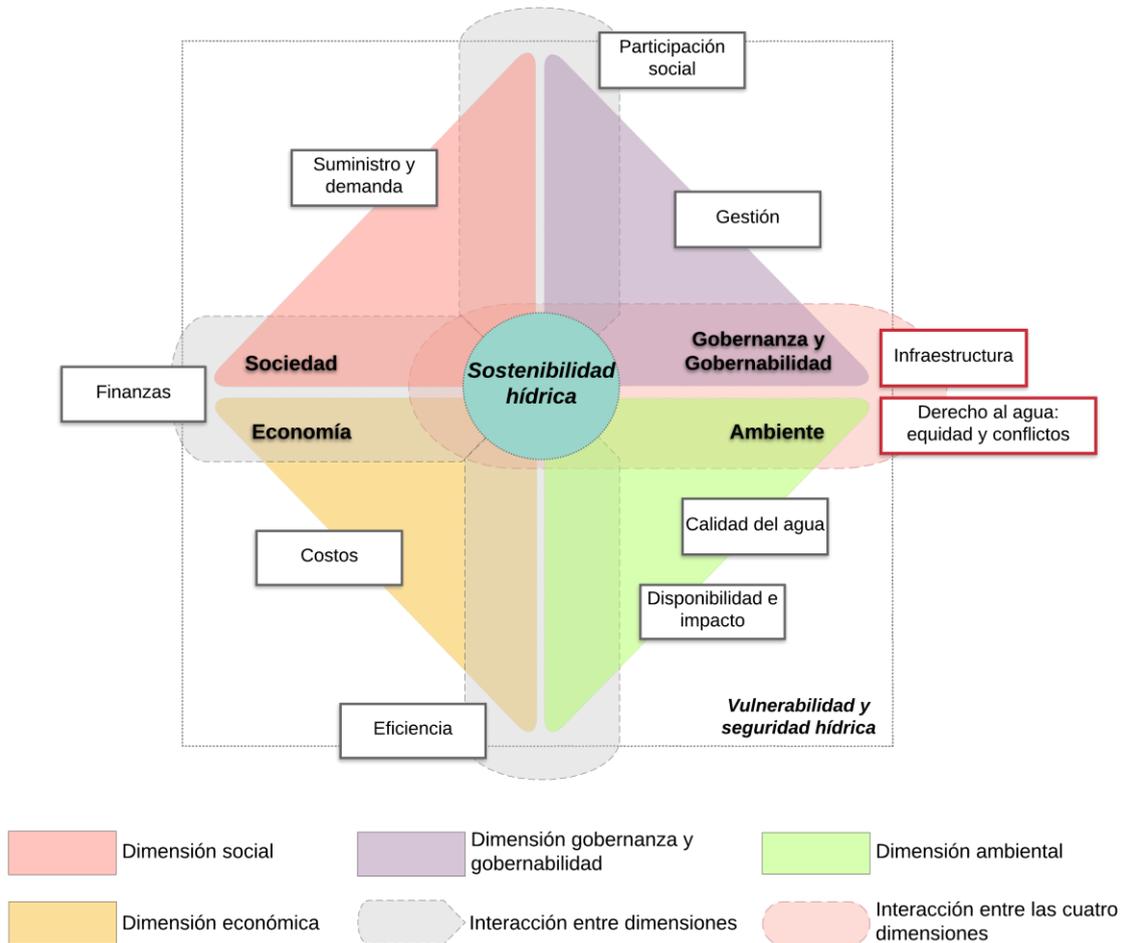
### **3.5 Marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica para la Ciudad de México**

Definir criterios para evaluar la sostenibilidad del sistema de suministro de agua no es tarea sencilla debido a la falta de consenso en conceptualizar la sostenibilidad hídrica. Sin embargo, las dimensiones de la sostenibilidad ecológica, económica, social y de gobernanza, se han convertido en parte integral de los proyectos de sostenibilidad donde se utilizan

numerosos criterios de evaluación dentro de cada dimensión (Balkema *et al.*, 2002 Shen *et al.*, 2011; Rathnayaka *et al.*, 2016). Si bien este trabajo se basa principalmente en el enfoque de dimensiones de la sostenibilidad, también considera la contabilización de flujos de energía y materiales, considerando el perfil metabólico urbano. Los indicadores están en relación a las consideraciones de un balance hídrico con base en el perfil metabólico hídrico de la ciudad.

De manera relevante, se hace una contribución al enfoque de dimensiones de la sostenibilidad al incorporar temas que vinculan las dimensiones, resaltando que existe un dinamismo urbano que influye en la sostenibilidad hídrica (Figura 15). Además, como también lo presentan Delgado y Guibrunet (2017), es una iniciativa para romper con un enfoque de gestión sectorizado. Sumado a lo anterior, el marco conceptual de indicadores propuesto, atiende algunos de los principales criterios y problemas hídricos señalados en investigaciones y planes de acción de la Ciudad de México, en dirección a reducir la vulnerabilidad hídrica en la ciudad.

El marco conceptual de indicadores se conforma de cuatro dimensiones, sus interacciones, 10 temas centrales y 43 indicadores (Tabla 4 y 5). Los temas están en relación a los conceptos de seguridad y vulnerabilidad hídrica, así como a los criterios utilizados en el perfil metabólico hídrico de la ciudad –entradas y salidas, consumo energético y GEI- (apartados Figura 19). Los temas los clasifiqué en: gestión, infraestructura, disponibilidad biofísica, suministro y demanda, calidad del agua, derecho al agua -equidad social-, finanzas, costos, y eficiencia. Los temas están en función de las dimensiones de la sostenibilidad hídrica y sus interconexiones. En el caso particular de la infraestructura y el derecho al agua, se representan con la interacción de las cuatro dimensiones. La infraestructura porque considero que es la expresión física del estado de las otras dimensiones, y el derecho al agua porque, como señala González *et al.* (2011), involucra la disponibilidad, calidad, accesibilidad física, accesibilidad económica y la no discriminación (Figura 21).



**Figura 21. Marco conceptual de indicadores de sostenibilidad hídrica. Elaboración propia.**

Con base en la revisión bibliográfica (21 documentos), los principales criterios que se abordan en documentos de sostenibilidad del sistema de agua urbano es: a) la calidad del agua (14 documentos), b) el acceso (10 documentos), c) el tratamiento y reúso del agua residual (8 documentos), y d) la sobre-explotación de los cuerpos de agua (7 documentos). En la Tabla 4, se presenta el listado de criterios que se consideran en trabajos de vulnerabilidad y sostenibilidad hídrica. Estos son los principales criterios que se abordan para la propuesta de indicadores del presente trabajo. Sin embargo algunos criterios, principalmente los de gobernanza y participación ciudad, si bien son esenciales para la sostenibilidad y deben considerarse, son difícilmente traducidos a un indicador por la comparación en el tiempo. Por ejemplo, los planes de gestión en la Ciudad de México, como vimos en el capítulo 2 existen diversos programas de agua en la ciudad y posiblemente esto no cambie en el tiempo y poder comparar entre años es una característica importante en los

indicadores. Otro caso es la existencia de mecanismos de participación ciudadana. Por esto, es importante la contextualización de los indicadores.

**Tabla 4. Sostenibilidad hídrica: dimensiones, temas y criterios.**

<b>Gobernanza</b>	<i>Gestión</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de gestión de gestión integral del agua <sup>[e]</sup></li> <li>- Plan de gestión a 20 años <sup>[e; h]</sup></li> <li>- Existencia de planes de mitigación ante riesgos hidrometeorológicos <sup>[e]</sup></li> <li>- Descentralización: la ciudad tiene autonomía para implementar la gestión del agua <sup>[e]</sup></li> </ul>
<b>Interacción: Sociedad-gobernanza</b>	<i>Participación social</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existencia de mecanismos de participación ciudadana <sup>[e]</sup></li> <li>- Mecanismos de acceso a la información <sup>[c; e]</sup></li> <li>- Proyectos sociales no remunerados sobre gestión del agua <sup>[h]</sup></li> </ul>
<b>Sociedad</b>	<i>Suministro y demanda</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda de agua per cápita -consumo- <sup>[k; n]</sup></li> <li>- Consumo de agua de uso doméstico per cápita <sup>[b; f; g; k]</sup></li> <li>- Población con acceso al agua <sup>[e; f; h; j; k; m; n; p; r; t]</sup></li> <li>- Frecuencia del abastecimiento de agua potable <sup>[e; f; j; k; p]</sup></li> <li>- Porcentaje de las viviendas con tinacos de agua <sup>[p]</sup></li> </ul>
<b>Interacción: sociedad-economía</b>	<i>Finanzas</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Subsidio del agua (% del costo real del agua subsidiado) <sup>[ñ]</sup></li> <li>- Existencia de riegos financieros <sup>[e]</sup></li> </ul>
<b>Economía</b>	<i>Costos</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo de mantenimiento <sup>[a; l; s]</sup></li> <li>- Costo de operación <sup>[a; l]</sup></li> <li>- Costo real del agua <sup>[e; f]</sup></li> <li>- Salud financiera de los organismos operadores: recuperación del costo administrativo y operativo <sup>[s]</sup></li> <li>- Asequibilidad <sup>[n]</sup></li> <li>- Marginación social y económica <sup>[p; r]</sup></li> </ul>
<b>Interacción: economía-ambiente</b>	<i>Eficiencia</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo energético de operación <sup>[c; g; h; n; s]</sup></li> <li>- Nexo agua-energía-carbono <sup>[n; s]</sup></li> <li>- Proporción fugas de agua reportadas-fugas reparadas</li> <li>- Fugas reparadas al año</li> <li>- Pérdida de agua por fugas <sup>[h; i; j; k; n]</sup></li> <li>- Tomas clandestinas <sup>[j; t]</sup></li> </ul>
<b>Ambiente</b>	<i>Calidad del agua</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad de agua subterránea y superficial para consumo humano <sup>[a; b; d; e; f; h; i; k; m; n; o; q; r; t]</sup></li> <li>- Sistemas de monitoreo de la calidad de agua en la fuente y en</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>puntos del sistema de suministro de agua <sup>[e]</sup>.</li> <li>- Plantas potabilizadoras en operación <sup>[m, n]</sup>.</li> <li>- Plantas de tratamiento <sup>[m, n]</sup>.</li> <li>- Agua residual tratada -primario, secundario, terciario- <sup>[d; f; h; i; k; m; s; t]</sup>.</li> <li>- Consumo de agua embotellada <sup>[n]</sup>.</li> </ul>
	<p><i>Disponibilidad e impacto</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precipitación media <sup>[m; t]</sup>.</li> <li>- Recarga media del acuífero <sup>[m]</sup>.</li> <li>- Disponibilidad de agua per cápita <sup>[h; m; i; r; t]</sup></li> <li>- Autosuficiencia: dependencia de fuentes externas <sup>[h; i]</sup>.</li> <li>- Agua residual reutilizada <sup>[l]</sup>.</li> <li>- Captación de agua de lluvia <sup>[n]</sup>.</li> <li>- Subsidiencias del suelo <sup>[t]</sup>.</li> <li>- Sobre-explotación del acuífero <sup>[b; d; i; j; m; r; t]</sup>.</li> <li>- Proporción importación y exportación de agua virtual <sup>[m; n]</sup>.</li> <li>- Degradación ambiental, zonas de captación <sup>[i; t]</sup>.</li> <li>- Huella hídrica <sup>[h]</sup></li> </ul>
Interacción: gobernanza- sociedad-ambiente- economía	<p><i>Infraestructura</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presión media de la red <sup>[j]</sup>.</li> <li>- Tiempo de vida de la infraestructura actual <sup>[n; t]</sup>.</li> <li>- Mantenimiento de la infraestructura: sustitución de las redes de abastecimiento <sup>[h; j, n]</sup>.</li> <li>- Reparación de tuberías de agua potable (red primaria y secundaria) <sup>[j]</sup>.</li> <li>- Infraestructura para separación agua de lluvia y residual <sup>[h]</sup>.</li> <li>- Infraestructura robusta ante el cambio climático <sup>[e; h; n; s]</sup>.</li> </ul> <p><i>Derecho al agua: Equidad y conflictos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transferencia del riesgo: exportación de problemas a otras regiones <sup>[n; r]</sup>.</li> <li>- Aceptación social y soporte socio-político: existencia de movilizaciones sociales por conflictos del agua <sup>[a; b; r; s; t]</sup>.</li> <li>- Cantidad suficiente de agua <sup>[j]</sup>.</li> <li>- Población con acceso adecuado al agua <sup>[j; k; p]</sup>.</li> </ul>

[a] Hellström *et al.*, 2000; [b] INEGI e INECC, 2000; [c] Balkema *et al.*, 2002; [d] ONU-DAES, 2007, [e] Milman y Short, 2008, [f] Shen *et al.*, 2011, [g] Beh *et al.*, 2011; [h] van Leeuwen *et al.*, 2012; [i] Tiburcio, 2013; [j] SEDEMA y SACMEX, 2014; [k] ISO, 2014; [l] Bichai *et al.*, 2015; [m] SEMARNAT, 2016; [n] Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017; [ñ] Sosa, 2007, [o] Sosa-Rodríguez, 2012; [p] Salazar, 2014; [q] Mazari-Hiriart *et al.*, 2000; [r] Ávila, 2008; [s] Rathnayaka *et al.*, 2016; [t] Escolero *et al.*, (2016).

Aunque existe gran cantidad de criterios para la sostenibilidad hídrica, aún hay algunos criterios que no se mencionan, como: a) la coordinación institucional, en relación a la vinculación e intercambio de información y trabajo interinstitucional; b) proyectos de

educación para una nueva cultura del agua; y en relación al anterior, c) reducción del consumo de agua por la población. Con base a esto, y los criterios e indicadores observados en los documentos estudiados, en la Tabla 5 y Figura 22 se presentan los indicadores propuestos para la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México, cualitativos y cuantitativo. Se señala las unidades, si hay disponibilidad de datos en diferentes años y posibles fuentes.

