



EL AGUA EN LA CDMX:
un complejo panorama

Armando Pizarro Morales

Marzo 2019

El agua en la CDMX: un complejo panorama

Autor: Armando Pizarro Morales

Marzo 2019

Clasificación temática: Economía, Agua, Alcaldías.

RESUMEN

En la actualidad se están enfrentando crecientes restricciones ambientales y legales, así como la competencia de usuarios por el agua debido al manejo ineficiente de los recursos naturales. De ahí que, en la CDMX, como en muchas partes del mundo, exista un fuerte desequilibrio entre la creciente demanda del agua y su oferta natural, lo que en forma conjunta con el alto índice de degradación ambiental e importancia sociopolítica del agua llama a la necesidad urgente de desarrollar nuevas formas de gestión de los recursos hídricos, con una nueva conceptualización metodológica hacia la sustentabilidad, tanto en el ámbito nacional como regional y local (Perevochtchikova, 2010).

Contenido

1. Introducción	4
Problemática abordada	6
2. Justificación	7
3. Planteamiento del problema	10
4. Objetivo de la investigación	17
5. Formulación de la hipótesis	18
6. Marco teórico y conceptual	19
7. Pruebas cuantitativas y/o cualitativas de la hipótesis	24
8. Conclusiones	37
Posibles soluciones	38
9. Bibliografía	39

1. Introducción

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. Es un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos. Hoy en día se ha convertido en un tema fundamental de debate en todo el mundo, no se diga del agua potable. No existe actividad humana con la que el agua no tenga relación, y las problemáticas alrededor de ella son tan diversas como sus actores.

En este sentido, el ecosistema global es la fuente de todos los elementos materiales que alimentan el subsistema económico, pero también el vertedero de todos sus desechos, es necesario subrayar que estas funciones tienen una capacidad limitada para mantener dicho subsistema. El efecto total del consumo de recursos por parte de las grandes poblaciones constituye el flujo total, es decir, los recursos que se toman de los ecosistemas y se trasladan al subsistema económico y que retorna a los sistemas naturales en forma de desechos. En términos proporcionales, el subsistema económico es demasiado grande en relación al ecosistema natural global (Goodland, Daly, El Serafy y Droste, 1994).

El cambio climático es un problema de seguridad estratégica; requiere desarrollar capacidades de mitigación y de adaptación. El alto porcentaje de población urbana, el crecimiento industrial, la modificación de los usos de suelo, la deforestación, entre otros, son algunos de los factores que incrementan los efectos del Cambio Climático. La inacción presente elevará exponencialmente los costos de la adaptación futura (Programa Sectorial de Ecología, 2010-2016).

Las cifras, hasta 2017 son alarmantes, según la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (OMS/UNICEF) 2.1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4.5 billones de personas carecen de servicios de saneamiento, 340 000 niños menores de cinco años mueren cada año por enfermedades diarreicas. La escasez de agua ya afecta a cuatro de cada 10 personas, el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas. En la actualidad, se estima que hay 3,600 millones de personas (casi la mitad de la población mundial) que viven en áreas con riesgo de sufrir escasez de agua al menos un mes al año, y esta población podría llegar a alcanzar entre 4, 800 y 5, 700 millones en 2050.

De manera particular, México padece importantes problemas de agua de diversa índole: de infraestructura, de conservación, de financiamiento, de contaminación, de distribución, de equidad en el acceso, de gestión, además de enfrentar también

una alta vulnerabilidad por el cambio climático global. La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ejemplifica estos retos, el tema del agua no es reciente, basta con recordar el milenarismo carácter lacustre de la Cuenca del Valle de México, así como su muy particular hidrología compuesta anteriormente por cinco lagos.

Así, hablar de la crisis hídrica y sus consecuentes riesgos (económicos, políticos, sociales y ambientales), implica cuestionar el actual sistema de gestión hídrica, a fin de plantear una gestión integral que dé lugar a la gobernanza¹ del agua, en donde sea posible extender la participación del sector privado y la sociedad civil en el manejo de dicho recurso (Ortega, 2009).

Como menciona Ortega, el acceso al agua es un derecho humano por lo cual el abastecimiento tiene prevalencia sobre los demás usos, cuyo manejo debe orientarse por principios de sustentabilidad, equidad intergeneracional y cooperación entre los usuarios para evitar su degradación. En este sentido, los Derechos Humanos consideran a las nuevas generaciones partícipes dentro de los mismos, por ejemplo, la Convención Americana de Derechos Humanos estableció en el Artículo 11 el derecho a un medio ambiente sano² actualmente reconocido como deber para con las generaciones³,

La Ciudad de México (CDMX) es una de las más pobladas del mundo, con cerca de 9 millones de habitantes (21 millones si se considera su área metropolitana), debido a ello, en promedio se abastecen 29 m³/seg. de agua al día. El 46% de ese suministro proviene de fuentes locales, es decir, aquellas que están dentro de los límites del Valle de México. Desafortunadamente, está ubicada en una de las zonas con menor disponibilidad de agua del planeta. Su complejidad, sus grandes dimensiones, la problemática que todos los días resuelve y que sólo acontecen en esta megaurbe, sus limitaciones y enormes retos técnicos, económicos, políticos y sociales, hacen la tarea del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) mucho más compleja.

En la actualidad se están enfrentando crecientes restricciones ambientales y legales, así como la competencia de usuarios por el agua debido al manejo ineficiente de los recursos naturales. De ahí que, en la CDMX, como en muchas

¹ El concepto no se refiere sólo a gobierno, sino también a la manera en que este se ejerce. Gobernar es estar en el gobierno, por lo que gobernanza habla de la inclusión en el gobierno, es decir, en la toma colectiva de decisiones públicas (Alfie, 2007). En este sentido, la gobernanza se vincula a un proyecto político de tipo incluyente, en donde las relaciones entre Estado, sector privado y sociedad civil se establecen de manera horizontal, resaltando la importancia de hacer confluir de manera democrática e integral las visiones de los distintos actores sociales de tal forma que la toma de decisiones públicas sea incluyente y plural. La gobernanza del agua será pues, la construcción democrática e integral de la toma de decisiones públicas en torno a los recursos hídricos de una sociedad, a partir de la concurrencia de los tres sectores sociales (Ortega, 2009).

² Señalando que: Toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con servicios públicos básicos. Los Estados promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente.

³ Las generaciones actuales tienen la responsabilidad de legar a las generaciones futuras un planeta que en un futuro no esté irreversiblemente dañado por la actividad del ser humano. Al recibir la Tierra en herencia temporal, cada generación debe procurar utilizar los recursos naturales razonablemente y atender a que no se comprometa la vida con modificaciones nocivas de los ecosistemas y a que el progreso científico y técnico en todos los ámbitos no cause perjuicios a la vida en la Tierra.

partes del mundo, exista un fuerte desequilibrio entre la creciente demanda del agua y su oferta natural, lo que en forma conjunta con el alto índice de degradación ambiental e importancia sociopolítica del agua llama a la necesidad urgente de desarrollar nuevas formas de gestión de los recursos hídricos, con una nueva conceptualización metodológica hacia la sustentabilidad, tanto en el ámbito nacional como regional y local (Perevochtchikova, 2010).

Considerando lo anterior, esta investigación se enfoca al análisis de la situación actual y el papel que la necesaria gestión ambiental jugaría en un futuro no muy lejano en el cual el panorama de la población en términos de abastecimiento del agua no sea muy alentador. De manera que existe la enorme responsabilidad de planear adecuadamente las acciones que se llevarán a cabo para administrar y gestionar las aguas nacionales en forma sostenida, sustentable y responsable, considerando el cambio climático, el crecimiento demográfico y las necesidades de la industria, el campo y el abastecimiento público urbano.

Problemática abordada

Debido a la actual situación en la que se encuentra el servicio hídrico de la CDMX, donde ocurre el mayor desarrollo económico y la concentración demográfica más grande del país, existe una gran presión sobre el vital líquido, de por sí escaso, al encontrarse comprometido para usos previamente establecidos. Entonces, resulta de gran importancia analizar el actual modelo de gestión de recursos hídricos para posteriormente coadyuvar a la formulación de políticas sociales y ambientales.

2. Justificación

El agua es en muchas regiones del mundo un recurso escaso y a la vez muy valioso, por lo que la economía, en cuanto ciencia que estudia la gestión y asignación eficiente de recursos escasos, debe ser incorporada al estudio de decisiones racionales en el uso del agua en el marco de esa gestión integral, decisiones racionales sobre la explotación, conservación, reparto y uso de los recursos hídricos en situaciones de escasez requieren información sobre el valor económico del agua para los distintos usos en competencia.

En términos cuantitativos, se encuentra de manera abundante en el planeta, ocupando, entre océanos, ríos, lagos y agua del subsuelo, hasta 75% de la superficie terrestre (cerca de 380 millones de km²), e incluso hasta 83% en invierno en el hemisferio norte. Sin embargo, en términos volumétricos, toda el agua en el planeta sería sólo una película muy delgada extendida en su superficie y de la cual únicamente 2.53% es agua dulce, considerada apta para el consumo humano, y la demás es agua del mar, salada. De esta ya en sí pequeña cantidad de agua dulce, 99.6% se encuentra en depósitos subterráneos (en estado gaseoso y líquido) o congelada, y todavía menos de 1% se halla en forma superficial, supuestamente más accesible para la gente, pero distribuida de manera muy heterogénea por el planeta. De aquí que la disponibilidad natural del agua en términos de la distribución espacial y temporal (variaciones anuales e interanuales) sea desigual (Perevochtchikova, 2010).

Es importante reconocer que el agua es un derecho humano en el cual los gobiernos deben involucrarse, el marco normativo y la legislación en la CDMX son importantes dentro del análisis pues brindan un panorama de la situación normativa. Es necesario observar el problema de escasez de agua potable en la ciudad, en términos de desabasto, ineficiente servicio, utilización irracional del recurso, inexistencia de un equilibrio ecológico en la ciudad, y la acción del gobierno en torno a la gestión del agua potable, desde un enfoque institucional.

En México, fue hasta febrero de 2012 cuando el derecho humano al agua se incorporó a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), adicionando al artículo 4º constitucional el siguiente párrafo:

“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 sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la 120 Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines (...).”

En respuesta a esta reforma, el Congreso de la Unión expidió la Ley General de Aguas que incorporara todo lo referente a la implementación y garantía de

este derecho. En este sentido, otra ley que rige los derechos ambientales es la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que propicia el desarrollo sustentable, a través de la definición de criterios para su aplicación:

“Preservar, restaurar y mejorar el ambiente, garantizar un medio ambiente adecuado para el desarrollo y el bienestar social, garantizar el aprovechamiento sustentable de todos los recursos naturales y hacer compatible la obtención de beneficios económicos, con la preservación de los ecosistemas, garantizar la participación individual y comunitaria en la preservación, reservar y proteger la biodiversidad, el suelo y el agua (...)”

