



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**  
**INSTITUTO DE INGENIERÍA**

**VULNERABILIDAD HÍDRICA EN LAS ALCALDÍAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO ANTE  
LA ESCASEZ DE AGUA**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE**  
**DOCTORA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**

**PRESENTA:**  
**ALMA ROSA HUERTA VERGARA**

**TUTOR PRINCIPAL:** DR. ADRIÁN PEDROZO ACUÑA  
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL  
AGUA

**COTUTOR:** DR. ARNOLDO MATUS KRAMER  
ITHACA ENVIRONMENTAL

**MIEMBROS DEL  
COMITÉ TUTOR:** MTRO. EDUARDO VEGA LÓPEZ  
FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM

Ciudad Universitaria, CDMX, Enero 2022



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/171/22**  
**Asunto: Asignación de Jurado**

**M. en C. 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 sesión 74 del 9 de noviembre del 2021, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **DOCTORA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **Huerta Vergara Alma Rosa** con número de cuenta **305277699** con la tesis titulada "Vulnerabilidad hídrica en las alcaldías de la Ciudad de México ante la escasez de agua", bajo la dirección del Dr. Adrián Pedrozo Acuña y el Dr. Arnoldo Matus Kramer.

PRESIDENTE: DR. SAÚL ARCINIEGA ESPARZA  
VOCAL: DR. JOSÉ AGUSTÍN BREÑA NARANJO  
SECRETARIO: DR. ITZKUAUHTLI BENEDICTO ZAMORA SAENZ  
VOCAL: DR. EDUARDO BATLLORI SAMPEDRO  
VOCAL: MTRO. EDUARDO VEGA LÓPEZ

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE,**

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
**Cd. Universitaria, Cd. Mx., 6 de enero de 2022.**



**Dr. Alonso Aguilar Ibarra**  
**Coordinador**  
**Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi casa de estudios por más de una década.

Al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad por mi formación académica en una de las áreas en con mayor oportunidad de crecimiento por un México sostenible.

A CONACYT por la beca 607531 que me otorgó a lo largo de 4 años.

A mi Comité Tutor integrado por los Drs. Adrián Pedrozo Acuña, Arnoldo Matus Kramer y al Mtro. Eduardo Vega López por la oportunidad que me dieron de desarrollar este proyecto de su mano, abrirme las puertas de sus espacios de trabajo y su orientación académica. ¡Tengo mucho que aprender de ustedes!

A mis profesores de carrera los Drs. Adrián Pedrozo Acuña, José Agustín Breña, Laurent Courty, Saúl Arciniega Esparza y a los Mtros. Eduardo Vega López y Roberto Real Rangel quienes me enseñaron el maravilloso mundo de la ingeniería y la sostenibilidad.

A los revisores y jurado de examen los Doctores Saúl Arciniega Esparza, Itzkauhtli Benedicto Zamora Saenz, José Agustín Breña Naranjo, Eduardo Batllori Sampedro y al Mtro. Eduardo Vega López por su revisión y observaciones que enriquecieron y terminaron de darle forma a este trabajo.

A mi esposo Sergio R. S. Cevallos Ferriz que me ha apoyado y orientado a lo largo de mi preparación académica. Gracias a ti he llegado a este punto. Te dedico cada palabra de este trabajo, no me alcanzaría la vida para decirte gracias.

A mis increíbles padres Antonio Huerta Hernández y María Guadalupe Vergara Rodríguez por darme una vida maravillosa y enseñarme a superarme. Gracias por apoyarnos a mi y a mi hermano. ¡Son los mejores papás del mundo!

A mi hermano Antonio Huerta Vergara por ser mi amigo y cómplice desde pequeños, gracias por tu apoyo y orientación en la metodología de este trabajo.

A los doctores Marisol Anglés Hernández y Enrique César Valdez por su guía y orientación en el protocolo de maestría que se continuó ahora con el doctorado. Infinitamente agradecida.

Al Dr. Saúl Arciniega Esparza por enseñarme el maravilloso mundo de la programación y Sistemas de Información Geográfica, pero sobre todo por su amistad y todos los consejos que me diste.