De acuerdo con Rogers y Hall (2003), la gestión del agua hace referencia al "conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos existentes para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y prestar servicios de agua a diferentes niveles sociales". Este subtema contiene criterios relacionados con la mitigación, la toma de decisiones y la planificación, en donde se considera la existencia de planes de gestión a largo plazo y planes ante contingencias (Milma y Short, 2008). Para la gobernanza, también es relevante que, si bien ya existen instituciones especializadas para la gestión del agua en la ciudad, debe existir una coordinación institucional. Esto es importante ya que, como se mencionó anteriormente en el marco institucional (apartado 2.4), en el caso de la gestión de agua de México existe una concurrencia en competencias federales, estatales y municipales (Art. 115 constitucional). También, se considera como un indicador a la coordinación institucional, abordando la multiplicidad y duplicidad de funciones de las diferentes instituciones y organismos que intervienen en el manejo y operación de los servicios de agua potable (Martínez *et al.*, 2004).

Otro de los indicadores propuestos es la participación ciudadana como la conexión entre la parte social y gobierno. En este se consideran tanto la participación para el buen manejo del sistema de agua –ej. la denuncia de fugas–, como la disponibilidad para reducir el consumo o buscar alternativas autosostenibles –ej. captación de agua de lluvia o instalación de dispositivos ahorradores–. En relación a esto, Escolero *et al.* (2016) menciona que uno de los factores que más influyen en la sostenibilidad hídrica son los conflictos sociales y políticos. Ante esto, se propone también evaluar la organización social mediante movilizaciones sociales que exigen a las autoridades públicas la dotación de agua, esto para reflejar si existe una inconformidad de la sociedad con la gestión del agua en la ciudad, y si existe una cohesión social para reclamar el buen funcionamiento del sistema de agua.

Tabla 5. Propuesta de indicadores de sostenibilidad hídrica

Dimensión e interacción	Tema	Indicador	Medición	Diferentes años	Definición o fórmula	Fuente existente o potencial
Interacción: Sociedad-gobernanza	Participación social	Reporte de fugas por ciudadanos al año <sup>[propuesta]</sup>	%	Si	Fugas reportadas por ciudadanos/fugas registradas	SACMEX
		Acceso a la información	Entero	Sin datos	Número de denuncias al INAI por negación de información en materia del agua	INAI, TransparenciaDF y PAOT
		Proyectos de educación en temas del agua: presencia o ausencia.	Presencia/ausencia	Sin datos	Incorporación del cuidado del agua en planes de estudio y/o campañas del agua	SACMEX, SEP
		Proyectos sociales no remunerados sobre gestión del agua	Presencia/ausencia	Sin datos	Proyectos de ONG, A.C., academia, colectivos, etc.	Búsqueda bibliográfica
		Interés para reducir el consumo de agua <sup>[propuesta]</sup>	%	Si	Viviendas con instalación de dispositivos ahorradores o de captación de agua de lluvia	INEGI-ENIGH
Sociedad	Suministro y demanda	Cantidad de agua suministrada	m3/hab/día	Si	Volumen real de agua suministrada en relación al porcentaje de fugas	SACMEX e INEGI-Encuesta Intercensal (EI)-Censo de Población y Vivienda (CPV)
		Población con acceso al agua	%	Si	Acceso al agua dentro y fuera de la vivienda	SACMEX e INEGI-EI-CPV
		Frecuencia del abastecimiento de agua potable	h/día	Si	Horas de agua suministrada al día	SACMEX e INEGI-EI-CPV
		Almacenamiento de agua en cisternas/tinacos	%	Si	Viviendas con cisternas y/o tinacos	INEGI-ENIGH
Interacción: sociedad-economía	Finanzas	Subsidio del agua	%	Si	Costo real del agua subsidiado	SACMEX
		Existencia de riegos financieros	%	Si	Recorte al presupuesto por año: Presupuesto al agua/presupuesto de la ciudad	Hacienda y Crédito Público, CONAGUA, Secretaría de Finanzas-GOCMX
Economía	Costos	Costo de mantenimiento	MXN/año	Si	Red primaria y secundaria	SACMEX
		Costo de operación	MXN/año	Si	Red primaria y secundaria	SACMEX, OCAVM

		Costo real del agua	MXN/L	Si	Implicación del tiempo, MXN, labor, bombeo, distribución	SACMEX
<b>Interacción: economía-ambiente</b>	<i>Eficiencia</i>	Costo energético de operación	kWh/m3/año	Si	Implicación energética por la extracción, distribución y desagüe de un metro cúbico de agua	SACMEX, OCAVM, CMM
		Nexo agua-energía-carbono	CO2 eq/m3/año	Si	Emisiones de GEI por extracción, suministro	Cálculo a partir de SACMEX, CFE, SEDEMA e INECC.
		Atención de reporte de fugas	%	Si	Proporción fugas de agua reportadas/fugas reparadas.	SACMEX-InfoDF
		Fugas reparadas al año	Entero	Si	-	SACMEX
		Pérdida de agua por fugas	%	Si	Agua suministrada menos volumen de agua utilizada entre el volumen suministrado	SACMEX, BM
<b>Ambiente</b>	<i>Calidad del agua</i>	Calidad de agua subterránea y superficial	Cumple/no cumple	Si	CF -UFC/100 ml-, DQO -mg/L- y DBO -DBO5.	SACMEX, CONAGUA, OCAVM
		Plantas potabilizadoras en operación	%	Si	Plantas potabilizadoras en operación/plantas potabilizadoras totales	INEGI
		Plantas de tratamiento de agua residual	%	Si	Capacidad en operación/capacidad instalada total	INEGI, SEMARNAT
		Agua residual tratada	%	Si	Agua residual tratada primario, secundario, terciario/agua residual generada	INEGI-EI
		Consumo de agua embotellada	m3/hab/año	Si	Compra de agua embotellada	Nestlé-México, INEGI-ENIGH
	<i>Disponibilidad e impacto</i>	Precipitación media	mm/año	Si	-	CONAGU, SEDEMA
		Disponibilidad de agua potable per cápita	m3/hab	Si	Volumen de agua superficial y subterránea potencialmente aprovechable con respecto al total de la población	SACMEX, CONAGUA y OCAVM
		Recarga media del acuífero	m3/s	Si	Filtración del agua de lluvia	SACMEX, SEDEMA, OCAVM
		Dependencia de fuentes	%	Si	volumen de fuentes locales/volumen	SACMEX y CONAGUA

		externas			de fuentes externas	
		Agua residual reutilizada	%	Si	Agua tratada usada/agua tratada	INEGI, SACMEX
		Captación de agua de lluvia	%	Si	Agua cosechada/volumen de precipitación	SACMEX, Isla Urbana
		Subsidencia promedio del suelo	cm/año	Si	Hundimiento del terreno	SACMEX
		Sobre-explotación del acuífero	%	Si	Relación de extracción y recarga de agua	SACMEX y CONAGUA
		Proporción importación y exportación de agua virtual	m3	No	Volumen de agua adicional para la producción	SACMEX, CONAGUA
		Pérdida del suelo de captación de agua	ha/año	Si	Hectáreas perdidas por cambio de uso de suelo	SEDEMA, CONAP
<b>Interacción: gobernanza-sociedad-ambiente-economía</b>	<i>Infraestructura</i>	Presión media de la red	kg/m2	Si	-	SACMEX
		Tiempo de vida de la infraestructura actual	Entero	Si	Edad de la infraestructura	SACMEX
		Reparación de las redes de abastecimiento	m/año	Si	Reparación de redes de abastecimiento (primaria y secundaria)	SACMEX
		Infraestructura para separación agua de lluvia y residual	Presencia/ausencia	Sin datos	-	SACMEX, CONAGUA
		Infraestructura robusta ante el cambio climático	Si/no	Sin datos	-	SACMEX, INECC, Agencia de Resiliencia
	<i>Derecho al agua: Equidad y conflictos</i>	Transferencia del riesgo	Presencia/ausencia	Si	Exportación de problemas a otras regiones	Búsqueda bibliográfica
		Movilizaciones sociales por conflictos del agua	Número/año	Si	Reportes por conflictos por el agua	PAOT, SEDEMA
		Cantidad suficiente de agua (100 L/hab/día)	%	Si	Consumo de agua por delegación, de acuerdo a la OMS	SACMEX e INEGI-ENIGH
		Población con acceso adecuado al agua	%	Si	Fuente de agua a no más de 1 km de distancia	SACMEX e INEGI-ENIGH-CPV

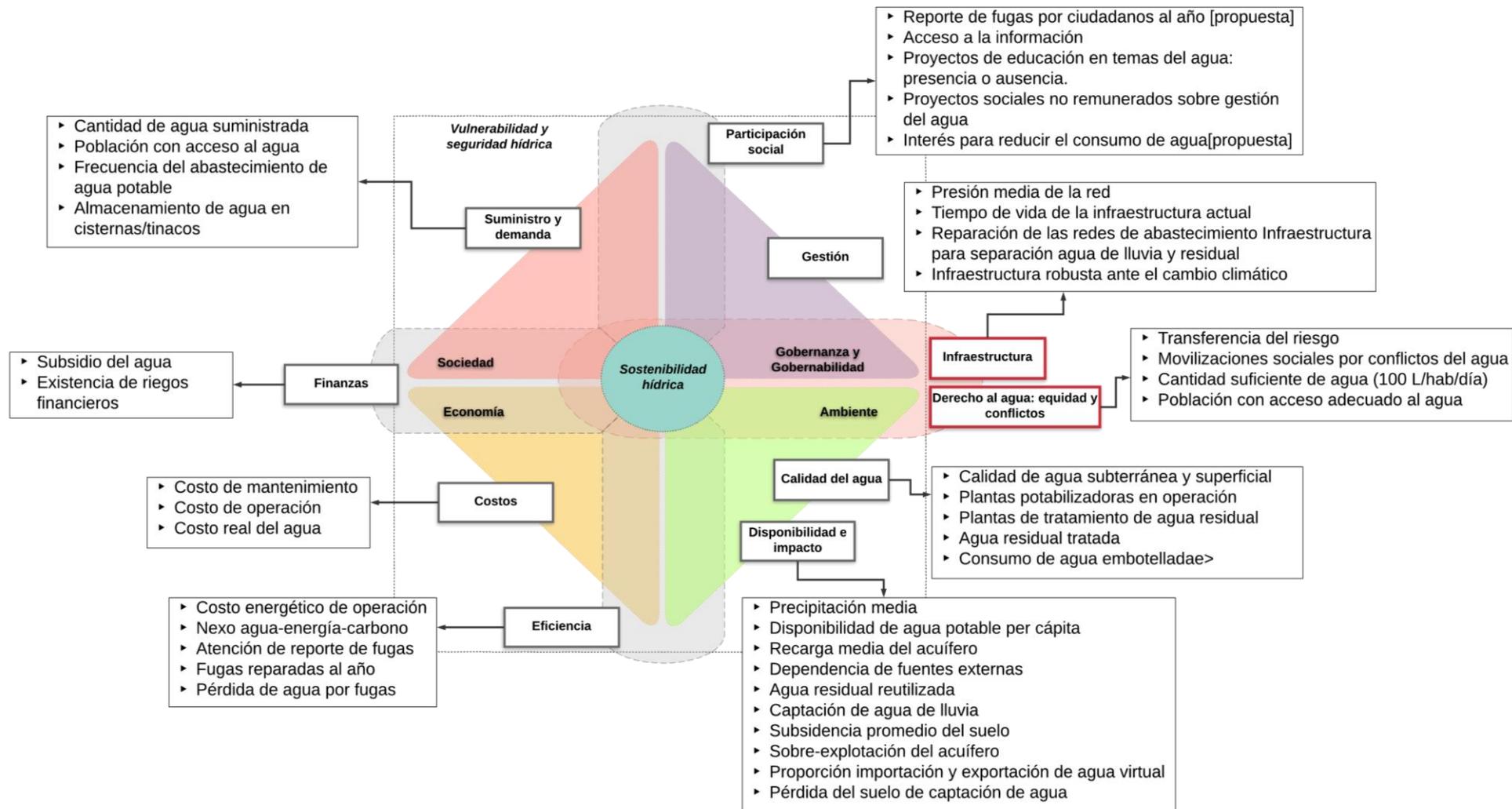


Figura 22. Propuesta de indicadores de sostenibilidad hídrica. Elaboración propia, basado en Hellström *et al.*, 2000; INEGI e INECC, 2000; Balkema *et al.*, 2002; ONU-DAES, 2007; Milman y Short, 2008; Shen *et al.*, 2011; Beh *et al.*, 2011; González *et al.*, 2011; van Leeuwen *et al.*, 2012; Tiburcio, 2013; SEDEMA y SACMEX, 2014; ISO, 2014; Bichai *et al.*, 2015; SEMARNAT, 2016; y Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017.

González *et al.* (2011), menciona que se deben considerar los niveles de acceso -tipos de disponibilidad- y la frecuencia de llegada del agua a las viviendas, por lo que otro subtema es el derecho al agua, considerando los criterios que marca la ley (Art. 4 constitucional y Art. 1 LASHCMX). Estos criterios son el acceso, el suministro en cantidad y calidad, el saneamiento, y un servicio asequible. Estos indicadores son los más utilizados en los estudios de evaluación de la sostenibilidad hídrica. Estos criterios también se relacionan con la vulnerabilidad por falta de servicios en la vivienda.