La Ley de Aguas Nacionales funge como elemento clave en la administración y regulación en la provisión del vital líquido, pues su objetivo es:

“regular la explotación, uso o aprovechamiento de aguas, su distribución y control, así como la reservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral y sustentable”

El Poder Ejecutivo tiene la facultad de reglamentar el control de la extracción de las aguas superficiales y del subsuelo, estableciendo cuotas o niveles máximos en un período de tiempo. De igual manera, la Constitución Política de la Ciudad de México (CPCDMX) incluye en su artículo 9 referente a una Ciudad solidaria, el Derecho al agua y a su saneamiento, mencionando que:

“Toda persona tiene derecho al acceso, a la disposición y saneamiento de agua potable suficiente, salubre, segura, asequible, accesible y de calidad para el uso personal y doméstico de una forma adecuada a la dignidad, la vida y la salud; así como a solicitar, recibir y difundir información sobre las cuestiones del agua. La Ciudad garantizará la cobertura universal del agua, su acceso diario, continuo, equitativo y sustentable. Se incentivará la captación del agua pluvial. El agua es un bien público, social y cultural. Es inalienable, inembargable, irrenunciable y esencial para la vida. La gestión del agua será pública y sin fines de lucro”

Asimismo, el artículo 16 referente a Ordenamiento territorial, se menciona la Gestión sustentable del agua, en la que:

“Las autoridades de la Ciudad de México garantizarán la disposición y distribución diaria, continua, equitativa, asequible y sustentable del agua, con las características de calidad establecidas en esta Constitución. 2. Se garantizará el saneamiento de aguas residuales, entendido como su recolección, conducción, tratamiento, disposición y reutilización, sin mezclarlas con las de origen pluvial (...)”

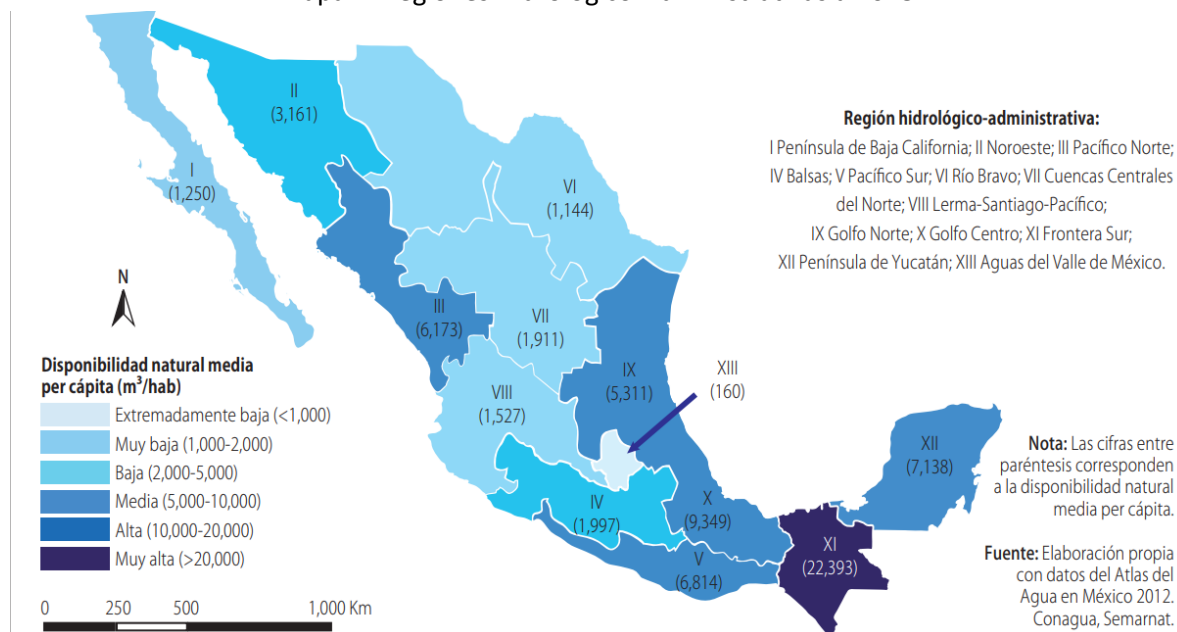
Dicho artículo incluye las sanciones por su desperdicio y contaminación, una visión que promueva la cultura del uso y cuidado del agua en todos los niveles educativos. La legislación vigente se encuentra alineada a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), que incluye la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, específicamente con el Objetivo número 6 en materia de Agua limpia y Saneamiento:

“Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”

Gracias a todas las estrategias que se han implementado en la materia, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo encargado de la gestión del agua en México, desempeña sus

funciones a través de 13 organismos de cuenca, cuyo ámbito de competencia son las Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) ver Mapa 1, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos (Estadísticas del Agua en México, 2017)

Mapa 1. Regiones Hidrológico-Administrativas a 2018.



Fuente: INEGI con base en datos de CONAGUA.

Dada la clasificación por regiones administrativas, consideradas como las unidades básicas para la gestión de recursos hídricos, los límites de las regiones respetan la división política municipal, para facilitar la administración e integración de datos socioeconómicos. Las principales características de las regiones se presentan en la Tabla 1, como se aprecia, la CDMX se encuentra en la región XIII, que en términos de sustentabilidad presenta una cifra muy baja debido a la densidad de población y a la sobreexplotación del acuífero donde se encuentra, de igual forma se presenta una situación similar en la cantidad de agua renovable al año, siendo la región más crítica del país, incluyendo el agua renovable⁴ per cápita, sólo 144 m³ al año se han alcanzado según las cifras de CONAGUA.

Conforme al cálculo de la precipitación normal 1981-2010, anualmente México recibe del orden de 1,449,471 millones de m³ de agua en forma de precipitación. Con los últimos cálculos hidrológicos disponibles al 2017, se estima que el 72.15% se evapotranspira y regresa a la atmósfera. El 24.77% escurre por ríos y arroyos. El 6.38 % restante se infiltra y recarga los acuíferos. De mayor gravedad son los niveles menores a 500 m³ por habitante por año, calificados como condición de absoluta escasez, en la que se encuentra la región XIII Aguas del Valle de México.

⁴ Cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones). Se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más los flujos de entrada menos los flujos de salida de agua a otras regiones (Gleick 2002).

De acuerdo a los pronósticos para 2030 se debe tener especial cuidado con el agua subterránea, ya que su sobreexplotación ocasiona el abatimiento de los niveles freáticos, el hundimiento del terreno y puede causar afectaciones difícilmente reversibles a los ecosistemas y a la sociedad (Estadísticas del Agua en México, 2017).

Tabla 1. Indicadores hidrológicos, 2017.

Clasificación de la sustentabilidad	Clave	Region Hidrológico-Administrativa	Indice Global de Sustentabilidad 2017	Agua renovable 2017 (hm ³ /año)	Agua renovable per cápita (m ³ /hab./año)	Escurrimiento natural medio superficial total (hm ³ /año)	Racarga media total de acuíferos (hm ³ /año)
Baja	II	Noroeste	0.398	8,274	2,837	5,068	3,207
Baja	III	Pacífico Norte	0.462	26,747	5,823	23,537	3,211
Baja	IV	Balsas	0.412	21,668	1,799	16,798	4,871
Baja	V	Pacífico Sur	0.443	30,836	6,017	28,900	1,936
Media	VI	Río Bravo	0.471	12,844	1,019	6,495	6,350
Baja	VII	Cuencas Centrales del Norte	0.388	8,024	1,725	5,551	2,474
Media	VIII	Lerma Santiago Pacífico	0.573	35,071	1,419	25,241	9,831
Alta	IX	Golfo Norte	0.622	28,655	5,329	24,555	4,099
Media	X	Golfo centro	0.499	94,363	8,796	89,764	4,599
Alta	XI	Frontera Sur	0.641	147,195	18,776	124,477	22,718
Media	XII	Península de Yucatán	0.463	29,647	6,212	4,331	25,316
Baja	XIII	Aguas del Valle de México	0.394	3,041	144	1,106	2,294
Media	XIV	Nacional	0.574	451,223	4,689	359,041	92,547

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CONAGUA, 2017 (Estadísticas del Agua en México)

El nivel de escurrimiento en la capital es de igual manera el más bajo, más adelante se explica su importancia en ciclo hidrológico actual, debido a ello dicho ciclo no se completa de manera normal, obstaculizando la absorción de agua en gran medida por el gran terreno cubierto de asfalto.

3. Planteamiento del problema

En México, la distribución geográfica del agua no coincide con la distribución geográfica de la población. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre el Sureste y el Norte del territorio; se observan áreas con gran escasez de agua y regiones con frecuentes eventos hidrometeorológicos que significan costosas inundaciones y afectación de asentamientos humanos e infraestructura. En la zona centro–norte del país se concentra 27% de la población, se genera 79% del Producto Interno Bruto (PIB) y se cuenta con sólo 32% del agua renovable; en cambio, en la zona sur donde existe el 68% del agua el país, se asienta sólo 23% de la población y se genera 21% del PIB (CONAGUA, 2018).

La mala calidad del agua superficial limita su aprovechamiento, en términos de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):

22.7% del agua superficial se encuentra contaminada o fuertemente contaminada.
33.2% del agua superficial tiene calidad aceptable.

44.1% del agua superficial observa calidad buena y excelente.

La cobertura nacional de alcantarillado es de 90.2 %. En zonas urbanas la cobertura es 96.4%. Si bien oficialmente 92.0% de la población tiene acceso al servicio público de agua potable, dicho porcentaje disminuye dramáticamente cuando se considera su calidad. El 78% del agua se utiliza para fines agropecuarios, mientras que la eficiencia de conducción y distribución es de 86% y 76%, respectivamente (Estadísticas del Agua en México, 2017).

De los 653 acuíferos, 106 se encuentran sobreexplotados, especialmente en zonas de interface agrícola y urbana, lo que plantea un horizonte previsible de agotamiento que significa graves problemas de salud pública. Mientras que, en la CDMX, existe una sobreexplotación de los acuíferos, debido a que la extracción es mayor que la infiltración. A esto hay que añadir que la infiltración natural del agua de lluvia se ha reducido por el sellamiento del terreno con asfalto y concreto, fundamentalmente en las zonas de recarga (zona de montaña y zona de transición) (Programa de Gobierno, 2018)⁵. La mayoría de los organismos operadores de sistemas de agua para servicio público son ineficientes y opacos; funcionan con criterios políticos y clientelares, no están debidamente profesionalizados, dependen de cuantiosos subsidios, y no están constituidos como empresas públicas sujetas a reglas claras y transparentes de gobierno.

El SACMEX se encuentra entre dichos organismos, muestra bastantes deficiencias en su normatividad, además de estar centralizado lo que no le permite realizar las actividades prioritarias tendientes a garantizar el derecho humano al agua sin la intermediación de otras instancias administrativas sin que retrasen el cumplimiento de metas y objetivos. Las tarifas de servicio público son fijadas políticamente por los congresos y, con frecuencia, no son suficientes para asegurar la autosuficiencia de los organismos operadores, además de que algunos se manipulan con fines político-clientelares (SACMEX, 2018).