A mis amigas Moni, Joce, y Rox cómplices y consejeras en esta etapa. Gracias amigas por su amistad, cariño y paciencia. ¡Las quiero mucho!

A mis amigos Marco, Ale, Paco, Richie, Toby, Talisia, Roberto, Roberta, Roberto Jr., Mayren, Laurent, Jorge Magos, Ursu, Jorge Blanco, José Luis y Juan. Son un fabuloso equipo y me hizo muy feliz conocerlos.



**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.

## ÍNDICE GENERAL

<i>RESUMEN</i> .....	3
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	5
<i>ANTECEDENTES</i> .....	10
<b>Antecedentes históricos</b> .....	<b>12</b>
<i>MARCO TEÓRICO</i> .....	13
<b>Vulnerabilidad</b> .....	<b>13</b>
<b>Cambio Climático</b> .....	<b>17</b>
<i>Escenarios</i> .....	19
<i>Escenarios de cambio climático en México y su relación con lo sistemas de abastecimiento de agua</i> .....	21
<b>Sequía</b> .....	<b>26</b>
<i>Monitoreo o de sequía</i> .....	28
<i>Principales eventos de sequía en México</i> .....	30
<b>Gestión del Agua en México</b> .....	<b>33</b>
<i>Ley de aguas Nacionales</i> .....	34
<i>Gestión del agua en la Ciudad de México</i> .....	34
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i> .....	36
<b>Área de estudio</b> .....	<b>36</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>41</b>
<i>Selección de indicadores</i> .....	42
<i>Recopilación/generación de datos</i> .....	43
<i>Cálculo de índices y clasificación de vulnerabilidad</i> .....	52
<b>Normalización de indicadores</b> .....	53
<b>Ponderación de indicadores</b> .....	53
<b>Cálculo de índices de vulnerabilidad</b> .....	54
<i>Clasificación de índices de vulnerabilidad</i> .....	54
<i>Comparación de índices de vulnerabilidad con dotación y sistemas de captación de agua de lluvia</i> .....	56
<i>Sistemas de captación de agua de lluvia</i> .....	57
<i>RESULTADOS</i> .....	59

<i>DISCUSIÓN</i> .....	74
<i>CONCLUSIÓN</i> .....	89
<i>Glosario</i> .....	95
<i>Anexos</i> .....	1
<i>Bibliografía</i> .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de entradas y salidas de agua a la Ciudad de México. ....	7
Figura 2. Escenarios RCP 2,6 y RCP 8,5 propuestos por el IPCC correspondientes al período 2081-2100 con relación a: a)Cambio en la temperatura media en superficie; b)Cambio en la precipitación media; c)extensión del hielo marino en septiembre en el hemisferio norte y d)Cambio en el pH del océano superficial. Fuente: (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). 20	
Figura 3. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2015-2039 (Primavera-Verano). Fuente: (Prieto et al., 2015).....	23
Figura 4. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2015-2039 (Otoño-Invierno). Fuente: (Prieto et al., 2015). ....	24
Figura 5. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2075-2099 (Primavera-Verano). Fuente: (Prieto et al., 2015).....	25
Figura 6. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2075-2099 (Otoño-Invierno). Fuente: Prieto et al. (2015). ....	26
Figura 7. Evolución de los principales tipos de sequía (Modificado de Valiente, 2001).....	28
Figura 8. Ubicación geográfica de la Ciudad de México .....	37
Figura 9. Metodología utilizada y modificada de Ortega-Gaucin et al., 2016. ....	42
Figura 10. Grado de Vulnerabilidad en las alcaldías de la Ciudad de México.....	64
Figura 11. Urbanización en la Ciudad de México para los años 2005, 2010 y 2015. ....	65
Figura 12. Comparación entre la vulnerabilidad del 2015 y los Sistemas de Captación de agua de lluvia (SCALL) al 2019.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Posibles consecuencias del cambio climático.....	17
Tabla 2.	Tipos de sequía .....	27
Tabla 3.	Grado de afectación de los cuatro períodos críticos de sequia en los estados de la República Mexicana.....	30
Tabla 4.	Disposiciones generales y en materia de sequía y/o escasez de agua de la Ley de Aguas de Distrito Federal.....	1
Tabla 5.	Características de las Alcaldías.....	37
Tabla 6.	Fuentes de abastecimiento de agua a la Ciudad de México.....	39
Tabla 7.	Clasificación del grado de vulnerabilidad.....	55
Tabla 8.	Valores de los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación....	59
Tabla 9.	Comparación entre el grado de vulnerabilidad y la dotación de agua (Litros por segundo por día).....	70