La disponibilidad de agua hace referencia al volumen de agua superficial y subterránea potencialmente aprovechable con respecto al total de la población (Ávila, 2008). Mientras que el suministro de agua se relaciona a la cantidad de agua suministrada per cápita y el porcentaje de la población con acceso al agua (SACMEX, 2017), este es el indicador más citado. Dentro de estos criterios, también se abordan cuestiones relacionadas con la equidad. La equidad en el acceso a los recursos hídricos, no sólo considera el porcentaje de la población con acceso adecuado al agua, sino también la frecuencia del suministro, la cual considera el ideal de un servicio de agua diario, y con cantidad suficiente de agua de acuerdo a la OMS –100 L/hab/día- (Tabla 6). Se entiende que, si el suministro de agua potable se reduce por debajo de esta cantidad, la población se verá afectada en términos de su higiene, hidratación y alimentación. Esta cantidad garantiza una salud doméstica completa en términos de higiene, preparación de alimentos e hidratación en la Ciudad de México.

**Tabla 6. Cantidad mínima necesaria de agua potable por habitante.**

<b>Cantidad (L/hab/día)</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Fuente</b>
196	Se recomienda este consumo para satisfacer necesidades de alimentación, hidratación e higiene para la Ciudad de México.	SEDEMA en Contreras (2014)
96-122	Usos domésticos de higiene y preparación de alimentos con buenos hábitos de ahorro.	SACMEX (2011)
100	Se garantizará la cobertura de las necesidades más básicas y surgen pocas preocupaciones en materia de salud.	OMS (2010)

En cuanto a los factores ambientales, Escolero *et al.* (2016) menciona que los criterios que más se involucran en la sostenibilidad hídrica son los relacionados con la disponibilidad presente y futura del agua, los hundimientos del terreno -por extracción intensiva de agua subterránea-, la transferencia intersectorial del agua, y el deterioro ambiental de las áreas de captación de agua superficial y de recarga de los acuíferos. Considerar la disponibilidad del agua en las cuencas hidrológicas es de gran relevancia debido a que, a partir de las magnitudes, se deben establecer los niveles de escasez o abundancia, asignar equitativamente los requerimientos de los usuarios, y llevar a cabo la planeación del recurso agua a corto, mediano y largo plazo.

Una de las preocupaciones actuales es si se tiene suficiente agua para satisfacer las demandas futuras de agua para los próximos 20 años. Por ello, se considera la existencia de los planes de manejo de agua a largo plazo, pero también considerar la disponibilidad del agua por las características geográficas, es decir, considerar la disponibilidad natural del agua. La disponibilidad natural media de agua per cápita al año, es un indicador fundamental para evaluar la situación de los recursos hídricos de la cuenca hidrológica. Se considera que existe una escasez extrema cuando es  $<1,000 \text{ m}^3/\text{hab/año}$ , valor que limita drásticamente las posibilidades de desarrollo (Tiburcio, 2013)<sup>78</sup>.

Es fundamental considerar la sobre-explotación de los acuíferos en la ciudad,<sup>79</sup> debido a que a mayor explotación del recurso existe una mayor vulnerabilidad hídrica. Por otro lado, el indicador de la demanda aborda el consumo de agua de uso doméstico per cápita. Con base en lo que menciona Stålgren (2006), durante al menos un siglo, el uso del agua a nivel mundial ha estado creciendo mucho más rápido que la población, y esta tendencia continúa. Es por esto que se propone el consumo de agua, considerado como demanda, como uno de los principales indicadores, además de que es uno de los más utilizados. Los dos últimos

---

<sup>78</sup> La disponibilidad presenta una escasez crítica si su valor se encuentra entre 1,000 y 1,700  $\text{m}^3/\text{hab/año}$ , situación en la cual es necesario tomar medidas urgentes para preservar el recurso. Se tienen disponibilidades bajas y medias si los valores oscilan entre 1,700 y 5,000  $\text{m}^3/\text{hab/año}$ , y 5,000 y 10,000  $\text{m}^3/\text{hab/año}$ , respectivamente. Si las magnitudes son superiores a 10,000  $\text{m}^3/\text{hab/año}$ , se considera que hay una disponibilidad alta (Tiburcio, 2013).

<sup>79</sup> Los acuíferos que se encuentran en una relación de desequilibrio entre la extracción y recarga de agua se consideran sobre-explotados (Ávila, 2008).

criterios –calidad y asequibilidad- se desarrollan en los temas de calidad de agua y finanzas, dentro de la dimensión ecológica y económica.

En cuanto a la disponibilidad de agua potable, al ser el agua un servicio básico, es un indicador de la calidad de vida de la población y de la competitividad de la ciudad en la prestación de servicios. El acceso al agua potable se refiere a tres variables a medir: la forma en que se dispone el agua potable en una vivienda, la frecuencia de la disponibilidad y la calidad con que la recibe la población (Tiburcio, 2013). El objetivo es incrementar el acceso de la población al agua potable dentro de su vivienda todos los días del año las 24 horas. No obstante, si bien la disponibilidad física del agua es una particularidad de la escasez, también la relación entre la seguridad y la disponibilidad está mediada por la infraestructura y las instituciones que rigen el agua (PNUD, 2006).

Otro de los principales indicadores ambientales es el grado de degradación de las fuentes de agua urbanas. Para el caso particular de la Ciudad de México, la disminución en más de un metro por año en los niveles de almacenamiento del acuífero, junto con la problemática de los hundimientos de la ciudad, son claros síntomas de un problema grave y creciente, por lo que, también se debe considerar la subsidencia de la ciudad como uno de los indicadores que se relaciona con la sobre-explotación del acuífero. Además, dado que el crecimiento territorial de las ciudades impide la recarga de los mantos acuíferos debido a la extensión de la capa urbana (ONU-Agua, 2013), las partes altas de las cuencas deben ser consideradas como tema prioritario para la protección ambiental, específicamente en el cuidado de las zonas de recarga (Escolero *et al.*, 2016).

El grado de dependencia de fuentes externas de agua potable de una ciudad indican también un nivel de sobre-explotación de las fuentes internas, así como una mayor afectación al medio ambiente al modificar el ciclo hidrológico de la cuenca. En relación a esto, algunas de las alternativas son aumentar el tratamiento del agua residual y la captación del agua de lluvia. Con respecto a la recolección del agua residual y su tratamiento, es un componente importante de los Objetivos del Milenio (ONU, 2015b).

Una medida para disminuir la explotación del agua consiste en el reúso de las aguas residuales<sup>80</sup>, que se refiere a la proporción de aguas residuales reutilizadas del volumen total de aguas residuales producidas (Tiburcio, 2013). Actualmente en la ciudad parte del agua suministrada de primer uso es utilizada para la limpieza de calles, el regado de jardines particulares y otros usos industriales. Si logramos generar un mayor volumen de aguas tratadas con posibilidad de ser utilizadas dentro de la Ciudad de México, podríamos ahorrar el agua potable que se destina a usos que no requieren de esa calidad (Balkema *et al.*, 2002), y a la vez disminuir, aunque en menor medida, la dependencia de fuentes externas.

Por lo anterior, el aumento del tratamiento de aguas residuales, distribuyendo las plantas y diversificando las tecnologías es relevante para la sostenibilidad hídrica (Perló, 2009). Además, tratar el agua residual no sólo disminuye la presión sobre las fuentes de agua primarias, sino, además se relaciona con eliminar la transferencia del riesgo a otras cuencas. El Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos 2013-2018, incluye la rehabilitación, ampliación de plantas de tratamiento y la construcción de nuevas plantas potabilizadoras bajo la norma SSA-003. El porcentaje del agua residual tratada es un indicador clave de la gestión de la calidad del agua. El objetivo es lograr el tratamiento terciario del 100% del agua residual producida, aunque esto tal vez no se logre dentro del periodo que establece el programa.

La captación de agua de lluvia se propone como indicador desde el punto de vista de una cultura del agua, pero también como un indicador estratégico. De acuerdo con la SEDEMA (2017) “con el agua que cae en la Ciudad de México, la población podría tener agua de 6 a 8 meses”. Y si consideramos las asimetrías existentes en la ciudad, la captación de agua de lluvia se vuelve principalmente relevante para las zonas marginadas sin acceso al agua. El agua de lluvia es poco aprovechada en la ciudad, la SEDEMA (2017) calcula que se pueden cosechar de 0.7 a más de 1.5 m<sup>3</sup>/año por m<sup>2</sup> de techo, dependiendo de la región - aumentando del noreste al suroeste de la ciudad-.

---

<sup>80</sup> Agua residual: es el tipo de agua que está contaminada con coliformes fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.

Estratégicamente, la cosecha de agua de lluvia es importante porque no es agua que se pierde en las fugas del sistema de suministro y por usos no contabilizados, como los pozos que extraen más agua de la que está concesionada. Mientras que, desde un punto de visto económico, también es relevante, ya que captar agua de lluvia, permite una mayor independencia ante un recorte presupuestal y/o frente a la privatización de los sistemas de suministro de la ciudad. La cosecha de agua de lluvia puede ser una manera de tomar decisiones *bottom-up*, encaminado a la ciudad hacia tendencias autosostenibles, al considerar la captación del agua de lluvia como una fuente de agua para la ciudad. Para la Ciudad de México, el agua de lluvia es un recurso que no debería ser ignorado ante el panorama de escasez.

La cantidad de agua no es el único indicador de referencia de la escasez, la calidad también tiene influencia sobre el volumen de agua que se encuentra disponible para uso. El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada hasta la entrega al consumidor, es fundamental para prevenir y evitar enfermedades gastrointestinales. En el caso de la Ciudad de México, que sufre un alto estrés hídrico, la calidad se ha visto comprometida por la contaminación. Conforme al Plan Agua para el Futuro Ciudad de México, para finales del 2018, además de que la ciudad debe contar con un mejor servicio, se plantea que todos los usuarios reciban agua potable conforme a la NOM-127-SSA1-1994<sup>81</sup>.

En México, el agua potable debe cumplir con los 48 parámetros de la NOM 127-SSA1-1994, la cual establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya. Para evaluar la calidad del agua en cuerpos superficiales CONAGUA utiliza principalmente dos parámetros, la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

---

<sup>81</sup> Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

(CONAGUA, 2012)<sup>82</sup>. También, el Plan Agua para el Futuro Ciudad de México busca reducir el déficit de agua en 10%, y que la presión media sea mayor de 1 kg/cm<sup>2</sup>. La presión se relaciona con la velocidad del agua y el depósito de sedimentos y además, algunas fugas son originadas por las fluctuaciones de la presión en la red (Aguirre, 2016).

Recientemente, se le ha dado una mayor importancia al análisis de la demanda de agua y sus impactos ambientales, pero continúa dominando un enfoque económico-sectorial que da mayor prioridad a los incrementos en la oferta y a las mejoras en la infraestructura hidráulica (González *et al.*, 2011). Dentro de este contexto, unos de los principales indicadores son la sustitución de las redes de suministro, la reparación de fugas, la reducción de las pérdidas de agua por variaciones en las presiones de las redes de distribución (SACMEX, 2012a), y usos no contabilizados. Como se vio en la sección de la crisis del agua en la ciudad (apartado 2.4), existe una preocupación por el gasto de agua ocasionado por las fugas existentes en las redes primaria y secundaria.

La infraestructura hídrica es un componente en diversos estudios de sostenibilidad hídrica (Milman y Short, 2008; van Leeuwen *et al.*, 2012; Tiburcio, 2013; Rathnayaka *et al.*, 2016). La infraestructura del sistema de suministro del agua es un tema abordado en cada una de las dimensiones de la sostenibilidad desde distintos criterios. La infraestructura principalmente se relaciona con temas de eficiencia del sistema, como la antigüedad de la red de distribución, los costos de operación y mantenimiento, como ya se mencionó, las fugas y pérdidas de agua, el consumo energético con su equivalente a emisiones de gases de efecto invernadero (*nexo agua-energía*). Otros estudios, también consideran la infraestructura especializada, ya sea para el tratamiento del agua residual, o para la separación o almacenamiento de los tipos de aguas –aguas residuales, aguas negras, agua de lluvia- (van Leeuwen *et al.*, 2012).

---

<sup>82</sup> DBO (Demanda biológica de oxígeno) es la cantidad de oxígeno disuelto requerido para oxidar o neutralizar la materia biodegradable en el agua. Altos niveles de DBO, representa altas cantidades de materia contaminante, y la reducción de la DBO es un parámetro común para determinar la eficiencia del tratamiento del agua (NOM-127-SSA1-1994).

Como señalan Delgado-Ramos y Guibrunet (2017), tomar en cuenta la edad de la infraestructura no sólo considera mejorar la eficiencia a través de la optimización del *nexo agua-energía*, sino también recuperar los materiales reciclables, y eliminar los tóxicos como el asbesto y el plomo presentes en la red de distribución. La renovación de las infraestructuras hídricas también puede ser una oportunidad para reducir las desigualdades de servicio en términos de provisión de agua, calidad del agua y frecuencia de servicio; así como para asegurar tarifas de agua justas y equitativas, un aspecto central para garantizar el Derecho Humano al Agua y el Saneamiento (Delgado-Ramos y Guibrunet, 2017).

Finalmente, como menciona Ávila (2008), “el grado de conflictividad es una expresión de los problemas asociados a la gestión y gobernanza del agua”. La vulnerabilidad por el acceso al agua, también está en relación a los conflictos socio-ecológicos por las acciones en la gestión del agua. Esto se puede expresar en el número de conflictos y disputas por el agua registrados en las regiones hidrológicas (Ávila, 2008).

### ***Ventajas y desventajas***

Una de las principales barreras que han tenido los trabajos sobre indicadores es la falta de conexión y acceso a la información. La recopilación de datos a nivel local es uno de los principales desafíos, a escala de la ciudad existen menos indicadores. En el caso de la Ciudad de México, no todos los datos son de acceso público, y por transparencia gubernamental el trámite es tardado o mediante oficios algunas instituciones evitan brindar la información (a través del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales a nivel Federal y de la Ciudad de México –INAI e infoDF-). Además, si bien algunos datos si están disponibles en ciertos portales, como la cantidad de agua aportada por las fuentes de agua, a veces no existe una concordancia entre los datos de distintas instituciones en materia del agua como el SACMEX, CONAGUA y el OCAVM. Es por esto que los indicadores deben ser apropiados por las instituciones del gobierno, y debe haber una coordinación institucional, que es importante en la etapa de difusión.