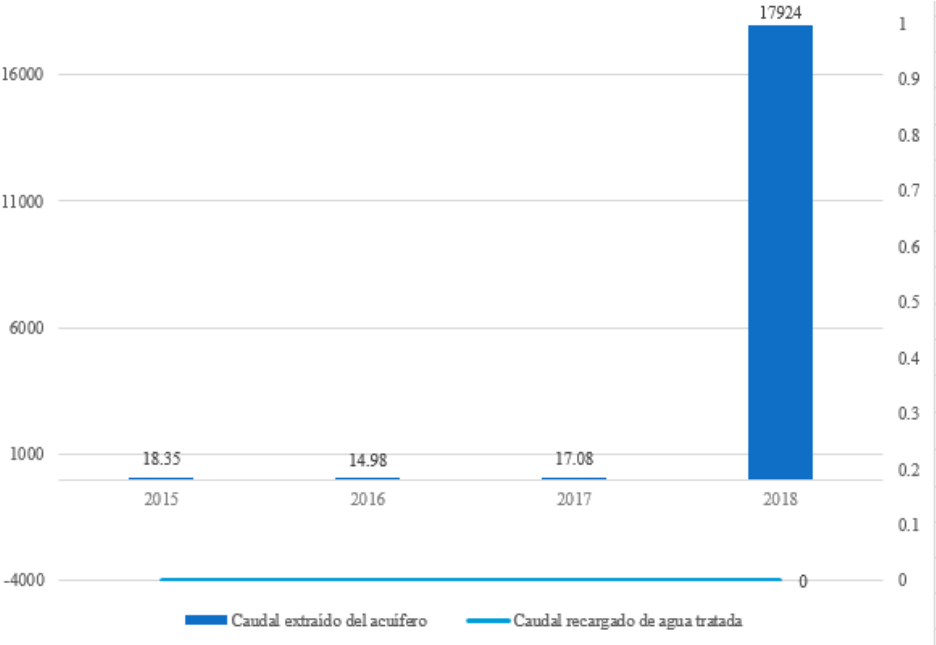
La CDMX enfrenta graves desafíos durante la temporada de estiaje, pues hay una escasez de agua extremosa, que tiene graves consecuencias en la salud de la población debido a golpes de calor y la falta de agua potable; causando también la deshidratación de la vegetación y la subsidencia del suelo.

El abastecimiento de agua potable a la CDMX es otra importante problemática a atender. Por un lado, siendo una de las metrópolis más grandes del mundo, se requeriría de un enorme volumen de agua para proveer a cada ciudadano de manera equitativa. Esto ha llevado a los gobiernos federal y local a crear un

⁵ La sobreexplotación del acuífero de la ZMCM ha ocasionado que, en los últimos 70 años, el centro haya alcanzado valores máximos de nueve metros de hundimiento. En la actualidad los hundimientos regionales promedio son de 15 cm por año. Los valores máximos se encuentran en el centro y sur de la ciudad, y en los límites norte y oriente del Distrito Federal, en coincidencia con las zonas donde se encuentran las baterías de pozos

sistema que combina la importación de agua a la red de la ciudad desde cuencas ubicadas a cientos de kilómetros, y adicionalmente la perforación de múltiples pozos que bombean agua desde los acuíferos más profundos. Por ejemplo, en la Figura 1 se observa como la extracción neta de caudales en el año 2018 aumentó dramáticamente a comparación de los tres años anteriores, esto en parte debido al incremento de las necesidades de la población urbana que radica en la CDMX así como la población flotante, mientras que ningún caudal fue recargado en el período que se muestra.

Figura 1. Extracción neta del acuífero de la CDMX



Fuente: Elaboración propia con base en datos del portal de monitoreo del Gobierno de la Ciudad de México, Indicadores por ODS (Objetivos del Desarrollo Sostenible)

Esta extracción de agua sin recarga causa el hundimiento del suelo, lo que resulta en subsidencia. Otro efecto de este esquema de explotación es la deshidratación de la capa superior del suelo: un proceso de extracción del agua y oxidación que hace que las capas de arcilla colapsen y se compriman bajo el peso de la urbanización de la Ciudad. Algunas de sus áreas como el aeropuerto o el Centro Histórico, se hunden a un impresionante índice de hasta 80 milímetros al año. Es importante destacar que hay una distribución y un consumo muy desigual de agua en la ciudad: las Delegaciones en el Oriente reciben volúmenes de agua potable muy por debajo de la media de la ciudad; y en algunas colonias el agua potable tiene que ser distribuida en camiones tanque o pipas.⁶

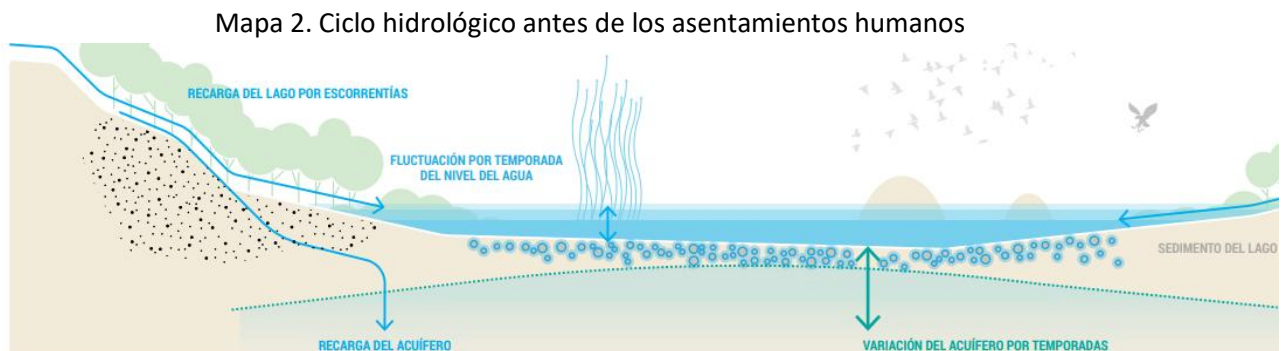
⁶El consumo medio de la población de la CDMX es más del doble que las tasas de consumo recomendadas para grandes ciudades por la Organización Mundial de la Salud (OMS); al mismo tiempo las tarifas en la CDMX por este servicio básico están muy por debajo de los estándares globales.

La tendencia de la reducción de la disponibilidad y la falta de sustentabilidad de agua en el Valle de México, y específicamente del caudal que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México distribuye en la capital, es muy clara. En 1997, el Distrito Federal contaba con un caudal de 35 m³ por segundo, con el cual abastecía a 8.6 millones de habitantes. En la actualidad cuenta con 29.9 m³ por segundo para abastecer a 8.8 millones de habitantes (SACMEX, 2014).

Las distintas actividades humanas ejercen una presión importante, directa e indirectamente, sobre el ciclo hidrológico, lo que ha tenido consecuencias negativas en muchas regiones no sólo en la calidad de vida de la población, sino también en los ecosistemas naturales y su biodiversidad. La necesidad de producir más alimentos y energía, así como de abastecer con mayores volúmenes de agua a la población y actividades productivas, ha incrementado significativamente su demanda y ha presionado fuertemente su calidad en sus reservorios naturales.

Para ello, es vital para entender cómo funciona el ciclo hidrológico actualmente y cómo podría hacerlo de manera óptima. En primer lugar, en la CDMX los niveles de precipitación varían entre 600 y 1,500 milímetros anuales según datos de la CONAGUA. Sin embargo, éstos se distribuyen a lo largo del año de manera desigual: la mayor parte de la lluvia cae entre junio y octubre, durante la llamada temporada de lluvias. Hay tres maneras en las que esta precipitación continúa su camino a través del ciclo hídrico regional⁷:

- El agua de lluvia se evapora (en promedio un 75%)
- El agua de lluvia escurre por canales y ríos (en promedio un 11%)
- El agua de lluvia se infiltra en el suelo (en promedio un 14%)



Fuente: De Urbanisten.

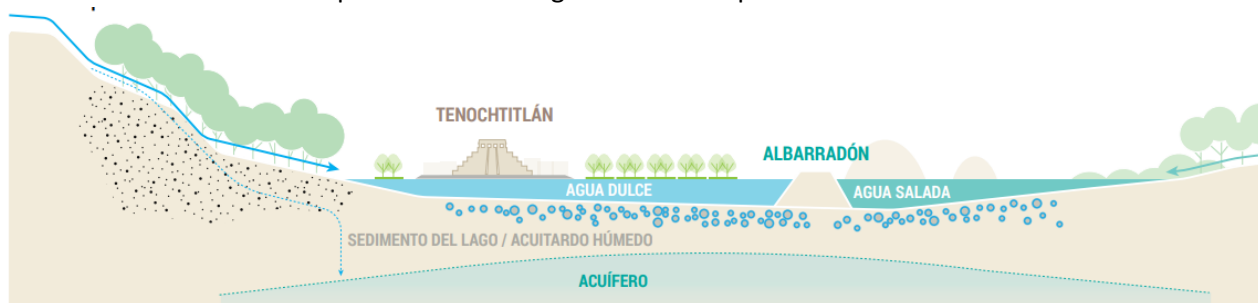
⁷ Estas cifras son promedios para toda la Cuenca de la CDMX. Dentro de ella se observan diferencias importantes: En las altas áreas montañosas hay considerablemente menos evaporación y las tasas de infiltración y escurrimiento tienden a ser más altas; en la parte Poniente de las planicies urbanizadas hay mucho menos evaporación y mayor escurrimiento; al Oriente la evaporación es el fenómeno dominante y los índices de infiltración son muy bajos.

El área de recarga del acuífero más adecuada se encuentra a lo largo de la Sierra del Chichinautzin –las montañas que conforman el límite sur de la Cuenca– donde se encuentra el Área de Conservación Ecológica. La extensión de tierra no urbanizada, los bajos índices de evapotranspiración y la composición geológica del suelo por rocas volcánicas, hacen de ésta un área adecuada y potencialmente muy interesante para la recarga de agua en el acuífero de la CDMX. Las rocas basálticas en sí mismas no son permeables, pero tienen un gran número de cavidades y orificios que sirven como canales a través de los cuales puede fluir el agua (De Urbanisten, 2018).

La pérdida de agua de lluvia por escorrentía natural sucede en el suelo de conservación. Una parte de la lluvia que cae en esta área de protección ecológica, drena hacia ríos y arroyos que fluyen a través de la Sierra del Chichinautzin. De manera simultánea, una gran parte de la lluvia se convierte en escorrentías de superficie que terminan entrando al sistema de drenaje en las áreas urbanizadas situadas en los límites inferiores entre las planicies. Este volumen de agua representa un riesgo debido a la gran velocidad que alcanza al bajar de las pendientes; al mismo tiempo, representa un gran volumen de agua potencialmente limpia que es desperdiciada cuando entra al sistema de drenaje y es contaminada.

Por otro lado, las inundaciones forman ya parte del actual ciclo hidrológico, las áreas al oeste y suroeste, en las faldas de la Sierra de las Cruces, reciben una mayor cantidad de lluvia y un mayor número de eventos de lluvia extremos, debido a la escorrentía natural anteriormente citada. Adicionalmente, el riesgo representado por una mayor probabilidad de lluvia se ve reforzado por las condiciones específicas del terreno, pues es en esta área que se localizan los sedimentos volcánicos más inestables y las laderas más agrestes y urbanizadas de la ciudad. El resultado de ello es una escorrentía muy veloz que no puede ser absorbida por el sistema de drenaje subterráneo y por lo tanto inunda esta área, causando grandes daños, afectaciones y pérdidas económicas.

Mapa 3. Ciclo hidrológico en los tiempos mexicas



Fuente: De Urbanisten.