## RESUMEN

Se analizan algunos índices para entender el proceso dinámico de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de las alcaldías de la Ciudad de México (CDMX) ante un peligro, como puede ser la escasez de agua. Este trabajo se enfoca en la vulnerabilidad social en cuestiones hídricas de la CDMX, ya que ésta muestra una evidente dependencia de fuentes externas e internas de agua. La evaluación de vulnerabilidad siguió una metodología que evalúa vulnerabilidad por eventos de sequías, utilizando una combinación de indicadores que responden a sus tres dimensiones, exposición (urbanización, población y unidades económicas), sensibilidad (reportes de fugas, desabasto y mala calidad de agua) y capacidad de adaptación (tratamiento de aguas residuales, disponibilidad de agua y PIB). Las alcaldías que se identificaron con mayor vulnerabilidad en los tres años de estudio (2005, 2010 y 2015) son Iztapalapa, Gustavo A. Madero; y para el año 2015 Tlalpan, siendo la urbanización el indicador que más peso tuvo en el análisis. En contraste, aquellas con menor vulnerabilidad son Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa, esta última paso de tener vulnerabilidad Baja a Muy Baja entre el 2005 y 2010-2015. Los resultados resaltan que todas las alcaldías deben redoblar su empeño por lograr un manejo cada vez más sustentable del líquido enfocado principalmente puntos clave que se pueden agrupar en el acelerado crecimiento urbano, en la cantidad de personas expuestas, en sus actividades económicas, en las pérdidas del líquido por fugas, en la distribución del agua para atender los reportes de desabasto, en la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales para su reutilización, especialmente en Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan. Sugiriendo que la acción armonizada entre todas ayudará a acelerar a alcanzar un mejor manejo y distribución del agua, pero que la acción ciudadana debe ser impulsada e incentivada misma que será el motor para mantener los niveles de cuidado y uso del agua.

## **PALABRAS CLAVE**

Vulnerabilidad hídrica, Ciudad de México, abastecimiento de agua, exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación, urbanización