Por otro lado, se necesitan indicadores complementarios cuantitativos y cualitativos para identificar mejor las dependencias, co-beneficios, externalidades, barreras y consideraciones de gobernanza y justicia socio-ecológica, incluyendo aspectos de género. Además, se deben

considerar las externalidades generadas por las nuevas propuestas. Optimizar en una dimensión, por ejemplo la dimensión ecológica, mejorará este aspecto del sistema, pero puede tener efectos no deseados en otras dimensiones (Balkema *et al.*, 2002). Por ejemplo, si bien el tratamiento del agua residual se propone en este trabajo y otros como uno de los principales indicadores, no hay que dejar de vista el consumo energético que implica, y la inversión en la infraestructura que se requiere, y por eso, esto debe ir acompañado con una cultura del agua y una disminución en el consumo de agua de la ciudad. Para esto, Balkema *et al.* (2002), propone una categoría adicional, los indicadores funcionales. Mientras que los indicadores económicos, ecológicos, sociales y de gobernanza dan cuenta de la eficiencia de la solución, los indicadores funcionales determinan la efectividad de la solución<sup>83</sup>.

Una desventaja es que la mayoría de los indicadores existentes no están estandarizados o no son comparables a través del tiempo o entre ciudades (ISO, 2014). Esto obstaculiza el intercambio de conocimientos, experiencias y mejores prácticas entre las ciudades y, por lo tanto, la transición hacia ciudades sostenibles. Una ventaja, es que dentro del marco conceptual de indicadores propuesto, existen indicadores que presentan convergencias, por ejemplo, la población con acceso al agua y la población con acceso adecuado al agua (no más de 1 km). Por lo tanto, se pueden establecer indicadores como alternativas para ser utilizados dependiendo de la disponibilidad de los datos. Además, algunos indicadores podrían estar dentro de otras dimensiones de la sostenibilidad dependiendo del análisis.

Finalmente, una de las principales críticas al marco conceptual de indicadores es que no considera las relaciones de poder en la toma de decisiones en la gestión del agua de la ciudad. Considerando que los organismos del Estado, en sus diferentes niveles de acción y articulación con otros actores, colaboran en la gestión del agua para el abastecimiento y el mantenimiento de la infraestructura hidráulica; es necesario tomar en cuenta que, existen relaciones de poder entre el Estado y otros capitales privados -nacionales y transnacionales-, y/o relaciones de carácter global que interfieren con una gestión sostenible del agua. Esto acentúa los problemas hídricos que causan la vulnerabilidad hidro-social dentro de la ciudad.

---

<sup>83</sup> Eficiencia se refiere al uso óptimo de los recursos, y la eficacia a la consecución de los objetivos y metas previamente definidas (Jiménez-Cisneros *et al.*, 2011, p.31).

## Sugerencias y alcances en el estudio de la sostenibilidad hídrica en la Ciudad de México

Se pretende que esta tesis resalte la relevancia del contexto histórico y la estructura institucional en la situación actual del agua en la ciudad. Asimismo, que sea funcional para conocer de manera general la problemática del agua en la ciudad. Puede ser una herramienta a nivel gobierno, académico o de uso público, para dar a conocer a la población el estado actual de crisis hídrica de la Ciudad de México, y sensibilizar para direccionar la gestión del agua hacia prácticas sostenibles. A continuación, se mencionan algunas sugerencias para continuar con esta investigación.

Para el estudio del contexto histórico, se sugiere hacer un análisis del discurso de la abundancia/escasez más exhaustivo. También, se pueden estudiar a mayor detalle los conflictos hídricos de la ciudad a través de la historia, hasta la actualidad. Esto se puede realizar a través del análisis de artículos periodísticos relevantes sobre conflictos por el agua, e investigar algunos documentos relacionados a los grandes proyectos hídricos en la ciudad. Relacionado con lo anterior, se propone actualizar algunos trabajos como el de González *et al.*, 2011 sobre la evaluación de la política de acceso al agua potable en el D.F., y contribuir con esfuerzos como el de *Environmental Justice Organisation, Liabilitiess and Trade -EJOLT-*, que presenta un atlas de los conflictos ambientales a nivel mundial y presenta algunos casos en México<sup>84</sup>. Otro trabajo es el Observatorio de Instituciones Territoriales -OBSINTER- del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM junto con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -CONABIO-<sup>85</sup>. El OBSINTER además de mapear las denuncias y los conflictos socio-ecológicos en México y particularmente en la Ciudad de México, brinda información jurídica y la reconstrucción del conflicto.

Por otra parte, sería prudente estudiar los impactos económicos relacionados a los proyectos hídricos a través de la historia, por ejemplo el origen del financiamiento. En relación a ello, sería preciso analizar la deuda de la ciudad por el desarrollo de los proyectos

---

<sup>84</sup> Para ver el atlas: <https://ejatlas.org/>

<sup>85</sup> Para ver el OBSINTER: <http://132.248.82.71/jsp/distrito/panoramica.jsp?idTema=1>

hídricos. Además, se sugiere considerar los movimientos sociales con más detalle como las protestas o “manifestaciones” por inconformidad sobre la gestión del agua. Así mismo, se recomienda desarrollar proyectos para identificar las causas y los procesos que conducen a desigualdades entre ricos y pobres, es decir, las zonas de mayor inversión dentro de la ciudad.

Con respecto a las relaciones de poder, estas se pueden abordar a través de un mapeo de actores y acciones, y a través del análisis de narrativas de casos y entrevistas con usuarios y tomadores de decisiones. Sobre el marco institucional, es importante conocer cuáles instituciones han estado a cargo de la gestión del agua en la ciudad, ¿cómo estas instituciones han evolucionado? y con ello, ¿cómo han ido cubriendo nuevas demandas ciudadanas y responsabilidades gubernamentales o se han deslindado de ellas? Además, con la situación de reformas a leyes y la creación de nuevos organismos en la gestión del agua, es relevante preguntarse ¿quiénes tomarán ahora las decisiones? y ¿quién se beneficiará?

Como se mencionó, la Ciudad de México tiene una historia de participación de la iniciativa privada en el sector del agua que es necesario evaluar para hacer un balance de sus resultados. Es interesante comprobar si la sectorización por empresas privadas va vinculada con la sectorización de la calidad del servicio de agua. Además, si bien existen planes de gestión hídrica, es necesario un programa diseñado para transformar el sistema y no para perpetuar los esquemas que actualmente prevalecen. Se requiere un programa con visión de largo plazo pero que contenga acciones y metas anuales precisas.

Con respecto al metabolismo hídrico de la Ciudad de México, se propone un acercamiento con las instituciones encargadas de la gestión del agua en la ciudad para disminuir la incertidumbre de los datos. Para complementar el estudio del metabolismo hídrico, considerando la importación de agua y la transferencia del riesgo, una de las principales propuestas es que los proyectos de sostenibilidad hídrica consideren conservar y usar los recursos dentro de la cuenca. Esto implica que cada cuenca se desarrolle de acuerdo a sus recursos. Considerando que existe un intercambio con otras cuencas, como menciona Monroy (2013), una cuenca no debe desarrollarse a expensas de otra, y limitar su desarrollo por extracción de sus recursos. A partir del perfil metabólico de la ciudad se sugiere que la

toma de decisiones esté en función de un balance hídrico y evitar la sobreexplotación del acuífero.

Los perfiles metabólicos de asentamientos urbanos (Figura 19), permiten modelar rutas más eficientes para el aprovechamiento de los recursos y la gestión de los residuos y, en consecuencia, ayudan a concentrar los esfuerzos para planificar mejor la dinámica metabólica (Delgado-Ramos, 2015). Por ejemplo, con una mayor utilización de la lluvia y un extenso tratamiento de las aguas negras, se reduciría la presión al sistema de drenaje para que abandonara su función de expulsor del agua y quedara integrado como parte del sistema de tratamiento y reciclado dentro de la cuenca. Otro gran beneficio sería la disminución de las inundaciones que tanto afectan a nuestra ciudad. Además, si bien el suministro de agua depende de los municipios<sup>86</sup> (Art. 115), una propuesta para hacer cumplir este precepto, puede ser mediante la captación de agua de lluvia. En adición, la Constitución Política de la Ciudad de México, da apertura a que la recolección de agua de lluvia sea una política pública. Esta puede ser una manera para que el municipio no se deslinde de responsabilidades.

Para enriquecer el análisis del metabolismo hídrico, se puede incorporar un análisis de la huella hídrica<sup>87</sup> en la Ciudad de México. También, para resaltar adecuadamente la heterogeneidad y la desigualdad hídrica en la ciudad, es preciso un análisis espacial detallado. Se recomienda considerar la distribución de los puntos de abastecimiento y las zonas de marginación urbana, así como la densidad de la población.

En el tema de indicadores, se propone la construcción de los metadatos de los indicadores seleccionados (sugerencia ANEXO 3), y un primer intento de normalizarlos y aplicarlos al caso de la Ciudad de México. Por otro lado, aunque el marco de indicadores está basado en

---

<sup>86</sup> “Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales...” (Art. 115 Constitucional).

<sup>87</sup> La huella hídrica, resalta el consumo de bienes y servicios importados. La huella hídrica Interna (HHI) hace referencia al “uso interno de agua para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de un país”, y la huella hídrica externa (HHE), refiere al “volumen de agua utilizado por otros países para producir bienes y servicios consumidos por los habitantes del país en cuestión” (Chapagain y Hoekstra, 2004).

un análisis de trabajos preexistentes, en el contexto histórico y el metabolismo hídrico de la ciudad, para tener un panorama holístico, la propuesta debe ser complementada por el punto de vista de expertos y funcionarios relacionados a la gestión del agua de la ciudad, esto puede ser a través de una entrevista estructurada o semiestructurada. También, como menciona Starkl *et al.* (2013), se requieren evaluaciones de sostenibilidad de abajo hacia arriba (*bottom-up*), en donde las partes interesadas ayuden a determinar la importancia de los criterios. Los proyectos de sostenibilidad hídrica no sólo deben ser rentables, sino también ser incluyentes.

Una de las principales barreras en la aplicación de los indicadores y en el análisis de metabolismo hídrico es el acceso a los datos, y al mismo tiempo, su variabilidad. Esta variabilidad de datos se puede observar incluso en bases de datos de una misma institución o entre instituciones especializadas, por ejemplo el INEGI y el SACMEX. Esto puede reflejar, en parte, una falta de vinculación y/u organización entre las instituciones de la ciudad. Por lo que es necesario que exista una base de datos especializada para la ciudad en donde ya exista un acuerdo previo entre las instituciones y secretarías.

Finalmente, los problemas socio-ecológicos relacionados a los recursos hídricos pueden analizarse desde varias perspectivas, sin embargo, debido a su alta complejidad no pueden ser comprendidos ni solventados sin la participación e integración de distintas disciplinas, actores sociales e instituciones gubernamentales y no-gubernamentales. Por ello, se sugiere insertar este trabajo dentro de proyectos inter o transdisciplinarios para su enriquecimiento, y para realmente dar resultados encaminados a abordar la complejidad de la sostenibilidad hídrica. Este es un acercamiento muy general a la escala de la ciudad.

## Conclusiones

La Ciudad de México sobre-explota su recurso hídrico interno, lo cual ha derivado en efectos negativos sobre la propia cuenca, traducidos al problema de la subsidencia del territorio, casos de contaminación, casos de poca frecuencia del suministro, la dependencia en la importación de agua a base de sistemas de alta demanda energética, por mencionar algunos. Esto ha sido acompañado por altos consumos de agua, la ilegalidad y la pérdida de la superficie del suelo de conservación que proporciona el servicio ambiental de recarga del acuífero, entre otros. Mientras tanto, los “ríos” superficiales de la ciudad, que antes aportaban agua a los antiguos lagos de la cuenca, ahora funcionan como drenajes, con excepción del río Magdalena que es el único río “vivo” dentro de la ciudad y el cual sigue siendo una fuente de abastecimiento de agua (Tonda, 2007; SACMEX, 2012).

La vulnerabilidad hídrica por la escasez de agua en la Ciudad de México, no sólo es por su ubicación geográfica, sino ha sido construida socialmente a través de la historia, en donde los proyectos hidráulicos se han basado en grandes obras ingenieriles y en el despojo de agua a comunidades de otras cuencas, generando conflictos sociales en todo el trayecto del agua, dentro y fuera de la ciudad, dentro y fuera de la cuenca.

Ante esta situación, el principal desafío es lograr un equilibrio que permita preservar los ecosistemas junto con sus servicios ambientales, a la vez que se suministra agua de manera frecuente, en cantidad adecuada, y de buena calidad a la población y a las actividades productivas. Como menciona Martínez *et al.* (2004), la sostenibilidad del suministro de agua en la Ciudad de México depende, por un lado, de la capacidad física de la cuenca hidrológica para captar agua de lluvia y recargar los acuíferos y, por otro, de la capacidad de las instituciones para administrar los recursos hídricos y su apertura al consenso. Desde una acción interna, se requiere una nueva cultura del agua centrada en torno a un consumo moderado, responsable, y socialmente justo.

Si bien existen instituciones especializadas en la gestión del agua -SACMEX y CCVM-, la gestión del financiamiento de proyectos sigue centralizada. Además, dado que existe una desarticulación entre las instituciones, es necesario buscar una efectividad de los Consejos de Cuencas, como órganos vinculadores entre los tres niveles de gobierno. Por esto, es fundamental generar sinergias entre los programas hídricos de la ciudad. También, se debe tomar en cuenta que la construcción de una ciudad sostenible, requiere un sistema político y administrativo que involucre a todos los actores sociales relevantes en la gestión del agua en todas las escalas geográficas.