La evapotranspiración es la pérdida de humedad de una superficie donde el agua regresa a la atmósfera. Depende de la cantidad de evaporación causada por las

condiciones climáticas locales, el tipo de suelo y subsuelo y si el agua puede ser absorbida por la vegetación circundante, según sus metabolismos específicos. En la CDMX, este fenómeno atmosférico representa el principal destino para el agua de lluvia que cae en la cuenca.

El Oriente en particular, Delegaciones como Iztapalapa o Tláhuac, es el área más afectada por este proceso. Ahí, los altos índices de evapotranspiración están íntimamente ligados a las frecuentes ondas de calor, la condición impermeable del suelo y a la falta de infraestructura verde.⁸

El drenaje de la CDMX es un gran y complejo sistema de infraestructura de alcantarillado mixto que recolecta agua de lluvia, aguas grises (de uso doméstico) y aguas negras (drenaje). Mediante una serie de colectores, éstas son descargadas en un sistema subterráneo principal que las combina y transporta hasta el vecino estado de Hidalgo varios kilómetros hacia el norte, fuera de la Cuenca urbanizada (De Urbanisten, 2018).

Originalmente, El Gran Canal del Desagüe transportaba el agua en superficie; sin embargo, con el colapso gradual del subsuelo, la capacidad del Canal se redujo de manera drástica debido a una pérdida de inclinación, hasta que eventualmente en algún momento su pendiente fue invertida por la subsidencia eliminando así su utilidad. Desde entonces, la ciudad ha estado construyendo y expandiendo el llamado sistema de Drenaje Profundo, en algunos casos con gigantescos esfuerzos ingenieriles como el Túnel Emisor Oriente (TEO).

La principal causa de la pérdida de agua de lluvia en la urbanizada Cuenca, es la absoluta dependencia de la ciudad en este sistema de drenaje. Consecuentemente, el agua no puede evaporarse, no tiene tiempo para infiltrarse y, especialmente hacia el Oriente de la Ciudad, la humedad no puede ser retenida por árboles, pues hay muy pocos que puedan sobrevivir en el suelo salino y saturado de minerales de esta área.

⁸ Una de las consecuencias negativas de este fenómeno es también el efecto que tiene en el suelo, pues incrementa su salinidad; esta condición limita las posibilidades de implementar vegetación y consecuentemente incrementa severamente el efecto de isla de calor en esta región de la Ciudad.

Mapa 4. Ciclo hidrológico en la época moderna



Fuente: De Urbanisten

A pesar de los cambios en el ciclo a lo largo de los años, no basta sólo con dejarle la tarea solamente al Gobierno o a las autoridades, al considerar estadísticas de consumo de agua, es claro que esta problemática requiere también de un cambio de mentalidad hacia un uso más responsable del agua potable.

Uno de los obstáculos que se tienen a la hora de realizar análisis de éste tipo, se observa que no se han mantenido actualizados los estudios de disponibilidad de las aguas nacionales; por lo que resulta difícil precisar los requerimientos reales de los usuarios del agua, que tiene como fin incrementar la medición de uso y aprovechamiento de aguas nacionales, particularmente de la CDMX y principalmente de los grandes usuarios; tampoco es del conocimiento público si se controlan o no las extracciones subterráneas y superficiales del territorio analizado.

4. Objetivo de la investigación

Debido al crecimiento de la mancha urbana en la CDMX es importante conocer la situación del recurso en la actualidad en términos de disponibilidad, abastecimiento y saneamiento del agua, visto desde la perspectiva ambiental, económica y humana. Analizar el grado de éxito de las políticas implementadas y los avances en la materia.

5. Formulación de la hipótesis

A pesar de los esfuerzos en la coordinación y planeación entre los niveles de gobierno, aún se presentan fallas en el seguimiento de la correcta aplicación de los programas y políticas públicas en términos de calidad de servicios hidráulicos, incluyendo saneamiento, alcantarillado y distribución que se pretende otorgar a la población.

6. Marco teórico y conceptual

La consideración del agua como un bien especial necesario para la vida humana siempre ha llevado a considerar a la misma como algo apartado de las cuestiones en las que deberían de intervenir los razonamientos económicos. Si bien es cierta esta consideración del agua como un bien vital para la existencia humana, nada más lejos de la realidad que adoptar ante este hecho una visión apartada de la economía y de su contemplación como un bien económico.

La importancia de los recursos naturales en la actividad económica queda patente gracias al desarrollo de la economía ambiental como subdisciplina dentro de la ciencia económica. La mayoría de los autores coinciden en señalar la década de 1970 como punto de partida a la hora de hablar de la economía de los recursos naturales o economía ambiental. Pearce y Turner (1990) ofrecen un periodo más amplio al establecer los inicios de lo que ellos denominan argumentos modernos de la economía ambiental, situándolos entre las décadas de 1960 y 1980.

Gowdy (1994) va más allá y establece que la economía ambiental es un término amplio que incluye los intentos por parte de los economistas de considerar el papel de los recursos naturales, renovables y no renovables, dentro del sistema económico. Gilpin (2000) por su parte, afirma que la economía ambiental implica a todos los costos inherentes al deterioro y el control del ambiente, aparte de la totalidad de los beneficios derivados de la protección de los recursos y el ambiente en un esquema global de costo-beneficio, con equilibrio de los costos y beneficios en cada sector, fortaleciendo de una u otra manera la base de recursos a la que recurrirán las generaciones presentes y futuras.

Importantes trabajos sobre análisis de externalidades y fallos de mercado se puede encontrarlos en Marshall (1890) y posteriormente en Pigou (1920) y su análisis de la contaminación como externalidad. El incremento de la contaminación en los años sesenta provocado por este impulso generalizado del desarrollo, favoreció la aparición de ideologías ambientalistas, algunas de ellas incluso contrarias al crecimiento económico, que hicieron retomar a algunos economistas la idea económica central: la escasez de recursos en relación con sus posibles usos.

En 1972, el Informe Meadows, *The Limits to Growth*, apuntaba, desde una óptica Malthusiana, que los objetivos de protección del medio ambiente y de crecimiento económico no eran compatibles, adoptándose economías que apelaban al estado estacionario o de crecimiento cero. Posteriormente se introdujo el concepto de ecología dentro de la economía, Los autores denominan al pensamiento ecológico económico como la única escuela heterodoxa de la economía centrada en la economía humana, no sólo como sistema social sino también como parte del

universo biofísico, y así, con una base científica y holística, la economía ecológica está jugando un papel importante en la reformulación del alcance y el ámbito de la ciencia económica. Una característica importante de la economía ecológica es su transdisciplinariedad (Constanza, et al., 1991). El énfasis en la economía ecológica se sitúa en el concepto de sostenibilidad, un término necesariamente ambiguo que indica que la meta de las políticas económicas ambientales debería ser una economía en equilibrio con el mundo biológico que lo rodea.

La búsqueda de un nuevo paradigma que ofreciese una solución a los problemas relacionados con el agua, tuvo como resultado el redescubrimiento de un concepto nacido sesenta años antes, la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)⁹ (Biswas, 2004). Las metas a alcanzar utilizando la GIRH son la sostenibilidad, tanto económica como ambiental y social, la eficiencia económica en el uso del agua y la equidad social. Incluso hay autores que califican el enfoque de la GIRH como la única solución. El reto es, entonces, encontrar un equilibrio entre la protección del recurso en sí y la satisfacción de las necesidades sociales y ecológicas asociadas al proceso de desarrollo económico (Odendaal, 2002).

Anderson (2002) apuntaba que el desarrollo de lo que denomina un mercado global para el agua está emergiendo porque la consideración del agua se está moviendo rápidamente desde el concepto de gestión pública del recurso hacia la atención al agua como bien económico. Esta corriente parte de la percepción de que las agencias públicas se han mostrado ineficientes a la hora de garantizar la disponibilidad de agua como necesidad básica, en cantidad y calidad suficiente y bajo una adecuada gestión para todos los seres humanos.

Desde el punto de vista de la racionalidad, cualquier acuerdo de privatización en los servicios relacionados con el agua, debería garantizar ciertos estándares y principios básicos, que garanticen la satisfacción de las necesidades básicas de agua, mantener los ecosistemas asociados o establecer políticas tarifarias acordes a las condiciones socioeconómicas de cada zona, evitando con ello un agravamiento de las situaciones de pobreza. El debate se centra hoy en día en la consideración del agua como bien económico debe ir acompañado de garantías formales de respeto a ciertos principios y objetivos sociales.

Otro concepto que se presenta es el agua virtual¹⁰, acuñado por Allan en 1996. Afirmaba que, del agua utilizada en un país, tan solo el 10% iba destinada al

⁹ La definición más aceptada y citada es la que ofrece la Global Water Partnership, que establece que la GIRH “es un proceso que promueve el desarrollo coordinado y la gestión del agua, la tierra y los recursos relacionados, para maximizar el resultado económico y el bienestar social de una manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP, 2000).

¹⁰ El agua virtual viene definida como la cantidad de agua consumida en el proceso de elaboración de un producto, e interviene activamente en el comercio internacional de estos bienes. De esta forma, al contabilizar los flujos de agua incluidos en los productos comercializados, indirectamente se están realizando transferencias de agua desde las zonas con ventajas comparativas en la producción de los alimentos -basadas en la disponibilidad de recursos hídricos para esa producción-, hacia zonas con menor disponibilidad de agua.

consumo humano, mientras que cerca del 90% iba destinado a la producción de alimentos. Por lo tanto, la demanda de agua en una economía está directamente relacionada con dos factores (Allan, 1998).

Aunque este concepto afirmaría las teorías de la ventaja comparativa del comercio internacional también plantearía situaciones arriesgadas, como que algunos países en vías de desarrollo con pocos recursos hídricos disponibles, dejaran de cultivar alimentos intensivos en agua que forman parte de su base alimentaria, teniendo entonces que exportarlos generando una elevada dependencia alimenticia (Velázquez, 2008).

Además, Ohlsson (1998) añade que una estrategia que evita de alguna manera las crisis sobre los recursos naturales, también evitaría los procesos reflexivos que pudieran derivar en mejoras de eficiencia, modernización o democratización ecológica. Además, la no politización de la gestión del agua por la que apuesta el concepto de agua virtual, supondría la no participación de la sociedad, los usuarios, planificadores, entre otros, por lo que básicamente se apuesta en todo proceso de implementación y en la toma de decisiones (Warner, 2003).

La planificación hidrológica, entendida en el sentido de construcción de embalses, proyectos de riego, políticas de gestión, etc. aporta lo que Warner denomina seguridad hídrica, es decir, podría ser utilizada como instrumento para el asentamiento de determinadas poblaciones en zonas rurales, mantenimiento del medio agrícola o independencia de recursos de otras zonas. Por último, las críticas en torno a la elevada dependencia de un país del comercio de determinados bienes en base al agua virtual contenida, les hace vulnerables a las situaciones asociadas al comercio internacional tales como los shocks de precios, competencia o globalización descontrolada, no siempre deseables para economías en procesos de desarrollo.