Si se busca una gestión del agua tanto *top-down* como *bottom-up*, el reforzamiento de los Consejos de cuenca toma un papel clave porque vinculan la participación del gobierno con los usuarios del agua y la sociedad, siendo uno de los principales mecanismos de participación ciudadana. Por lo tanto, también es relevante que sus debates y decisiones, se expresen en acciones concretas y existan compromisos y acuerdos entre las instituciones y los usuarios del agua. Sin embargo, debe cuidarse que la corrupción no se exprese también en este mecanismo de participación. Hay que resaltar que si bien existen planes de acción con metas, hay un conjunto de decisiones que no necesariamente son debatidas en el espacio público de manera transparente ni ejecutadas conforme a un diseño concebido. Como menciona Swyngedouw (2004), las mayores barreras para transitar hacia ciudades sostenibles son políticas, y los objetivos y las posibilidades de conseguirlos están sujetos a relaciones de poder.

Ligados a lo anterior, las instituciones encargadas de la gestión del agua en la Ciudad de México deben tener especial cuidado en no guiarse por la tendencia de privatización a nivel mundial. En el caso de algunas ciudades europeas, se empieza a buscar nuevamente una “municipalización”<sup>88</sup> del sistema de agua -ej. París, Barcelona, entre otros-. Sin embargo, el clima de crisis de agua actual no sólo sirve para facilitar mayores inversiones en la expansión del suministro de agua fuera de la ciudad, sino también, para el involucramiento de la iniciativa privada.

---

<sup>88</sup> En algunos casos, la provisión de agua se nacionalizó (Swyngedouw *et al.*, 2002).

En otro tema, se han resaltado acontecimientos históricos que fundamentan el perfil metabólico de la ciudad. El metabolismo hídrico urbano, para el análisis de la sostenibilidad, permite obtener información sobre la capacidad de la ciudad para proporcionar agua y reutilizar o tratar los residuos, a través de una complementariedad físico-territorial. El estado actual del perfil metabólico hídrico de la Ciudad de México es resultado de la toma de decisiones a través de la historia de la gestión del sistema de suministro de agua en la ciudad. Por esto, la gestión del agua debe tomar en cuenta el estrés hídrico originado por el contexto histórico, las condiciones biofísicas y socioeconómicas, la variabilidad climática y, algunas veces, por la toma de decisiones de las instituciones en temas del agua. Esto fundamenta la noción de que la vulnerabilidad hídrica en la Ciudad de México es una construcción histórica y social.

La respuesta gubernamental a la demanda de agua de la población ha tenido impactos importantes en la situación hídrica de la Ciudad de México, en donde no sólo se implican costos económicos, sino también sociales y ecológicos. La construcción social del espacio ha llevado a que la Ciudad de México sea el principal agente de modificación del ciclo hidrológico natural dentro del Valle de México. El utilizar la escala de la ciudad, permite determinar la responsabilidad de la ciudad en la cuenca y respecto a cuencas vecinas de una buena gestión del agua.

Actualmente, la Ciudad de México depende de sistemas artificiales para garantizar el suministro de agua a la población. En resumen, la Ciudad de México hace correr agua limpia hacia ella mediante las grandes obras hidráulicas y la tecnología –incluso en contra de la gravedad-, y a la vez expulsa el agua “excedente” y residual hacia otras cuencas. La ciudad durante su historia, con la necesidad de abastecer de agua de primer uso a la población, introdujo fuentes externas de agua de otras cuencas -Lerma y Cutzamala-. Esto conllevó a una dependencia de la importación continua del recurso, mientras que por otro lado, la ciudad dirige sus aguas residuales a la cuenca del río Tula. El impacto del agua contaminada es transferido al Valle del Mezquital, y a pesar de esto, existe una desigualdad en la disponibilidad de agua dentro y fuera de la ciudad. La transformación ambiental y territorial en torno al agua en la Ciudad de México

no es independiente de la desigualdad construida en cuanto al acceso y la privación del agua. Por lo tanto, la tendencia está dirigida en mantener la paradoja hídrica en la Ciudad de México.

Aunque la Ciudad de México ha sido un modelo del gran alcance de la ingeniería hidráulica, no se debería seguir buscando un desarrollo tecnológico en la parte de importación del agua, sino dentro de la ciudad, y para su tratamiento y conservación. La gestión urbana del agua no es meramente un problema técnico, se trata de una cuestión social y política, por lo que exige un enfoque integrado de los actores involucrados. Además, existe una gran vulnerabilidad hídrica en la Ciudad de México dada por sus características geográficas, pero también por la gran dependencia de la importación de agua. La relevancia es que si las fuentes de importación de agua por alguna circunstancia se cierran, la Ciudad de México tendría una crisis hídrica inmediata. La escasez hídrica en la Ciudad de México, es una consecuencia predecible de una demanda inagotable, que persigue un recurso finito.

Se debería replantear la conveniencia de importar recursos hídricos de cuencas distantes, y hay que reconsiderar seriamente la salida de éstos de la ciudad. Como menciona Perló (2009), lo que hay que cambiar es el modelo hidráulico mismo, cuyo principio fundamental, hoy obsoleto, consiste en aumentar permanentemente el volumen de agua que se introduce a la red, procurándola de donde sea necesario, y ampliar la capacidad para desalojar los grandes caudales de lluvia y de aguas negras fuera de la cuenca de México. El objetivo debe ser lograr un equilibrio hidrológico en el Valle de México en el que se incluye a la ciudad.

Además, el agua que circula en el ciclo hidrológico de la ciudad puede ser en forma aproximada la misma en volumen, pero difiere en calidad. El perfil metabólico de la ciudad, así como permite identificar las fuentes de agua, sus usos, y salidas, también podría permitir identificar las responsabilidades e impactos de la ciudad dentro del Valle de México y en las cuencas aledañas. La expansión geográfica de la demanda del agua de la ciudad afecta a otras cuencas, y comunidades que habitan en los territorios. Como se muestra en este trabajo, el trayecto del

agua en el sistema de suministro y de desagüe está caracterizado por la presencia de conflictos sociales.

En cuanto a los indicadores, a pesar de que existen recomendaciones generales para el desarrollo de sistemas de indicadores, éstos son instrumentos empíricos que toman su forma de acuerdo al lugar y necesidades donde son concebidos, por lo que no existe un proceso único para generar un marco de indicadores de sostenibilidad hídrica (Parris y Kates, 2003). Los indicadores son una herramienta importante para identificar las fuerzas motrices que contribuyen tanto al mejoramiento o la degradación de las condiciones hídricas, así como a la evaluación de los alcances de las metas establecidas en los programas encaminados a la protección y al uso sostenible del agua. Para promover la aplicación de los criterios de sostenibilidad hídrica, los indicadores deben ser concisos y estar relacionados con parámetros que sean fáciles de medir. Y, ante la situación de desigualdad hídrica en la ciudad, los indicadores necesitan reflejar las necesidades de los grupos vulnerables y marginados.

Los indicadores representan una herramienta para impulsar la planificación y la gestión urbana basada en la ciencia, siendo un ejemplo de una herramienta explicativa -u objeto de frontera-. Los indicadores no están diseñados para proporcionar una visión completa del estado de la sostenibilidad urbana, sino más bien para ayudar a revelar las tendencias y llamar la atención sobre los fenómenos o cambios que requieren más análisis y posible acción. Al mismo tiempo, los indicadores se complementan con un análisis histórico y el perfil metabólico de la ciudad, y pueden aplicarse en relación a las distintas etapas del perfil metabólico, considerando las fuentes los consumos y el destino del agua, así como las emisiones generadas. Se busca que los indicadores contribuyan a la comunicación efectiva de información derivada de un conjunto de datos, y que dirijan acciones específicas en dirección a la sostenibilidad hídrica. A través de datos brindados por los indicadores y al estar disponibles para la sociedad, se podría generar una concientización de la población sobre la problemática hídrica y a su pro-actividad con respecto a favor del problema.

El marco de indicadores debe ser parte de un proceso reflexivo ya que algunos indicadores propuestos actualmente, en un futuro ya no serán aptos para su aplicación, por la presencia de problemas hídricos de otra índole. Se es consciente que debe existir una evolución del marco conceptual de indicadores. Dejar a la interpretación los indicadores por cada institución, resulta valioso ya que las ideas sobre sostenibilidad están destinadas a ser discutidas a lo largo del tiempo y dependen del lugar. Las diferentes generaciones tendrán que lidiar con diferentes culturas y problemas socio-ecológicos, y las circunstancias locales futuras darán diferentes perspectivas sobre los problemas hídricos. Asimismo, el perfil de la seguridad hídrica ante los riesgos va a cambiar en el futuro conforme las ciudades hagan inversiones y se adapten.

Particularmente, dentro del marco de indicadores, es relevante considerar y analizar que, el tipo y el estado de la infraestructura, tienen que ver con relaciones de poder y relaciones políticas mediadas por las instituciones que gestionan el agua en la ciudad, las cuales, concesionan y financian proyectos de producción de infraestructura hídrica, que generalmente tienen un impacto ambiental en la modificación de ciclo hidrológico. Y a la vez, son las mismas instituciones las que determinan quiénes serán los beneficiarios, ya sea económicamente o manifestándose los beneficios a través del acceso físico al sistema de distribución del agua y la frecuencia del servicio. Es por esto que el tema de la infraestructura se relaciona con los temas sociales, económico, ambientales y de gobernanza. La infraestructura es la expresión física del estado e interacción de las cuatro dimensiones.

Finalmente, deben existir una diversidad de soluciones sostenibles disponibles para diferentes situaciones, y que sean flexible para adaptarse a los cambios futuros (Balkema *et al.*, 2002); pero con el objetivo de encaminarnos hacia ciudades incluyentes y equitativas, para poder afrontar los efectos del Antropoceno. En términos de proyectos de sostenibilidad hídrica, es relevante considerar que las dimensiones están interconectadas, donde por ejemplo desde la dimensión ecológica, se resaltan los daños ecológicos por la extracción de agua, pero esto no está aislado también de los conflictos sociales por el despojo, considerando la equidad social y consumo responsable, y visualizando al agua como un derecho humano.

En relación a las exigencias de cambios en la paradoja de la situación actual del agua en la Ciudad de México, ya existen planes para la gestión del agua en la ciudad, algunos con metas muy específicas, pero se debe transformar un conjunto de propósitos y de datos, en acciones específicas, que involucra la voluntad política. Y por último relevantemente, si bien se busca estar abierto al cambio institucional, también se tiene que considerar el grado de transformación que involucraría tener una ciudad dirigida hacia caminos más sostenibles. Intentado regresar al estado sostenible, en donde existía una relación simbólica con el agua, y una fuerte relación humano-humano-naturaleza.

## ANEXOS

**ANEXO 1.** Comparación de los enfoques para el análisis de la vulnerabilidad. Elaboración propia con base en Turner *et al.* (2003); Eakin y Luers, (2006); García, (2008); Ribot, (2014).

<b>Enfoque</b>	<b>Concepto de vulnerabilidad</b>	<b>Análisis</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>Limitación</b>
<b><i>Riesgo-peligro</i></b>	<p>Grado de probabilidad de que se experimente un daño debido a la exposición a un peligro, ya sea una perturbación o estrés-estresor.</p> <p>Función de la exposición a la situación de peligro y la dosis <math>\pm</math> respuesta (sensibilidad) de la entidad expuesta.</p>	<p>Factores de riesgo biofísicos.</p> <p>Exposición y sensibilidad.</p>	<p>Escala muy amplia: global y regional.</p> <p>Relativamente lineal que comienza con la caracterización de un factor estresante y luego pasa a la determinación de los impactos y posibles ajustes</p>	<p>Se enfoca sólo en amenazas biofísicas externas al sistema, dejando fuera el enfoque de economía, política y sociedad.</p>
<p><b><i>Ecología</i></b></p> <p><b><i>Política/Economía política</i></b></p> <p><b><i>Constructivismo social</i></b></p>	<p>Es la precariedad social encontrada sobre el terreno al que llegan los peligros.</p> <p>Carencia o déficit de desarrollo, ya que el riesgo se genera y se construye socialmente.</p>	<p>Factores socio-políticos, culturales y económicos.</p> <p>Procesos históricos.</p> <p>‘Entitlements’</p> <p>Constructivismo social.</p>	<p>De lo global a lo local.</p> <p>Causalidad y la diferencia social.</p> <p>Capacidades y exposición diferencial.</p> <p>Conceptos de derechos y capacidades de Sen.</p>	<p>No se le da tanto peso a las amenazas ambientales.</p> <p>No explica cómo se reaccionaría ante posibles amenazas.</p> <p>No aborda el sistema acoplado humano-ambiente, en el sentido de considerar la vulnerabilidad de los subsistemas biofísicos.</p>

		Relaciones de poder	Modelo presión-liberación.  Identificar las causas de precariedad.	
<b>Teoría de sistemas</b>  <i>Resiliencia ecológica</i>	La vulnerabilidad es una función de la exposición la sensibilidad y la capacidad de adaptación (resiliencia).  La resiliencia como la capacidad para reorganizarse mientras se somete a un estrés o perturbación, con el fin de preservar la estructura y función del sistema socio-ecológico.	Umrales de cambio.  Multiestresores  Múltiples estados estables.  Sistemas acoplados humano-ambiente  Sistemas dinámicos.	Múltiples escalas (paisajes, ecorregiones).  Evaluar el grado de riesgo a vitar, a través de la adaptación.  Sin enfoque constructivista  Generar o aumentar la capacidad de aprendizaje.  Aumentar capacidades.	Es difícil determinar los umbrales.  Incertidumbre de la operatividad del concepto de resiliencia a nivel práctico.  No se abordan procesos políticos y sociales.  Se habla de las condiciones humanas pero no de qué las originó.  No se consideran propiedades emergentes del sistema.

**ANEXO 2.** Proyectos de Abastecimiento de Agua a la ZMVM (SACMEX, 2013).

Proyecto	Aportación ZMVM	Gasto Total	Longitud	Altura de bombeo	INVERSIÓN (millones MXN)	Situación
Valle del Mezquital	6 m <sup>3</sup> /s	7 m <sup>3</sup> /s	78 km	575 m	\$15,750	Anteproyecto
Temascaltepec	5 m <sup>3</sup> /s	7 m <sup>3</sup> /s	35 km	1,277 m	\$ 7,540	Anteproyecto por actualizar
Libres Oriental	5 m <sup>3</sup> /s	7 m <sup>3</sup> /s	175 km	185 m	\$15,235	Inviabile. Problemas sociales
Tecolutla 1ª	8 m <sup>3</sup> /s	9.8 m <sup>3</sup> /s	171 km	1,363 m	\$45,145	Anteproyecto por actualizar
Tecolutla 2ª	6.70 m <sup>3</sup> /s	7.9 m <sup>3</sup> /s	161 km	1,180 m	\$16,480	Anteproyecto por actualizar
Amacuzac Oriente:	13 m <sup>3</sup> /s	15 m <sup>3</sup> /s	145 km	1,975 m	\$29,900	Problemas técnicos (geología)
Poniente:	12.20 m <sup>3</sup> /s	14.2 m <sup>3</sup> /s	107 km	1,600 m	\$27,950	Problemas técnicos (geología)
<b>TOTAL</b>	<b>54.9 m<sup>3</sup>/s*</b>					



**ANEXO 3.** Prototipo de hoja metodológica de indicadores. Modificado de ONU (1996).

<b>No.</b>	<b>Nombre del indicador:</b> Ej. Consumo anual de agua por habitante en la Ciudad de México	
	<b>Dimensión del indicador:</b> Ej. Económica, ambiental, social, o gobernanza y gobernabilidad.	<b>Categoría del indicador:</b> Ej. Disponibilidad y suministro (D), infraestructura (I), gestión y gobernanza (G), calidad de agua (C), o finanzas (F).
1	Definición breve	
1.1	Unidad de medida	
2	Relevancia para la sostenibilidad	
2.1	Relación con otros indicadores	
2.2	Objetivos y metas	
3	Definiciones y conceptos	
3.1	Método de medición	
3.2	Limitaciones del indicador	
4	Fuente de los datos	
4.1	Periodicidad	
4.2	Escala	
5	Observaciones	

## Referencias

- Adinyira, E., Oteng-Seifah, S., y Adjei-Kumi, T. (2007). *A review of urban sustainability assessment methodologies*. En International conference on whole life urban sustainability and its assessment. Glasgow.
- AGU. (2014). Agencia de Gestión Urbana de la Ciudad de México. Obtenido el 13 de junio de 2017, en <http://data.agu.cdmx.gob.mx/estructura/>
- Agua.org.mx. (2017). Visión general del Agua en México. Centro virtual de información del agua. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. Obtenido el 22 de julio de 2017, de <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- Aguilar, G. E., Aparicio, J. y Gutiérrez, L. A. (2007). Sistema de drenaje principal de la Ciudad de México. Gaceta del IMTA. Obtenido el 13 de junio de 2017, de <https://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g04-08-2007/sistema-drenaje-mexico.html>
- Aguirre, R.D. (2016). Más agua para la Ciudad de México (ponencia). Aquatech Mexico. Octubre 2016.
- Aguirre, R. D., y Espinoza, V. (2012). *El gran reto del agua en la Ciudad de México*. Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), México.
- ALDF. (2013). Es indispensable clausurar pozos clandestinos en D.F. *Asamblea Legislativa del Distrito Federal*. Obtenido el 08 de septiembre de 2017, de <http://www.aldf.gob.mx/comsoc-es-indispensable-clausurar-pozos-clandestinos-df-14055.html>
- ALDF. (2016). Presupuesto de egresos de la Ciudad de México para el ejercicio fiscal 2017. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, Asamblea Legislativa del Distrito Federal.
- ALDF. (2016a). Ley de Ingresos de la Ciudad de México para el Ejercicio Fiscal 2017. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, Asamblea Legislativa del Distrito Federal.
- Assies, W. (2003). David versus Goliath in Cochabamba: water rights, neoliberalism, and the revival of social protest in Bolivia. *Latin American Perspectives*, 30(3), 14-36.
- Ávila, G. P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias*, (90), 46-57.
- Ávila, G. P. *Agua y cambio global en México*. En Macip-Ríos, R. y Espinosa, S. O. Problemas ambientales asociados al desarrollo (pp. 103-133). BUAP, Instituto de Ciencias de Gobierno y Desarrollo Estratégico y Centro de Estudios para el Desarrollo Estratégico.
- BBC. (2016). Weather London. Obtenido el 30 de octubre de 2016, de <http://www.bbc.com/weather/2643743>.
- Balkema, A. J., Preisig, H. A., Otterpohl, R., & Lambert, F. J. (2002). Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. *Urban water*, 4(2), 153-161.
- Barkin, D., y Klooster, D. (2006). Water management strategies in urban Mexico: Limitations of the privatization debate. UAM Xochimilco y Universidad de Guadalajara.
- Barrera, S. O. (2016, mayo 26). La privatización del agua en México. Opinión, e-consulta. Obtenido el 9 de enero de 2018, de <http://www.e-consulta.com/opinion/2016-05-26/la-privatizacion-del-agua-en-mexico>

- Beh, E. H. Y., Maier, H. R., y Dandy, G. C. (2011, diciembre). Development of a modelling framework for optimal sequencing of water supply options at the regional scale incorporating sustainability and uncertainty. In *Proceedings of the 19th International Congress on Modelling and Simulation*, Perth, Australia.
- Berkes, F., y Folke, C. (1994). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In *Workshop Property rights and the performance of natural Resource systems*.
- Bertrand-Krajewski, J. L., Barraud, S., y Chocat, B. (2000). Need for improved methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), 323-331.
- Biermann, F., Bai, X., Bondre, N., Broadgate, W., Chen, C. T. A., Dube, O. P., Erismanh, J. W., Glaser, M., van der Helk, S., Lemos, M.C., Seitzinger, S., y Seton, C. K. (2016). Down to earth: contextualizing the Anthropocene. *Global Environmental Change*, 39: 341-350.
- Bichai, F., Ryan, H., Fitzgerald, C., Williams, K., Abdelmoteleb, A., Brotchie, R., & Komatsu, R. (2015). Understanding the role of alternative water supply in an urban water security strategy: An analytical framework for decision-making. *Urban Water Journal*, 12(3), 175-189.
- Bithas, K. P., y Christofakis, M. (2006). Environmentally sustainable cities. Critical review and operational conditions. *Sustainable Development*, 14(3), 177-189.
- BM. (2013). *Agua urbana en el Valle de México ¿un camino verde para mañana?* México, CONAGUA, Banco Mundial y Universidad de Guadalajara.
- BM. (2006). *Approaches to private participation in water services-toolkit*. Washington, DC, Banco Mundial.
- BM y CONAGUA. (2015). *Cutzamala. Diagnóstico integral*. World Bank Group, Nueva York.
- Burns, E. (Coord.). (2009). Repensar la cuenca: la gestión de ciclos del agua en el Valle de México. *México. UAM/CENTLI*.
- Cabral, C. V. y Ávila, G. P. (2013). Entre ciudades y presas. Oposición campesina al trasvase de agua y la defensa del río Temascaltepec, México. *Revista de Estudios Sociales*, (46).
- Cardona, O. D. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. En *Ponencia presentada en la Internacional Work-Conference on Vulnerability in Disaster and Practice* (pp. 29-30).
- Carpintero, O. (2007). La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico. *Revista Ecosistemas*, 16(3): 25-36.
- Carrera-Hernández, J. J. (2006). *Mexico City's Water Management: In Search of Sustainability*. IIASA Interim Report. IIASA, Laxenburg, Austria, IR-06-022.
- Cash, D., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., & Jäger, J. (2002). Salience, credibility, legitimacy and boundaries: linking research, assessment and decision making. *KSG Working Papers Series*.
- Cash, D. W., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., Guston, D. H., Jäger, J., y Mitchell, R. B. (2003). Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8086-8091.
- CCVM. (2016). Marco Legal, Consejo de Cuenca del Valle de México. Obtenido el 30 de noviembre de 2016, de <http://ccvm.org.mx/>

- CDMX. (2016). *Presupuesto de Egresos de la Ciudad de México para el Ejercicio Fiscal 2017*. Gaceta oficial de la Ciudad de México el 29 de diciembre de 2016.
- CDMX. (2016a). *ANEXO Listado de las colonias en las que los contribuyentes de los derechos por el suministro de agua en sistema medido, de uso doméstico o mixto, reciben el servicio por tandeo*. Gaceta oficial de la Ciudad de México el 26 de abril de 2016.
- CDMX. (2017). *Constitución Política de la Ciudad de México*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- CDMX y SACMEX. (2017). Proyecto Final de Ley de Agua y Sustentabilidad Hídrica. Ciudad de México.
- CDMX y SEDEMA. (2016). *Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos 2013-2018*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- CDMX y SEDMA. (2016a). *Programa de Acción Climática Ciudad de México 2014-2020. Informe de avances al 2016*. México, Gobierno de la Ciudad de México, C40 CITIES.
- CDMX y 100 RC. (2016). *Estrategia de resiliencia Ciudad de México. Transformación adaptativa, incluyente y equitativa*. Oficina de Resiliencia CDMX, SEDEMA, 100 Resilient Cities, AECOM y A911, México
- CDMX, SEDEMA y CMM. (2014). *Programa de Acción Climática Ciudad de México 2014-2020*. Gobierno de la Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente y Centro Mario Malina Ciudad de México.
- Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y. (2004). *Water footprint of nations. Volume 1: Main report*. Value of Water Research Report Series, 16. UNESCO-IHE, Institute for water education, Delft, Netherlands.
- Chaussard, E., Wdowinski, S., Cabral-Cano, E., Amelung F. (2014). Land Subsidence in Central Mexico detected by ALOS InSAR time-series. *Remote Sensing of Environment*, 140, 94-106.
- CMM. (2011). *Evaluación energética de los actuales sistemas de aguas urbanas y propuestas de manejo de los recursos hídricos en la Ciudad de México*. Centro Mario Molina.
- CMM. (2012). *Evaluación del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México*. Centro Mario Molina.
- CMM. (2015). *Índice de Desempeño Ambiental Edición 2015*. Centro Mario Molina.
- CONAGUA. (2011). Capítulo 3. Usos del agua. En *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. México.
- CONAGUA. (2012). *Estadísticas del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2012*. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.
- CONAGUA. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México (0901), Distrito Federal. Diario Oficial de La Federación.
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del agua en México. Edición 2016*. Gobierno de la República, SEMARNAT, CONAGUA.
- CONAGUA. (2016a). *Consejos de Cuenca*. Obtenido el 23 de noviembre de 2017, en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110940/Generalidades\\_Consejos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110940/Generalidades_Consejos.pdf)
- CONAGUA. (2017). Pronóstico climático. Precipitación. Obtenido el 15 de mayo de 2017, en <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form>
- CONAPO. (2010). Índice de Marginación por AGEB urbana 2000-2010. Secretaría de Gobernación. [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos\\_Abiertos\\_del\\_Indice\\_de\\_Marginacion](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion)
- Contreras, C. (2014). *Casas habitación, las de mayor consumo y desperdicio de agua en el DF*. SEDEMA .

- Cordero, L. (2017). ¿Es posible un parque lineal en Viaducto? *Capital México*. Obtenido el 27 de noviembre de 2017, en <http://www.capitalmexico.com.mx/metropolitano/es-posible-un-parque-lineal-en-viaducto-miguel-aleman/>
- Cotler, H. (2016, noviembre 3). La gestión del agua en la Constitución de la Ciudad de México: una oportunidad para dejar de ir a contracorriente. *Nexos*. Obtenido el 26 de noviembre de 2017, en <https://labrujula.nexos.com.mx/?p=1029>
- Cruz, S.A. (2011, 29 de mayo). Escasez de aguas negras incuba conflicto en Valle del Mezquital. *La Jornada*. Obtenido el 20 de septiembre de 2017, en <http://www.jornada.unam.mx/2011/05/29/estados/027n1est>
- Daly, H. E. (1996). Desarrollo sostenible y escala óptima de la economía. *Ecología y Desarrollo*. Madrid: UCM, 73-86.
- Delgado, R. G. C. (Coord.). (2014). *Apropiación de agua, medio ambiente y obesidad: los impactos del negocio de bebidas embotelladas en México*. CEIICH, UNAM.
- Delgado-Ramos, G. C. (2014). Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *Medio ambiente y urbanización*, 80(1), 95-123.
- Delgado-Ramos, G. C. (2015). Water and the political ecology of urban metabolism: the case of Mexico City. *Journal of Political Ecology*, 22(9).
- Delgado, R. G. C., De Luca, A. Z. y Vázquez, V. Z. (2015). Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México. UNAM, CEIICH, PICC, México.
- Delgado-Ramos, G. C., Imaz, G. M., y Beristain, A. A. (2015). La sostenibilidad en el siglo XXI. *Interdisciplina*, 3(7): 9-21.
- Delgado, G. C. R. (2017). Evaluación y monitoreo de la transición urbana en el Antropoceno. *ecologíaPolítica*, 61-65.
- Delgado-Ramos, G. C., y Guibrunet, L. (2017). Assessing the ecological dimension of urban resilience and sustainability. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 1-19.
- DDSONU. (2005). Indicadores del desarrollo sostenible. División de Desarrollo Sostenible de la ONU. Obtenido el 22 de noviembre de 2016, en <http://www.un.org/spanish/esa/desa/aboutus/keyissues.html>
- Dodman D, Ayers J, y Huq S. (2009). Building Resilience. In: Starke L, (ed.) *State of the world; into a warming world*. The Worldwatch Institute. London, UK/New York, USA: W.W. Norton & Company.
- Dunn, G., y Bakker, K. (2011). Fresh water-related indicators in Canada: An inventory and analysis. *Canadian Water Resources Journal*, 36(2), 135-148.
- Durston, J. (2000). *¿Qué es el capital social comunitario?* Naciones Unidas, CEPAL, ECLAC.
- Eakin, H., y Luers, A. L. (2006). Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), 365.
- Eakin, H., Lerner, A. M., Manuel-Navarrete, D., Hernández, A. B., Martínez-Canedo, A., Tellman, B., Charli-Joseph, L., Fernández, Á. R. y Bojórquez-Tapia, L. (2016). Adapting to risk and perpetuating poverty: Household's strategies for managing flood risk and water scarcity in Mexico City. *Environmental Science and Policy*, doi 10.1016/j.envsci.2016.06.006.
- El Universal. (2017, noviembre 5). Desarrollan parque lineal en camellón de viaducto Miguel Alemán. Obtenido el 27 de noviembre de 2017, en <http://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/desarrollan-parque-lineal-en-camellon-de-viaducto-miguel-aleman>
- Elkington, J. (1999). Triple bottom-line reporting: Looking for balance. *AUSTRALIAN CPA*, 69, 18-21.