La capacidad de abastecer de agua ha venido acompañada de un mayor incremento potencial de las necesidades, y que ha duplicado nuestro consumo por persona respecto a épocas pasadas (Cosgrove y Rijsberman, 2000). A pesar de que el ser humano apenas consume un 10% del agua potable superficial (ríos y embalses naturales), el mencionado incremento de la utilización del agua y la distribución desigual de ríos y precipitaciones provocan que el abastecimiento de millones de personas dependa de operaciones destinadas a almacenar y obtener agua de calidad a partir de la creación de embalses y trasvases, de la extracción de reservas en el subsuelo, la reutilización de aguas residuales o la desalación del agua marina.

Existe un creciente reconocimiento de que las denominadas crisis del agua son básicamente crisis en la gestión y gobernabilidad del recurso (López-Gunn y

Llamas, 2008). Algunos autores incluso afirman que la escasez de agua no es un problema físico, sino una cuestión social y económica causada por la desigual distribución de los recursos y la casi inexistente gestión del uso del suelo asociada o un problema de calidad debido a las dificultades de acceso al agua dulce (Arrojo, 2006).

En el futuro, el aumento de la población en las ciudades y el mayor consumo derivado del estilo de vida, generará mayores tensiones en la disponibilidad de los recursos hídricos, tal y como apuntan Postel, (2000) o Glennon, (2004), entre otros. A pesar de que los países desarrollados cuentan con grandes infraestructuras capaces de gestionar y recuperar el agua con relativa eficiencia, se plantearán conflictos inevitables entre los diferentes usos del agua, e incluso entre el propio abastecimiento y los usos económicos (Naredo, 2006). Los organismos encargados de la gestión de la distribución de los recursos hídricos se convierten entonces en piezas fundamentales para canalizar el total de la oferta y abastecer a poblaciones y sectores económicos en función de sus propios criterios.

Basándose en trabajos teóricos como los desarrollados por Cuervo (1986) o Rodríguez (2004), los favorables a la privatización entienden que la inclusión de empresas privadas en la gestión del agua tiende a optimizar estos recursos (eficiencia de su uso) y a mejorar las infraestructuras de forma constante dada la competencia empresarial, evitando problemas de abastecimiento. La mayoría de los países desarrollados ya incluyen en la gestión del agua a empresas privadas en distinto grado. Enaboulsi (2001) destaca una mayor eficiencia en la gestión gracias a la participación privada respecto a etapas anteriores.

El posicionamiento de estos autores favorables a un mayor grado de privatización tiene su oposición en aquellos que defienden la llamada Nueva Cultura del Agua y que se muestran contrarios a la participación privada en la gestión de los recursos hídricos y a la utilización del agua como un bien básicamente económico. Según Johnson y Handmer (2002), la privatización del agua sólo existe si su explotación presenta rendimientos positivos para las empresas, algo que puede suponer un riesgo para el abastecimiento de la población, dado que las industrias podrían encarecer el valor del agua por su mayor disponibilidad a pagar.

Finalmente, el enfoque de GIRH anteriormente mencionado ha sido exitosamente aplicado en algunas zonas sometidas a estrés hídrico y no tanto en otras, pero puede ser un camino sobre todo en la adaptación institucional ante situaciones de estrés hídrico. Algunos autores conocidos en temas de gestión de aguas como Sandra Postel (2001) o Peter Gleik (2000) han cuestionado la sostenibilidad del sistema actual si no suceden transformaciones importantes. En este sentido, la

clasificación y contabilización de los recursos hídricos tiene una relevancia cada vez más notable.

El problema con la contabilización o disponibilidad de los recursos hídricos es, que si bien el agua es un recurso que se renueva constantemente, los tiempos son tan largos en la escala humana que en ocasiones la consideración, por ejemplo en las aguas subterráneas, es de recursos fósiles o no renovables. Si la tasa de extracción de un acuífero supera a la tasa de recarga, estamos convirtiendo un recurso renovable en uno agotable, lamentable característica de un gran número de acuíferos en el mundo.

Los efectos del cambio climático en los recursos hídricos disponibles han sido ampliamente enumerados, aunque con las precauciones propias, en algunos de los trabajos, de la incertidumbre asociada al fenómeno (Oki y Kanae, 2006). Señalan que algunos autores consideraban que los impactos del ser humano en los procesos naturales eran tan importantes que no tenía sentido estudiar el ciclo hidrológico sin contabilizar los impactos de la intervención humana.

Un recurso que se ha convertido en el elemento clave del funcionamiento de muchos sistemas hídricos es el agua reutilizada o regenerada. Aunque la preocupación asociada a la utilización de este tipo de recursos era la calidad resultante del proceso, tanto desde organismos internacionales como nacionales se han venido desarrollando normativas específicas que garanticen la calidad del recurso. La utilización del agua reutilizada ha llegado a ser un elemento importante en la gestión de los recursos hídricos por razones económicas, ambientales y sociales. Una utilización apropiada de estos caudales se ha llegado a considerar como un ejemplo de tecnología medioambientalmente sostenible (UNEP, 2006).

De entre las ventajas de estos caudales, aparte de que suponen un incremento de los recursos hídricos disponibles, hay que tener en cuenta que frente a otros recursos alternativos, las aguas regeneradas son un recurso más estable y resulta más económico que los trasvases o la desalación, consumiendo mucha menos energía que esta última. En muchas zonas, han entrado a formar parte de la utilización conjunta de recursos, solucionando los problemas de escasez estacionales asociados a la actividad turística, ya que en verano la disponibilidad de estos caudales aumenta, y la demanda de agua para consumo urbano también.

Como se observa, la situación mundial de los recursos hídricos está siendo sometida a diversos análisis de cuantificación para estimar las disponibilidades más inmediatas de agua a nivel global. La necesidad de contar con recursos de diferentes orígenes, sobre todo los llamados no convencionales, la integración en los cálculos del agua verde y una gestión integrada de todos ellos es la tendencia actual para solucionar los problemas de estrés hídrico y escasez en el mundo.

7. Pruebas cuantitativas y/o cualitativas de la hipótesis

El Sistema Cutzamala, abastece a 11 delegaciones de la Ciudad de México y 11 municipios del Estado de México, es uno de los sistemas de suministro de agua potable más grandes del mundo, no sólo por la cantidad de agua que suministra, aproximadamente 500 m³ por año (Tabla 2), sino también por el desnivel que vence (1,100 m). Aporta el 17% del abastecimiento para todos los usos de la Cuenca del Valle de México, calculado en 88 m³/s, que se complementa con el Sistema Lerma (5%), con la extracción de agua subterránea (68%), con ríos y manantiales (3%) y reúso del agua (7%).

Tabla 2. Volúmenes anuales suministrados por el Sistema Cutzamala

Año	Entrega a la Ciudad de México	Entrega al Estado de México	Total
2007	303.9	174.56	478.46
2008	306.25	179.47	485.72
2009	244.6	155.38	399.98
2010	266.85	165.84	432.69
2011	296.46	182.17	478.63
2012	272.54	190.96	463.5
2013	255.05	165.19	420.24
2014	294.86	181.85	476.71
2015	303.26	194.15	497.41
2016	308.66	195.57	504.23
2017	311.81	194.55	506.36

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, Estadísticas del Agua en México.

Está integrado por siete presas derivadoras y de almacenamiento, seis estaciones de bombeo y una planta potabilizadora. La evolución del almacenamiento de las principales presas se muestra en la gráfica 4.10. El Mapa 5 muestra la ubicación del sistema y el desnivel que es necesario vencer, desde la parte más baja en la Planta de Bombeo No. 1, para conducir el agua a la Torre de Oscilación No. 5 y posteriormente conducirla por gravedad a la ZMVM.

Mapa 5. Sistema Cutzamala



Fuente: CONAGUA (2018)

Si bien es cierto que es el sistema más grande en México, se pierde entre el 30 y 50% del líquido por fugas en las redes de distribución. Por otro lado, las regiones del sureste del país presentan dos terceras partes del agua renovable en el país, con una quinta parte de la población que aporta la quinta parte del PIB nacional. Las regiones del norte, centro y noroeste cuentan con una tercera parte del agua renovable en el país, cuatro quintas partes de la población y de la aportación regional al PIB nacional, como lo muestra el Mapa 6. Considerando el agua renovable per cápita, la disponible en las regiones del sureste es siete veces mayor que la disponible en el resto de las regiones hidrológico-administrativas, anteriormente ya se había presentado el indicador hidrológico para el año 2017 y como se observa en el Mapa, la región XIII es la más crítica a nivel nacional, en gran medida debido al crecimiento de la mancha urbana.

Mapa 6. Agua renovable per cápita



Fuente: INEGI con datos de CONAGUA.

La calidad del agua se determina mediante la caracterización física y química de muestras de agua y su comparación con normas y estándares de calidad. De esta forma se puede identificar si el agua es idónea para los requerimientos de calidad asociados a un uso determinado; por ejemplo: el consumo humano o el ambiente, y en su caso, los eventuales procesos de depuración requeridos para la remoción de elementos indeseables o riesgosos (ONU, 2016).

Un aumento en la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), puede ocasionar una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, indispensable para que se mantenga la vida en los ecosistemas acuáticos. El origen de la materia orgánica susceptible a biodegradarse es el agua residual doméstica. Los valores más altos de DBO5 se encuentran en zonas altamente pobladas, principalmente las del centro del país (Mapa 7). Como se observa, la región XIII presenta niveles de agua que van desde aceptable hasta fuertemente contaminados, algo que debería estar controlado por las autoridades capitalinas.

Mapa 7. Calidad del agua según indicador DBO₅, 2017.

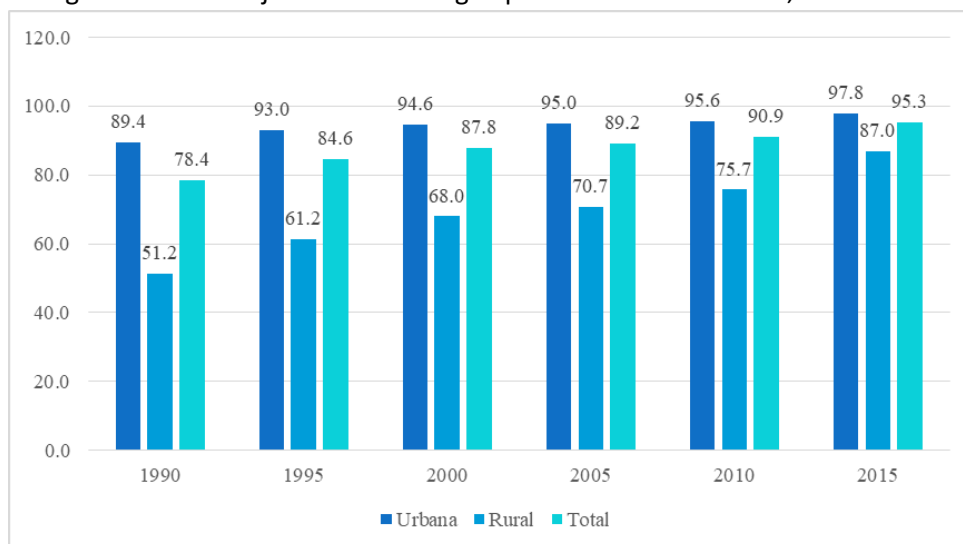


Fuente: INEGI con datos de CONAGUA.

En este sentido, la provisión de agua para el consumo humano en la cantidad y calidad necesaria incide directamente en la salud y bienestar de la población. Este hecho es reconocido a través de la inclusión de información relativa al agua para abastecimiento de la población en el Catálogo Nacional de Indicadores, que es un conjunto de indicadores clave para el diseño, seguimiento y evaluación de políticas públicas.

Dentro de los indicadores para medir la cobertura de agua potable, se ha incluido el porcentaje de acceso al agua potable nacional, como se observa en la Figura 2 la población urbana ha permanecido en constante abastecimiento, mientras que la población rural ha tenido buen avance en la materia. Sin embargo, la periodicidad de los datos no tiene el seguimiento deseado, con un espacio de cinco años entre cada dato y sólo hasta el año 2015, es necesario mantener continua actualización de los indicadores con el fin de tener un monitoreo constante, mejorando así la gestión hídrica.

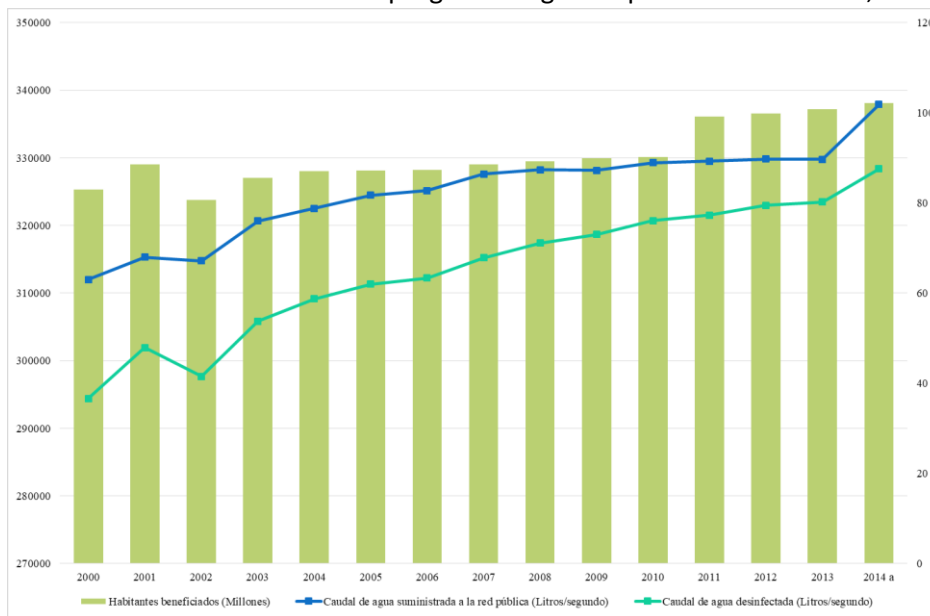
Figura 2. Porcentaje de acceso al agua potable a nivel nacional, 1990-2015.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del portal de monitoreo del Gobierno de la Ciudad de México, Indicadores por Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

En este sentido, un avance que se ha tenido en la materia aunque no se ha actualizado desde ya hace cinco años, se muestra en la Figura 3 dos indicadores del programa agua limpia, como se observa, al año 2014 la mayoría de la población disfrutaba de agua suministrada por la red pública, sin embargo la cantidad de agua limpia suministrada por el mismo no se ha llegado a igualar, si bien tienen una tendencia positiva, se presenta una gran brecha en términos de litros de agua que no están desinfectados.

Figura 3. Indicadores seleccionados del programa “Agua limpia” a nivel nacional, 2000-2014.*



*Nota: Indicadores (eje izquierdo), población (eje derecho).

Cifras al cierre de la cuenta Pública.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 2015. Con base en el PR. Tercer Informe de Gobierno. Anexo.

En la capital las 16 alcaldías presentan servicio de agua potable, aunque no se describe la regularidad del mismo, por ejemplo, en Iztapalapa es necesario proveer a los habitantes mediante pipas cada tercer día, mientras que, en el Estado de México, un municipio no tiene acceso al agua potable.

Tabla 3. Disponibilidad del servicio de agua potable, 2017.

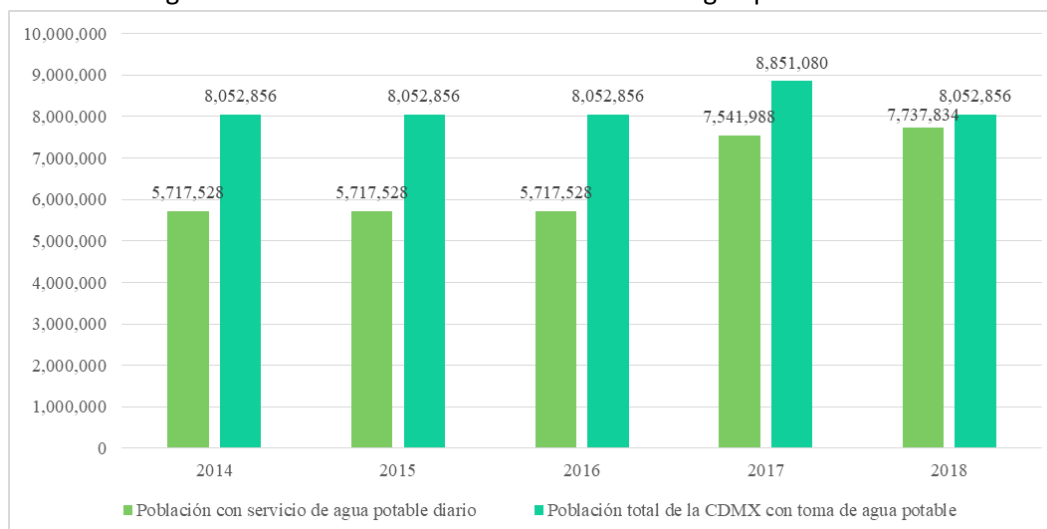
Entidad federativa	Total de municipios y delegaciones	Número de municipios y delegaciones según disponibilidad del servicio de agua potable de la red pública		
		Con servicio de agua potable	Sin servicio de agua potable	No especificado
Estados Unidos Mexicanos	2458	2410	38	10
Ciudad de México	16	16	0	0
México	125	124	1	0

Fuente: INEGI Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. SNIEG Información de Interés Nacional

El Gobierno de la CDMX, por medio del Sistema de Aguas de la CDMX, mantiene y opera a diario 1,290 kilómetros de red primaria, 11,971 kilómetros de red secundaria, 765 kilómetros de acueductos y líneas de conducción, 357 tanques de almacenamiento, 268 plantas de bombeo, 49 plantas potabilizadoras, 15 plantas cloradoras, 976 pozos, 69 manantiales, 33 garzas y 458 dispositivos de cloración.²¹ Con esta infraestructura se logra una cobertura de agua potable de 98 por ciento y de drenaje de 94%.

Para el año 2018, en la CDMX el número de habitantes con servicio diario de agua potable ha ido aumentando con el paso de los años, aunque la población con toma de agua potable se ha mantenido constante en el período exceptuando el penúltimo año.

Figura 4. Indicador: Población con servicio de agua potable diario



Fuente: Elaboración propia con base en datos del portal de monitoreo del Gobierno de la Ciudad de México, Indicadores por ODS (Objetivos del Desarrollo Sostenible)

Asimismo, otra de las grandes problemáticas de la CDMX son las plantas potabilizadoras, que mejoran la calidad del agua de las fuentes superficiales y/o subterráneas para adecuarlas al uso público urbano. En 2017 se potabilizaron 100.1 m³ por segundo en las 932 plantas en operación del país (CONAGUA, 2018). La distribución de las plantas potabilizadoras de la región hidrológico-administrativa IV Balsas incluye la planta potabilizadora Los Berros, que con 20 m³/s de capacidad instalada es la mayor del país y está ubicada en la localidad del mismo nombre en el municipio de Villa de Allende, Estado de México. Esta planta forma parte del Sistema Cutzamala y es operada por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. En la siguiente tabla se muestra que de las 16 alcaldías de la CDMX, sólo 13 cuentan con tratamiento de aguas residuales, mientras que 3, no se mencionan cuales, no cuentan con ello.

Tabla 4. Disponibilidad del servicio de tratamiento de aguas residuales, 2017.

Entidad federativa	Total de municipios y delegaciones	Número de municipios y delegaciones según disponibilidad del servicio de tratamiento de aguas residuales municipales		
		Con tratamiento de aguas residuales	Sin tratamiento de aguas residuales	No especificado
Estados Unidos Mexicanos	2458	789	1655	14
Ciudad de México	16	13	3	0
México	125	56	69	0

Fuente: INEGI Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. SNIEG Información de Interés Nacional

De manera análoga al agua potable, el drenaje de las aguas residuales generadas en los hogares determina también la salud y calidad de vida de la población, por lo que también se incluye información relativa al drenaje en el Catálogo Nacional de Indicadores. En 2015 la cobertura de alcantarillado a red pública o fosa séptica fue de 91.4%. También se tiene la cobertura de acceso a los servicios de alcantarillado y saneamiento básico, que considera a la población con drenaje conectado a la red pública, fosa séptica o con desagüe a suelo, barranca, grieta, río, lago o mar.

La información para el cálculo de esta cobertura se genera de los censos, conteos y de la Encuesta Intercensal 2015, para el periodo 1990-2015. El comportamiento de las coberturas de alcantarillado a red pública o fosa séptica y la cobertura de acceso al servicio de alcantarillado durante el periodo 1990-2015, hasta el año 2017 todas las alcaldías contaban con drenaje y alcantarillado a redes públicas, mientras que en el Estado de México dos municipios no cuentan con él.

Tabla 5. Disponibilidad del servicio de drenaje y alcantarillado, 2017.

Entidad federativa	Total de municipios y delegaciones	Número de municipios y delegaciones según disponibilidad del servicio de drenaje y alcantarillado de la red pública		
		Con drenaje y alcantarillado	Sin drenaje y alcantarillado	No especificado
Estados Unidos Mexicanos	2458	1906	542	10
Ciudad de México	16	16	0	0
México	125	123	2	0

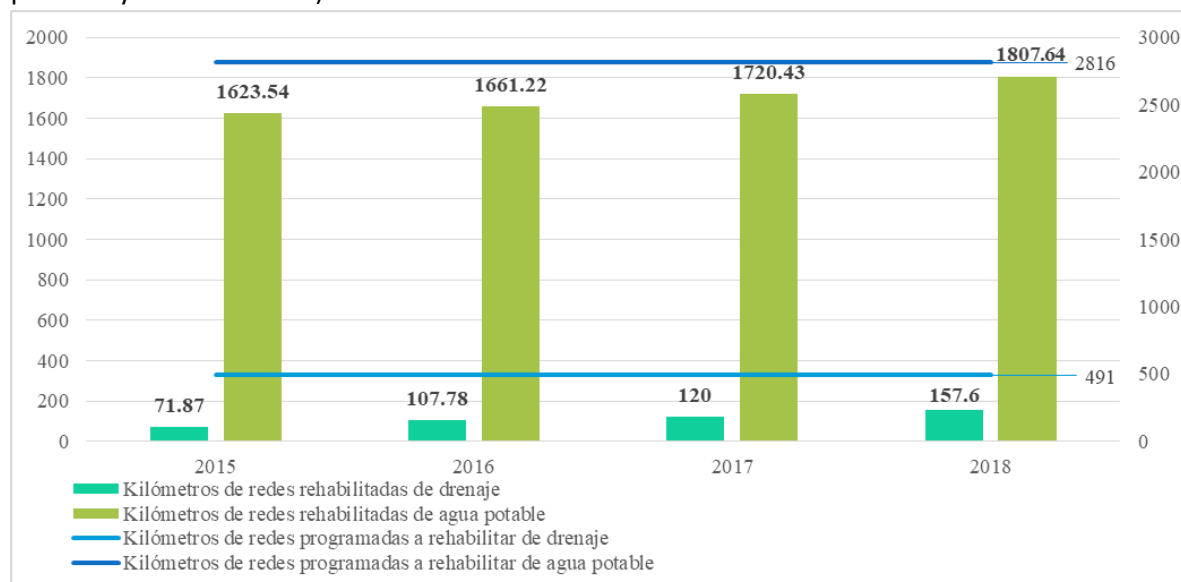
Fuente: INEGI Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. SNIEG Información de Interés Nacional

En la Figura 5 se observa que, de los proyectos de rehabilitación de drenaje han aumentado considerablemente desde el año 2015 al año 2018 casi el doble, aunque de los programados sigue existiendo una brecha de más de 330 kilómetros. Mientras que, las redes de agua potable rehabilitadas casi han cumplido con los kilómetros programados, llegando a los 1897 en el año 2018.