- Emanuel, W., Dawson Jr, M. E., Dickens, C., y Hunter, J. (2011). Clarifying societies' need for understanding sustainable systems. *Journal of Applied Global Research*, 2(4), 29-39.
- Ernstson, H., Van der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Meffert, D. J., Davis, G., Alfsen, C., y Elmqvist, T. (2010). Urban transitions: on urban resilience and human-dominated ecosystems. *Ambio*, 39(8), 531-545.
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S. E., y Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 409-427.
- European Commissions. (2015). *In depth report: indicators for sustainable cities*. Science for Environment Policy, 12: 1-24.
- FAO, (2002). Pressure-State-Response Framework and Environmental Indicators. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farley, J., Erickson, J.D., y Daly, H.E. (2005). *Ecological Economics. A workbook for Problema-Based Learning*. Washington, Island Press.
- Foladori, G., y Tommasino, H. (2000). El concepto de desarrollo sustentable treinta años después. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 1, 41-56.
- Gabrielsen, P. y bosch, P. (2003). *Environmental indicators: typology and use in reporting*. EEA, Copenhagen.
- García, A.V. (2008). *Riesgo y desastres ¿climáticos o sociales?, en la historia de la cuenca de México*. En M. Goloubinoff, y E. Katz (Eds.), Aires y lluvias: Antropología del clima en México (pp. 547-566). CIESAS.
- Gari, S. R., Newton, A., y Icely, J. D. (2015). A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & coastal management*, 103, 63-77.
- Georgescu-Roegen, N. (1996). *La ley de la entropía y el proceso económico*. Visor, España.
- Girardet, H. (2004). *The metabolism of cities*. En Wheeler, S. M. y Beatley, T. (ed.). The sustainable urban development reader. Routledge, Londres y Nueva York, 125-132.
- Gispert, M. I. y Lomelí, R. C. (2016). Hacia la construcción de ciudades resilientes y sustentables. En Álvarez, E. L., Delgado, R. G. C., y Leal, M. A. *Los desafíos de la ciudad del siglo XXI*. Senado de la República, LXIII Legislatura, UNAM.
- Gleick, P. H. (1998). Water in crisis: paths to sustainable water use. *Ecological applications*, 8(3), 571-579.
- GOCDMX. (2017, 23 de mayo). Anexo. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- González, R. A. (2004). La reforma del sector agua y el Consejo de Cuenca del Valle de México: nuevas representaciones sociales. En Tortajada, C. (coord). *Hacia una gestión integral del agua en México*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- González, R. A., Jiménez-Cisneros, B., Gutiérrez, R. R., y Marañón, B. P. (2011). *Evaluación de la política de acceso al agua potable en el Distrito Federal*. PUEC, II, IIEc, UNAM, Academia Mexicana de Ciencias, Evalúa DF, México.
- González, J. (2015, 15 de diciembre). *Podría empresa perder concesión para operar planta tratadora*. Criterio. Obtenido el 23 de noviembre de 2017, en <http://www.criteriohidalgo.com/regiones/tula/podria-empresa-perder-concesion-para-operar-planta-tratadora>
- Gudynas, E. (2000). Los límites de la sostenibilidad débil, y el tránsito desde el capital natural al patrimonio ecológico. *Educación, Participación y Ambiente*, 11:7-11.
- GWP. (2000). *Towards Water Security: A Framework for Action*. Global Water Partnership, Stockholm.

- Hall, D. (1999). *Water and Privatisation in Latin America, 1999*. Public Services International Research Unit, University of Greenwich, September.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*. 162 (3859): 1243-1248.
- Hellström, D., Jeppsson, U., y Kärrman, E. (2000). A framework for systems analysis of sustainable urban water management. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), 311-321.
- Hernández, N.L. (2005, julio 12). Banco Mundial, México y agua. La Jornada. Obtenido el 9 de enero de 2018, de <http://www.jornada.unam.mx/2005/07/12/index.php?section=opinion&article=019a1pol>
- Herrington P. y Price C. (1987). *What Price for Private Water*. Public Finance Foundation, London.
- Heynen, N. C., Kaika, M., y Swyngedouw, E. (Eds.). In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism. Routledge, Taylor y Francis Group. Londres y Nueva York, 265p.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405.
- IMTA. (2010). Recarga inducida del acuífero en Valle de México. *Gaceta del IMTA, SEMARNAT*, Vol. 36.
- INEGI. (1999). *Estadísticas del Medio Ambiente de Distrito Federal y Zona Metropolitana*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, 231 pp.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. (2014). Censos Económicos, 2014. Tabulados predefinidos por sector de actividad. México, 2013. Dirección de Estadísticas del Medio Ambiente. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx#Mas>
- INEGI. (2015). Encuesta Intercensal 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Obtenido el 22 de octubre de 2016, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=33725&s=est>
- INEGI. (2016). Anuario Estadístico y Geográfico de la Ciudad de México 2016. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2017). Superficie. Distrito Federal. Obtenido el 16 de mayo de 2017 en, <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/>
- INEGI. (2017a). Encuesta Nacional de Ingresos y Gasto de los Hogares (ENIGH) 2016. Obtenido el 16 de mayo de 2017 en, <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enigh/tradicional/2014/default.html>
- INEGI e INECC. (2000). Indicadores de Desarrollo Sustentable en México. Obtenido el 16 de mayo de 2017 en, <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/311.pdf>
- INEGI-INE-CONAGUA (2007). Delimitación de las Cuencas hidrográficas de México a escala 1: 250 000.
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013. Bases físicas*. WMO y UNEP.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. WMO y UNEP.
- ISO. (2014). *Sustainable development of communities. Indicators for city services and quality of life*. ISO 37120, Switzerland
- Izazola, H. (2001). Agua y sostenibilidad en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos Y Urbanos*, 16(2 (47)), 285-320. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40315074>
- Jiménez-Cisneros, B., Torregrosa, M. L., y Aboites, L. (2010). *El agua en México: cauces y encauces*. Academia Mexicana de Ciencias y CONAGUA. México
- Jiménez-Cisneros, B. (2014). Ciudades sustentables: Agua, ciudades y futuro. *Ciencia*. 14-19 pp.

- Kaika, M. (2006). *The political ecology of water scarcity: The 1989–1991 Athenian drought*. En Heynen, N. C., Kaika, M., y Swyngedouw, E. (Eds.). *In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism*. Routledge, Taylor y Francis Group. Londres y Nueva York, 265p.
- Kates, R.W. 2011. What kind of a science is sustainability science? *Proceedings of National Academy of Sciences*, 108 (49): 19449-19450.
- Kennedy, C. A., Cuddihy, J., Engel Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11: 43-59.
- Kennedy, C., Pincetl, S., y Bunje, P. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental pollution*, 159(8), 1965-1973.
- Kimmelman, M. (2017). Mexico City, Parched and Sinking, Faces a Water Crisis. *The New York Times*. Obtenido el 17 de febrero de 2017 en, <https://www.nytimes.com/interactive/2017/02/17/world/americas/mexico-city-sinking.html>
- King, C. W., Stillwell, A. S., Twomey, K. M., y Webber, M. E. (2013). Coherence between water and energy policies. *Natural Resources Journal*, 117-215.
- LADF. (2003). Ley de Aguas del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- Hanson, S., y Lake, R. W. (2000). Needed: Geographic research on urban sustainability. *Economic Geography*, 76(1), 1-3.
- Leach, M., Raworth, K., y Rockström, J. (2013). *Between social and planetary boundaries: Navigating pathways in the safe and just space for humanity*. En ISSC y UNESCO (2013), *World Social Science Report 2013, Changing Global Environments* (pp. 84-89). OECD Publishing and UNESCO Publishing, Paris.
- Leff, E. (2000). Tiempo de sostenibilidad. *Ambiente & Sociedade*, 6(7): 5-13
- Leff, E. (2010). *Ecología y Capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable*. UNAM, México, pp. 41, 69 y 71.
- Legorreta, J. (2006). *El agua y la Ciudad de México. De Tenochtitlán a la Megalópolis del siglo XXI*. UAM-Azcapotzalco, México, pp. 19-75.
- Legorreta, J., Contreras, M. C., Flores, M. A., y Jimenez, N. (1997). *El Hundimiento de la Ciudad, Agua y más Agua para la Ciudad*. Red Mexicana de EcoTurismo.
- Leopold, A., y Riechmann, J. (2000). *Una ética de la tierra*. Los libros de la Catarata, Madrid.
- Liner, B., y deMonsabert, S. (2011). Balancing the triple bottom line in water supply planning for utilities. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(4), 335-342.
- Lorenz, C. M. (1999). *Indicators for sustainable management of rivers*. Universidad de Ámsterdam.
- Lueg, T. J. (2016). Frena corrupción Planta de Atotonilco. El Universal. Obtenido el 23 de noviembre de 2017, en <http://www.eluniversal.com.mx/entrada-de-opinion/articulo/jose-luis-luege-tamargo/metropoli/df/2016/03/14/frena-corrupcion-la>
- Martínez, J. (2016). Hasta 2018 funcionará PTAR de Atotonilco de tula al 100 por ciento. Criterio. Obtenido el 23 de noviembre de 2017, en <http://www.criteriohidalgo.com/noticias/hidalgo-ujul/hasta-2018-funcionara-ptar-de-atotonilco-de-tula-al-100-por->
- Mansilla, D. (s.f.). *Georgescu-Roegen: La entropía y la economía*. (Cátedra Sistemas Económicos Comparados). F.C.E., U.B.A.

- Martínez, M., Libreros, V. M., Quiñones, A. M. C., López, R. I. H., Ortiz, G. A. R., & Montesillo, J. L. (2004). *Gestión del agua en el Distrito Federal, retos y propuestas*. Universidad Nacional Autónoma de México–Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (UNAM-PUEC), México.
- Martínez-Alier, J. (2011). MacroEconomía Ecológica, metabolismo social y justicia ambiental. *Revista de Historia Actual*, (9), 169-180.
- Martínez-Alier, J. y Roca, J. J. (2013). *Economía Ecológica y Política Ambiental: La economía como sistema abierto. Dos visiones de la economía neoclásica y la Economía Ecológica*. (3ª ed.). México, FCE, p. 18.
- Mazari-Hiriart, M., Cifuentes, E., Velázquez, E., y Calva, J. J. (2000). Microbiological groundwater quality and health indicators in Mexico City. *Urban Ecosystems*, 4(2), 91-103.
- McNeill, John. (2000). *Something New Under the Sun. An Environmental History of the Twentieth Century*. Londres: Penguin Books
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and urban planning*, 147, 38-49.
- Merino Pérez, L. (2014). Perspectivas sobre la gobernanza de los bienes y la ciudadanía en la obra de Elinor Ostrom. *Revista mexicana de sociología*, 76, 77-104.
- Milman, A., y Short, A. (2008). Incorporating resilience into sustainability indicators: An example for the urban water sector. *Global Environmental Change*, 18(4), 758-767
- Monroy, H. O. (2013). Manejo sustentable del agua en México. *Revista Digital Universitaria*, 14(10), 2-15.
- Naranjo, L. G., y Suárez, C. F. (2010). Determinación de la vulnerabilidad de ecosistemas andinos al cambio climático: ¿quién es vulnerable a qué? *Cambio climático en un paisaje vivo*, 17.
- National Research Council. (1995). *Mexico City's Water Supply: Improving the Outlook for Sustainability*. National Academies Press.
- Neto, S. (2016). Water governance in an urban age. *Utilities Policy*, 43, 32-41.
- Nunes, C., y Augé, J. I. (Eds.). (1999). *Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy (No. 48)*. International Geosphere-Biosphere Programme.
- O'Connor, M. (2007). The "Four Spheres" framework for sustainability. *Ecological complexity*, 3(4), 285-292.
- OECD. (1998). *Towards sustainable development: environmental indicators*. Organization for Economic Co-operation and Development, París, Francia.
- OECD. (2003). *Environmental indicators. Development, measurement and use*. Organization for Economic Co-operation and Development, París, Francia.
- ONU. (1996). *Indicadores de Desarrollo sustentable: marco y metodologías*. Comisión de Desarrollo Sustentable, Nueva York.
- ONU. (2014). Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo. Departamento de asuntos económicos y sociales, Nueva York. Obtenido el 22 de octubre de 2016, de <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

- ONU. (2015a). Objetivos de desarrollo sostenible. Obtenido el 04 de noviembre de 2016, de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- ONU. (2015b). Millennium Development Goals. Obtenido el 18 de abril de 2017, de [http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015\\_spanish.pdf](http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf)
- ONU-Agua. (2012). Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Obtenido el 30 de mayo de 2017, de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- ONU-Agua. (2013). *Water security and the global water agenda*. UN-Water Analytical Brief. Hamilton, Canada: UN University.
- ONU-Agua. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015. Water for a Sustainable world*. UNESCO, París, Francia.
- ONU-DAES. (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. United Nations, 3 ed., Nueva York.
- Ostrom, E. (2011). *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Trad. y rev. téc. de Leticia Merino Pérez. 2ª ed. México, FCE, UNAM, IIS. 402 p.
- PAOT. (2015). *Agenda 2015*. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.
- Páramo, A. (2014). Inundación histórica en la Ciudad de México. *Excelsior*. Consultado el 28 de abril de 2017, en <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2014/07/13/970607#imagen-7>.
- Parris, T. M., y Kates, R. W. (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 559-586.
- Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C., Hurlbert M., y Anderton, K. (2016). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.09.001>
- Paullier, J. (2015). Por qué México es el país que más agua embotellada consume en el mundo. BBC mundo. Obtenido el 11 de septiembre de 2017, en [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150722\\_mexico\\_consumo\\_agua\\_embotellada\\_jp](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150722_mexico_consumo_agua_embotellada_jp)
- Peña, R. J. (2012). *Crisis del agua en Monterrey, Guadalajara, San Luis Potosí, León y la Ciudad de México (1950–2010)*. PUEC-UNAM. México.
- Perló C. M. (2009). La derrota de las aguas. *Nexos*. En línea <http://www.nexos.com.mx/?p=3863>.
- Perló, C. M., y González, R. A. (2005). *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudios sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*. PUEC-Fundación Friedrich Ebert Stiftung, UNAM.
- Pierri, N. (2005). *Capítulo 2. Historia del concepto de desarrollo sustentable*. En Foladori, G., y Pierri, N. (Coord.) *¿Sostenibilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* (pp. 27-81). Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México: Miguel Ángel Porrúa, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura, ISBN 970-701-610-8.
- Pineda, R. M. (2000). *Origen, vida y muerte del acueducto de Santa Fe (Vol. 55)*. UNAM.