Como se observa se ha mantenido un avance constante en el cumplimiento de los programas y obras previstas dentro de los planes de desarrollo de la CDMX, sin embargo, aún existen deficiencias por el lado del presupuesto, es una realidad que el SACMEX ha contado con uno de los presupuestos de inversión más altos de los otorgados a las dependencias y entidades del Gobierno de la Ciudad de México,

pero es igualmente cierto que no ha sido suficiente para enfrentar las necesidades de operación, mantenimiento, conservación y ampliación de una infraestructura tan grande con un promedio de 60 años de servicio (SACMEX, 2018).

Figura 5. Porcentaje de rehabilitación de tuberías de drenaje y tuberías de agua potable (red primaria y red secundaria)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del portal de monitoreo del Gobierno de la Ciudad de México, Indicadores por los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales y no municipales. Las primeras corresponden a las que son generadas en los núcleos de población y colectadas en los sistemas de alcantarillado urbanos y rurales. Las segundas son generadas por otros usos, como puede ser la industria autoabastecida, y se descargan directamente a cuerpos de aguas nacionales sin ser colectadas por sistemas de alcantarillado. Con el objeto de preservar la calidad del agua, se han construido plantas de tratamiento de aguas residuales para su descarga a los ríos y cuerpos de agua.

En la Tabla 6 se muestra que la mayor parte de los desechos recaen sobre grandes colectores, mayoritariamente de la alcaldía Iztapalapa, por el contrario, Tláhuac, Gustavo A. Madero y Xochimilco que son sobre ríos o arroyos, esto los convierte en focos de infección para la ciudadanía.

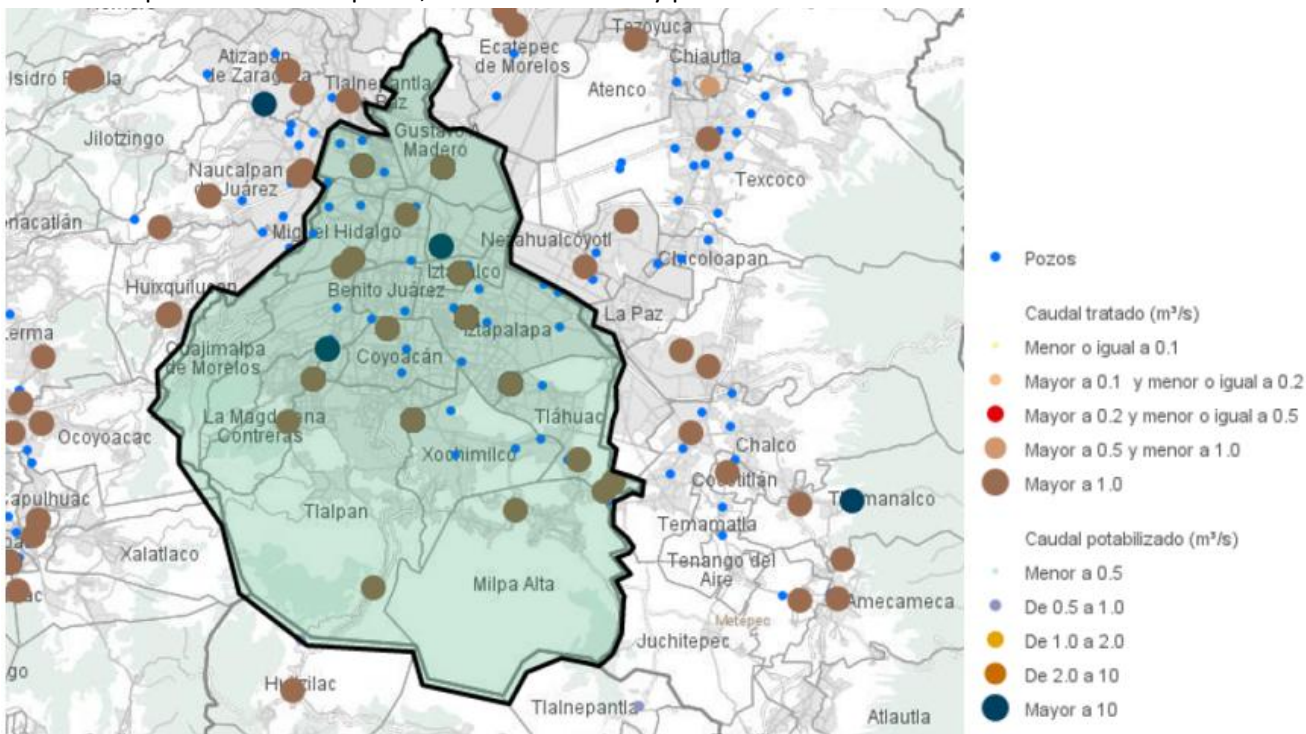
Tabla 6. Tipo de cuerpo receptor en la CDMX, 2017.

Entidad federativa Municipio y delegación	Total	Tipo de cuerpo receptor							
		Río o arroyo	Lago o laguna	Presa	Suelo o barranca	Canal o dren	Gran colector	Otro	No especificado
Estados Unidos Mexicanos	5162	2543	253	42	997	608	179	473	61
Ciudad de México	62	14	0	0	1	7	40	0	0
Azcapotzalco	3	1	0	0	0	0	2	0	0
Coyoacán	4	0	0	0	0	1	3	0	0
Cuajimalpa de Morelos	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Gustavo A. Madero	7	3	0	0	0	1	3	0	0
Iztacalco	4	0	0	0	0	0	4	0	0
Iztapalapa	8	0	0	0	0	2	6	0	0
La Magdalena Contreras	2	1	0	0	0	0	1	0	0
Milpa Alta	2	0	0	0	1	0	1	0	0
Álvaro Obregón	3	0	0	0	0	0	3	0	0
Tláhuac	4	2	0	0	0	2	0	0	0
Tlalpan	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Xochimilco	5	3	0	0	0	0	2	0	0
Benito Juárez	4	1	0	0	0	0	3	0	0
Cuauhtémoc	2	0	0	0	0	0	2	0	0
Miguel Hidalgo	3	0	0	0	0	0	3	0	0
Venustiano Carranza	8	0	0	0	0	1	7	0	0

Fuente: INEGI Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. SNIEG Información de Interés Nacional

Al 2015, en la CDMX existen 17 plantas municipales en operación, en el país trataron más de 1.0 m³ por segundo, como se observa en el Mapa 8 Milpa Alta y Tlalpan son las alcaldías con menos pozos y caudales potabilizados, mientras que Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Coyoacán cuentan con la mayoría de los caudales tratados y potabilizados al igual que con más pozos.

Mapa 8. Número de pozos, caudales tratados y potabilizados en la CDMX al 2015.



Fuente: INEGI, Mapa Digital.

Sólo el 45% de la población dentro de la CDMX se encuentra satisfecho con el servicio del agua que recibe, el 54.70% recibe un suministro constante o diario, el 49% menciona que la claridad del agua es aceptable aunque la potabilidad no es muy buena según el 16% que cree recibir agua limpia de bacterias.

La población menciona que existen fugas que no se han reparado, 75% menciona que existe desperdicio de agua por medio de ellas y sólo el 1% recibe agua de pozos particulares, la mayoría proviene de la red pública. Por otro lado, sólo el 36% se encuentra satisfecho con el servicio de drenaje y alcantarillado que se les provee, además de no haber limpieza ni mantenimiento frecuente, ver Tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7. Características del servicio de agua potable por calidad del agua.

Entidad federativa Áreas metropolitanas	Población de 18 años y más ¹	Características del servicio de agua potable														Satisfacción con el servicio de agua potable	
		Suministro constante		Pureza y claridad		Potabilidad		Sin desperdicio por fugas		Proviene de la red pública		Proviene de un pozo comunitario		Proviene de un pozo particular		Satisfecho ²	
		Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos
Estados Unidos Mexicanos	47,760,774	28,914,167	60.54	29,174,460	61.08	11,300,424	23.66	16,743,638	35.06	42,778,959	89.57	7,040,807	14.74	1,053,324	2.21	25,714,204	53.84
Ciudad de México	6,909,104	3,779,371	54.70	3,415,159	49.43	1,164,508	16.85	1,771,547	25.64	6,548,840	94.79	333,488	4.83	39,792	0.58	3,116,906	45.11
Área metropolitana del Valle de México (Ciudad de México)	6,909,104	3,779,371	54.70	3,415,159	49.43	1,164,508	16.85	1,771,547	25.64	6,548,840	94.79	333,488	4.83	39,792	0.58	3,116,906	45.11
Área metropolitana del Valle de México (Incluye localidades del Estado de México)	14,974,236	7,242,710	48.37	7,421,255	49.56	2,421,547	16.17	3,960,381	26.45	12,805,005	85.51	2,916,953	19.48	257,090	1.72	6,270,076	41.87
Estado de México	9,034,583	3,988,833	44.15	4,530,632	50.15	1,501,363	16.62	2,556,470	28.30	7,017,277	77.67	3,064,507	33.92	247,922	2.74	3,710,959	41.08
Área metropolitana de Toluca	969,451	525,494	54.21	524,536	54.11	244,324	25.20	367,636	37.92	761,112	78.51	481,042	49.62	30,624	3.16	557,789	57.54
Área metropolitana del Valle de México (Incluye localidades de la Ciudad de México)	14,974,236	7,242,710	48.37	7,421,255	49.56	2,421,547	16.17	3,960,381	26.45	12,805,005	85.51	2,916,953	19.48	257,090	1.72	6,270,076	41.87

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental, 2017.

Tabla 8. Características del servicio de drenaje y alcantarillado.

Entidad federativa Áreas metropolitanas	Población de 18 años y más ¹	Características del servicio de drenaje y alcantarillado								Satisfacción con el servicio de drenaje y alcantarillado	
		Conexión y descarga adecuados		Mantenimiento frecuente		Limpieza constante		Sin fugas de aguas negras		Satisfecho ²	
		Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos	Absolutos	Relativos
Estados Unidos Mexicanos	47,760,774	41,231,829	86.33	13,597,663	28.47	12,374,458	25.91	34,181,263	71.57	20,887,825	43.73
Ciudad de México	6,909,104	6,013,947	87.04	1,574,794	22.79	1,539,475	22.28	5,437,606	78.70	2,500,866	36.20
Área metropolitana del Valle de México (Ciudad de México)	6,909,104	6,013,947	87.04	1,574,794	22.79	1,539,475	22.28	5,437,606	78.70	2,500,866	36.20
Área metropolitana del Valle de México (Incluye localidades del Estado de México)	14,974,236	13,179,727	88.02	3,700,911	24.72	3,241,392	21.65	11,796,624	78.78	5,630,181	37.60
Estado de México	9,034,583	8,046,076	89.06	2,363,153	26.16	1,940,503	21.48	7,177,248	79.44	3,620,756	40.08
Área metropolitana de Toluca	969,451	880,296	90.80	237,036	24.45	238,586	24.61	818,230	84.40	491,441	50.69
Área metropolitana del Valle de México (Incluye localidades de la Ciudad de México)	14,974,236	13,179,727	88.02	3,700,911	24.72	3,241,392	21.65	11,796,624	78.78	5,630,181	37.60

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental, 2017.

Tabla 9. Calificación de los servicios públicos básicos.

Entidad federativa Áreas metropolitanas	Calificación de servicios públicos básicos ¹							
	Agua potable	Drenaje y alcantarillado	Alumbrado público	Parques y jardines públicos	Recolección de basura	Policía	Calles y avenidas	Carreteras y caminos sin cuota
Estados Unidos Mexicanos	6.8	6.3	5.8	6.1	7.4	4.9	5.2	6.0
Ciudad de México	6.3	5.9	5.4	5.4	7.4	4.1	4.7	5.2
Área metropolitana del Valle de México (Ciudad de México)	6.3	5.9	5.4	5.4	7.4	4.1	4.7	5.2
Área metropolitana del Valle de México (Incluye localidades del Estado de México)	6.0	6.0	5.5	5.5	6.9	4.2	4.7	5.2
Estado de México	5.9	6.1	5.6	5.7	6.6	4.4	4.7	5.4
Área metropolitana de Toluca	6.9	6.7	6.1	6.6	7.5	4.9	4.6	5.9
Área metropolitana del Valle de México (Incluye localidades de la Ciudad de México)	6.0	6.0	5.5	5.5	6.9	4.2	4.7	5.2

¹ Promedio de las calificaciones

Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental, 2017.

En términos de agua potable desafortunadamente la población cree que el servicio es deficiente, hablando en términos medios. Para el caso del servicio de drenaje y alcantarillado a penas se llega a los 6 puntos de 10, a diferencia del Estado de México, que cuenta con calificaciones ligeramente más altas en ambos rubros.

8. Conclusiones

Aunque en la actualidad el abastecimiento de la población humana está garantizado (al menos en los países más desarrollados), no se puede asegurar que sea así en un futuro. El crecimiento de la población mundial, el incremento en el uso económico y energético del agua (ocio, industrias, turismo, etc.) y los posibles cambios climatológicos podrían generar graves problemas de escasez, pese a ser un recurso reutilizable.

Dicho esto, una mayor eficiencia en el uso de los recursos, y la concientización de los problemas a los que pudiéramos enfrentarnos pueden ser consideradas como las mejores opciones posibles frente a problemas de abastecimiento futuro, sin tener que renunciar a nuestra calidad de vida. Simultáneamente, es importante poder poner en práctica una estrategia de espacio público que ofrezca la posibilidad de actuar de manera directa, a una escala pequeña pero replicable

Esto implica ofrecer soluciones más allá de las medidas técnicas en las que se está comprometiendo a la gente. Si bien la CDMX carece actualmente de algunos servicios básicos, como acceso a agua potable suficiente o protección contra inundaciones, las respuestas a estas problemáticas no pueden ser encontradas únicamente a través de extensos sistemas técnicos que buscan solucionar un único problema específico (y que por el contrario, frecuentemente ocasionan nuevos problemas).

La gestión sostenible de los sistemas de recursos hídricos implica no sólo sostenibilidad ambiental pero también financiera. En este último aspecto la política de recuperación de costos que se adopte es fundamental, y las tarifas deben diseñarse de forma que transmitan al usuario una señal del valor real del recurso y de los costos incurridos, incluyendo no sólo costos financieros sino también del recurso.

La crisis hídrica de la CDMX se expresa de manera desigual en el territorio en función de las condiciones geográficas, de las posibilidades técnicas, de las limitaciones de la propiedad del suelo, así como de las características socioeconómicas de la población. Sin embargo, esta desigualdad no ha sido formulada como problema de política pública, con un programa de inversiones para resolverla.

Sería valioso si los datos y la información existente para la CDMX pudieran ser revisados fácilmente mediante una base de datos central. Además muchos de los indicadores anteriormente utilizados carecen de seriedad, pues muchos tienen un atraso de mínimo dos años, lo que dificulta el análisis de la situación en tiempo real.

Posibles soluciones

En el contexto del desbalance hidrológico de la Cuenca de la CDMX, la aplicación de soluciones de gestión de agua inteligentes, a través de una red de espacios públicos, puede reducir el volumen de los escurrimientos, incrementar las tasas de recarga del acuífero, incentivar la reutilización de agua de lluvia y mitigar los efectos de la evapotranspiración y las ondas de calor. En algunos casos, efectos indirectos tales como la reducción de los índices de extracción del acuífero, requerirían un cambio en la consciencia colectiva, hacia prácticas para el uso más responsable del agua.

Para iniciar la restauración del balance hidrológico de la CDMX mediante intervenciones de espacio público se aplica el lema “Retrasar, retener, almacenar y reutilizar, drenar sólo cuando sea necesario”. El balance hídrico puede ser restaurado mediante la aplicación subsecuente de los elementos más adecuados de este lema.

De igual forma es necesario promover una cultura del agua en la población, no sólo de la ciudad, pues para lograr las metas propuestas en los programas nacionales se requiere de la participación de todos los agentes de la sociedad.

9. Bibliografía

Allan, J.A., (1998): "Virtual Water: a strategic resource. Global solutions to regional deficit". *Groundwater*, Vo. 36, N° 4: 545-546.

Anderson, T., (2002). "Water: from a public resource to a market commodity", en: *The New Economy of Water, Water Resource Impact*, Vol. 4, N° 1.

Arrojo, P., (2006): *El reto ético de la nueva cultura del agua. Funciones, valores y derechos en juego*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona.

Banco Mundial. (17 de 04 de 2019). *Agua: Panorama general*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

Biswas, A.K. (2004). "Integrated Water Resources Management: A reassessment. A water contribution". *Water International*, Vol. 29(2), pp. 248-256.

Comisión Nacional del Agua (2018), *Transparencia: Planes, programas e informes*.

Comisión Nacional del Agua (2014), *Programa Nacional Hídrico, 2014-2018*.

Constanza, R., Daly, H.E., Bartholomeu, J., (1991). "Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics". En R. Constanza (ed.) *Ecological Economics*. Columbia University Press, pp. 1-20. Nueva York.

Constitución Política de la Ciudad de México.

Cosgrove, W.J., Rijsberman JSBERMAN, F.R. (2000): *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*, Earthscan Publications. London, UK.

Cuervo, A., (1986). "La privatización de la empresa pública, 'la nueva desamortización'", *Papeles de Economía Española*, Vol. 27, pp. 331-340.

De Urbanisten (2018), *Hacia una Ciudad de México sensible al agua*,

Elnaboulsi, J.C., (2001): "Organization management and delegation in the Franch water industry", *Annals of Public Cooperative Economics*, Vol. 72

Gilpin, A. (2000): *Environmental Economics: A Critical Overview*. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.

Gleik, P., (2000). *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources 2000-2001*. Island Press, Washington, DC.

Glennon, R., (2004). "Water Scarcity, Marketing and Privatization", *Texas Law Review*, Vol. 83, pp. 1873-1902.

Godwy, J.M., (1994): *Coevolutionary Economics: The Economy, Society and the Environment*. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts.

Goodland, R., Daly, H., El Serary, S., Droste, B. *Desarrollo Económico Sostenible: Alcances sobre el Informe Brundtland*. Santafé de Bogota, Colombia. TM Editores.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental*, 2017.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017*. SNIEG Información de Interés Nacional

Johnson, C., Handmer, J., (2002). "Water supply in England and Wales: whose responsibility is it when things go wrong?", *Water Policy*, Vol. 4, pp. 345-366.

Ley de Aguas Nacionales

Ley General de Aguas

Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente,

Marshall, A. (1890): *Principios de Economía*. Ed. Aguilar, (3ª Edición 1957). Madrid.

Naredo, J.M. (2000): "Economía y sostenibilidad: la economía ecológica en perspectiva". *Polis, Revista Académica Universidad Boliviana*, Vol 1, N° 1, pp. 1-27.

Odendaal, P.E. (2002): "Integrated Resource Management (IWRM), with Special Reference to Sustainable Urban Water Management". En *CEMSA 2002 Conference Johannesburg, Sudáfrica*.

Oki, T., y Kanae, S., (2006): "Global hydrological cycles an world water resources", *Science*, Vol. 313, pp: 1068-1072

Organización de las Naciones Unidas (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018. Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua.

Ortega, Nuria (2009). La crisis hídrica de la ciudad de México: Dimensiones y alternativas. México.

Ohlsson, L. (1998): Water and Social Resource Scarcity - An Issue Paper Commissioned by FAO/AGLW. Presentado como discussion paper en el 2nd FAO E-mail Conference on Managing Water Scarcity. WATSCAR 2.

Pearce, D.W., Tuerner, R.K. (1990): Economics of Natural Resources and the Environment. The Johns Hopkins University Press, New York. Edición en Español Economía de los Recursos Naturales y Medio Ambiente. Colegio de Economistas de Madrid. Celeste Ediciones, 1995.

Pigou, A.C. (1920): The Economics of Welfare. Macmillan, Londres (4ª Edición en 1942)

Postel, S., (2001): "Safeguarding our water-growing more food with less water". Scientific American 40-45.

Programa Sectorial de Ecología, 2010-2016.

Programa de Gobierno (2018), Ciudad de México: ciudad de la innovación y la esperanza.

Rodríguez, R., (2004). "The Debate on Privatization of Water Utilities: A Commentary", Water Resources Development, Vol. 20 (1), pp. 107-12.

Sistema de Aguas de la Ciudad de México (2018), Diagnóstico, logros y desafíos SACMEX 2018, Ciudad de México.

_____, (2014), Plan Agua para el Futuro CDMX, Programa de Sustentabilidad y Gestión de los Servicios Hídricos, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Estadísticas del Agua en México, 2017 y 2018.

UNEP (2006): Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management (www.unep.or.jp).

Velázquez, E., (2008). “El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual. Una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España)”, *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 8, pp. 29-47.

Warner, J. (2003): “Virtual water-virtual benefits?”, En Hoekstra (ed). *Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12*. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.