- PNUD. (2006). *Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Informe sobre el Desarrollo Humano 2006. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Polèse, M., y Stren, R. E. (2000). *Understanding the new sociocultural dynamics of cities. Comparative urban policy in global context*. En *The social sustainability of cities. Diversity and the management of change* (pp. 3-38). University of Toronto Press.
- Rathnayaka, K., Malano, H. y Arora, M. (2016). Assessment of Sustainability of Urban water supply and demand management option: a comprehensive approach. *MDPI*, 8(595):1-14.
- Rees, W. E. (1996). Indicadores territoriales de sustentabilidad. *Ecología Política*, 27-41.
- REPDA. (2016). Usos del Agua. Clasificación de los usos del agua. Obtenido el 4 de noviembre de 2016, de <http://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua>
- REPDA. (2017 [julio]). Ciudad de México. Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua. Obtenido el 3 de junio de 2017, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/239876/14\\_julio\\_2017\\_cdmx.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/239876/14_julio_2017_cdmx.pdf)
- REPDA. (2017a). Ciudad de México. Agua residual. Obtenido el 3 de junio de 2017, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/239876/14\\_julio\\_2017\\_cdmx.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/239876/14_julio_2017_cdmx.pdf)
- Ribot, J. (2014). Cause and response: vulnerability and climate in the Anthropocene. *Journal of Peasant Studies*, 41(5), 667-705.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. (2009a). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., A. de Wit, C., Hughes, T., Leeuw, S. V., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V.K., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. y Foley, J. A. (2009b). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
- Rockström, J., et al. (septiembre 2015). Curso: Planetary Boundaries and Human Opportunities. Stockholm Resilience Centre, Stockholm University y SDGacademy, 10 semanas, en <https://courses.sdgacademy.org/courses/1880/learn#/posts>
- Rodríguez-Ortega, C. y Flores-Martínez, A. (2008). El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA). En López, B. J. y Rodríguez, G. M. de L. (Coord.), *Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México* (pp. 15-26). Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Rogers, P., y Hall, A. W. (2003). *Effective water governance (Vol. 7)*. Global water partnership.
- Ruiz, M.C. (2006). *De la privatización del agua al mercado de los "servicios ambientales"*. América Latina en movimiento.
- Rygaard, M., Binning, P. J., y Albrechtsen, H. J. (2011). Increasing urban water self-sufficiency: New era, new challenges. *Journal of Environmental Management*, 92(1), 185-194.

- SACMEX. (n.d.). Historia del SACMEX. Obtenido el 21 de febrero de 2017, de <http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/sacmex/index.php/acerca-de/historia-del-sacmex>
- SACMEX. (2012). *El gran reto del agua en la Ciudad de México*. Gobierno del Distrito Federal, México.
- SACMEX. (2012a). *Programa de Gestión integral de los Recursos Hídricos, Visión 20 años*. Gobierno del Distrito Federal, México.
- SACMEX. (2013). Agua y saneamiento Metropolitano Valle De México. Consejo Técnico Consultivo de la Comisión de Agua Potable y Saneamiento de la LXII Legislatura.
- SACMEX. (2016). Evolución de tarifas de agua 2000-2016. Obtenido el 18 de septiembre de 2017, de [http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/7\\_evoluciontarifas.pdf](http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/7_evoluciontarifas.pdf)
- Salazar, V. M. (2014). Vulnerabilidad social a la disminución del suministro hídrico en el Distrito Federal. El caso de los efectos en la salud y el ingreso de los hogares en Iztapalapa 1984-2030. Tesis de Maestría. Colegio de la Frontera Norte, CICESE.
- Sanz, G. C. (2006). Una fallida privatización del agua en Bolivia: El estado, la corrupción y el efecto neoliberal. *Revista colombiana de antropología*, 42, 317-346.
- Seager, J. (2001). Perspectives and limitations of indicators in water management. *Regional environmental change*, 2(2), 85-92.
- SEDEMA. (2011). Plan verde de la Ciudad de México. Gobierno de la Ciudad de México.
- SEDEMA. (2012). Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2012. Gobierno del Distrito Federal.
- SEDEMA (2013). *Capítulo 3. Suelo de conservación y biodiversidad*. Secretaría del Medio Ambiente, 34-49.
- SEDEMA. (2013a). Registro de emisiones de gases de efecto invernadero del Distrito Federal 2012. Gobierno del Distrito Federal.
- SEDEMA. (2017). Captación pluvial. ¿Cuánta agua puedes captar en tu echo según la zona geográfica de la Ciudad de México? En el Pabellón hídrico de la Ciudad de México.
- SEDEMA y SACMEX. (2014). Plan agua para el futuro Ciudad de México. Gobierno del distrito Federal, Secretaría de Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, México.
- SEFIN. (2017). Acerca de. Obtenido el 30 de julio de 2017, de <http://www.finanzas.cdmx.gob.mx/secretaria/acerca-de>
- SEMAPA. (2017). Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado COCHABAMBA. Bolivia. Obtenido el 9 de enero de 2018, de <http://www.semapa.gob.bo/estructura-tarifaria>
- SEMARNAT. (2013). El medio ambiente en México 2013-2014. Agua, disponibilidad. Obtenido el 20 de abril de 2017, de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_1\\_1.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_1.html)
- SEMARNAT. (2016). Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México. Obtenido el 20 de abril de 2017, de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores16/conjuntob/02\\_agua/02\\_disponibilidad\\_esquema.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores16/conjuntob/02_agua/02_disponibilidad_esquema.html)
- Sen, A. (1990). *Development as capability expansion*. Harvard University, pp. 41-58.
- Sheinbaum, C. (2004). Proyecto de recarga del acuífero en el sur del Distrito Federal. *Revista Tláloc, Asociación Mexicana de Hidráulica*, 30, enero-abril 2004, 43-44

- Shen, L. Y., Ochoa, J. J., Shah, M. N., & Zhang, X. (2011). The application of urban sustainability indicators—A comparison between various practices. *Habitat International*, 35(1), 17-29.
- Sosa-Rodriguez, F. S. (2012). Assessing water quality in the developing world: an index for Mexico City. *Water quality monitoring and assessment*, 495-508.
- Soto, M. de O. G. (2007). Agua: tarifas, escasez y sustentabilidad en las megaciudades:¿ Cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la ciudad de México. SACMEX, Universidad Iberoamericana, CEJA, y PAOT.
- Stålgren, P. (2006). *Corruption in the Water Sector: Causes, Consequences and Potential Reform*. Swedish Water House Policy Brief Nr.4 (SIWI).
- Star, L. S. (2010). This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. *Science, Technology, & Human Values*, 35(5), 601-617.
- Starkl, M., Brunner, N., Lopez, E., & Martínez-Ruiz, J. L. (2013). A planning-oriented sustainability assessment framework for peri-urban water management in developing countries. *Water research*, 47(20), 7175-7183.
- Steffen, W., Crutzen, P. J., y McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-621.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., y McNeill, J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1938), 842-867.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., y Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223): 1259855. DOI: 10.1126/science.1259855.
- Stillwell, A., King, C., Webber, M., Duncan, I., y Hardberger, A. (2010). The energy-water nexus in Texas. *Ecology and Society*, 16(1).
- Strange, T., y Bayley, A. (2014). *Desarrollo sostenible. Integrar la economía, la sociedad y el medio ambiente*. OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264175617-es>
- Swyngedouw, E. (1996). The city as a hybrid: on nature, society and cyborg urbanization. *Capitalism Nature Socialism*, 7(2), 65-80.
- Swyngedouw, E., Kaika, M., y Castro, E. (2002). Urban water: a political-ecology perspective. *Built Environment, water Management in Urban Areas*, 28(2), 124-137.
- Terradas, J. (2001). *Ecología urbana*. Rubes (Ed.), Barcelona.
- Tiburcio, S. A. y Perevochtchikova, M. (2012). La gestión del agua y el desarrollo de indicadores ambientales en México y Canadá: un análisis comparativo. *Journal of Latin American Geography*, 11 (2).
- Tiburcio, S. A. (2013). Desarrollo de un marco de indicadores para la gestión del agua urbana. El caso de la Ciudad de México. Tesis de doctorado, UNAM-Posgrado de Geografía.

- Tommasino, H., Foladori, G., y Taks, J. (2005). *Capítulo 1. La crisis ambiental contemporánea*. En Foladori, G., y Pierri, N. (Coord.), *¿Sostenibilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* (pp. 27-81). Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México: Miguel Ángel Porrúa, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura, ISBN 970-701-610-8.
- Torres, L. P. A., Cruz, C. J. G., Dávila, F. D. E. (2012). *Agronomía e investigación: un texto de metodología*. (2ª ed.). Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Chapingo y Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Tortajada, C., y Castelán, E. (2003). Water management for a megacity: Mexico City metropolitan area. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32(2), 124-129.
- Tonda, J. (2007). Al rescate del río Magdalena. *¿Cómo ves?*, UNAM, 107: 10-14.
- Tourliere, M. (2015, 6 de marzo). San Bartolo Ameyalco: sin agua ni justicia. *Proceso.com.mx*
- TransparenciaDF. (2008). Fuentes de abastecimiento 2008. Mesa de Diálogo, InfoDF, SACM, Secretaría de Obras y Servicios, SEDEMA, PAOT, Cultura Ecológica, Ciudad de México. Obtenido el 5 de febrero de 2017, de [http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=86%3Afuentes-de-abastecimiento&catid=57%3Aimpactos-en-la-vida-cotidiana&Itemid=415](http://www.transparenciamedioambiente.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=86%3Afuentes-de-abastecimiento&catid=57%3Aimpactos-en-la-vida-cotidiana&Itemid=415)
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Leurs, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A. y Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.
- UAM. (2013). *Manual Agua para Todos. Agua para la vida*. Unieversidad Autónoma Metropolitana, Poder hacer, hecer poder, México.
- UNAM-CCH. (2017). Atlas histórico de México, México antiguo. Obtenido el 30 de mayo de 2017, de <http://portalacademico.cch.unam.mx/atlas/mexicoAntiguo#prettyPhoto>
- UN-CEPAL. (2016). Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. *Naciones Unidas. Recursos Naturales e Infraestructura*, 178.
- U.S. Department of Energy. (2014). Energy demands on water resources. Washington DC, Department of Energy.
- Valek, A. M., Sušnik, J., & Grafakos, S. (2017). Quantification of the urban water-energy nexus in México City, México, with an assessment of water-system related carbon emissions. *Science of The Total Environment*, 590, 258-268.
- van Leeuwen, C. J., Frijns, J., van Wezel, A., & van de Ven, F. H. (2012). City blueprints: 24 indicators to assess the sustainability of the urban water cycle. *Water resources management*, 26(8), 2177-2197.
- Van Leeuwen, C. J., y Chandy, P. C. (2013). The city blueprint: experiences with the implementation of 24 indicators to assess the sustainability of the urban water cycle. *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(3), 769-781.
- Velasco, G. M. (2014). *Vulnerabilidad del sector hídrico por efectos del cambio climático en México*. Tesis de ingeniería. Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, 71 p.
- Wackernagel, M. (1996). ¿Ciudades sostenibles? *Ecología Política*, (12), 43-50. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/20742894>
- Wang, S., Cao, T., y Chen, B. (2017). Urban energy–water nexus based on modified input–output analysis. *Applied Energy*, 196, 208-217.

- Watts, J. (2015, 12 de noviembre). La crisis del agua en la Ciudad de México. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/cities/2015/nov/12/la-crisis-del-agua-de-la-ciudad-de-mexico>
- WCED. (1987). *From One Earth to One World: An Overview*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3), 179-190.
- Wong, T. H. F., y Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 673-682.
- WWC. (2000). *A Water Secure World: Vision for Water, Life and the Environment*. Commission Report. Marsella, Francia.
- Zambrano, L. y Canteiro, M. (2016, 13 de diciembre). El caso de Avenida Aztecas 215: desperdicio de agua a gran escala. Obtenido el 23 de noviembre de 2017, en <https://labrujula.nexos.com.mx/?p=1095>