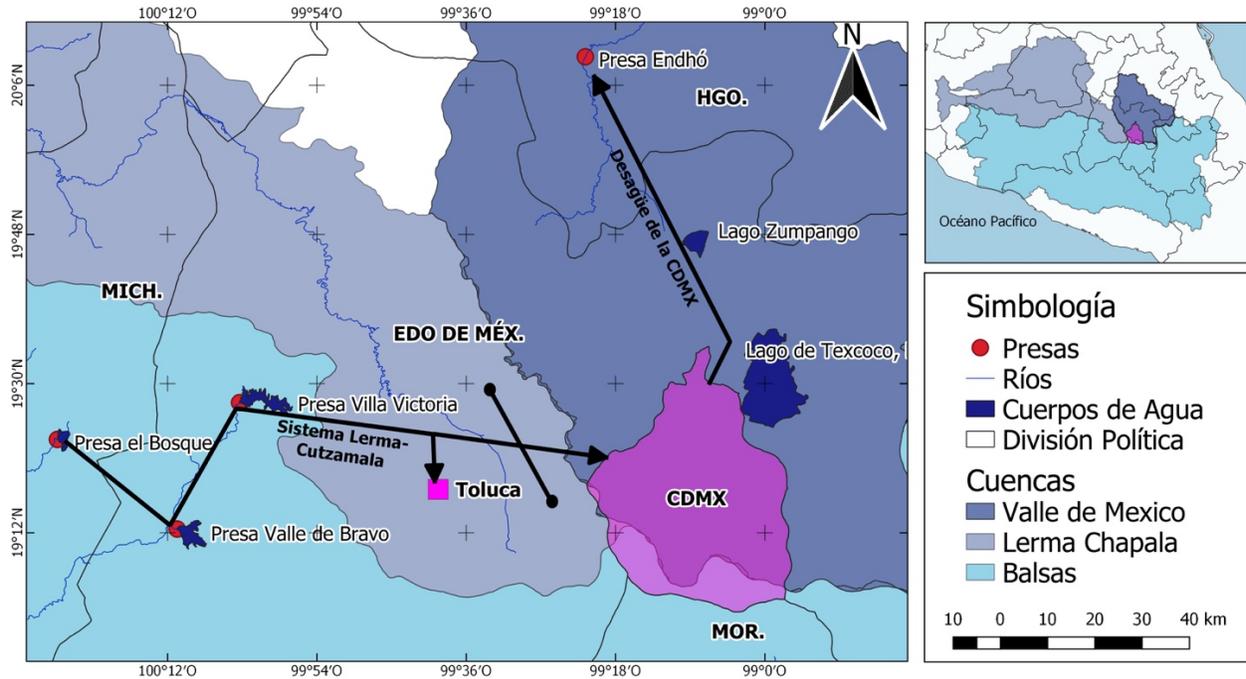
## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ha habido un aumento en la demanda de agua en todo el mundo, especialmente en las regiones áridas y semiáridas (Hamouda et al., 2009). Debido a esto, muchos países se enfocan en estrategias para enfrentar el déficit de agua y satisfacerlo a medida que crece su población y se desarrollan sus economías (Chenoweth, 2008). Incluso países con una gran riqueza de recursos hídricos han enfrentado conflictos debido a factores sociales, económicos, legales y políticos, como en los Estados Unidos (Padowski & Jawitz, 2012) y Costa Rica (Esquivel-Hernández et al., 2018).

La Ciudad de México es un claro ejemplo de la vulnerabilidad hídrica, demostrada a través de la escasez de agua inducida por la concentración y el aumento demográfico en las zonas urbanas (p. ej., La Ciudad de México pasó de 8 235 7484 en 1990 a 8 918 653 en 2015 (INEGI ;González Cebrián, 2018). Otros factores son el uso inadecuado de los recursos naturales en general y el acceso desigual a los recursos hídricos en particular (Jiménez Cisneros et al., 2011; Velasco Gutiérrez, 2014). La distribución y el crecimiento de la población en la Ciudad de México ocurre de manera desigual y sin planificación (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2017), resultando en una disminución de la población rural y un aumento significativo en la población urbana (por ejemplo, en 2010, un total de 239125 personas de otras entidades se trasladaron a Ciudad de México; The Rockefeller Foundation & Arup, 2014). Esta situación ha provocado un crecimiento urbano desarticulado (Banco Interamericano de Desarrollo, 2012; Sheinbaum Pardo, 2008), con un aumento de actividades económicas aleatorias con falta de planificación, que en apariencia podría conducir a un aumento en los estándares de calidad de vida de los migrantes urbanos. Sin embargo, en cambio, enfrentan una consecuencia significativa, el aumento en la demanda de recursos hídricos.

Actualmente, la Ciudad de México no es autosuficiente en su suministro de agua. Depende cada vez más de fuentes externas, debido principalmente a la explotación intensiva de los acuíferos Zona Metropolitana Ciudad de México, Texcoco, y Chalco-Amecameca (Comisión Nacional del Agua, 2015b, 2015a, 2015d). Ésta explotación intensiva ha afectado negativamente la disponibilidad y calidad del agua debido a la infiltración de aguas de mala calidad derivadas de estratos superiores, y por el aprovechamiento de pozos profundos contaminados (Aboites et al., 2008; Ezcurra, 1996; Perevochtchikova, 2010). Además, ha provocado a lo largo de la ciudad hundimientos diferenciales, que de acuerdo con Solano et al. (2015) *las áreas de mayor velocidad de subsidencia se encuentran en regiones de gradiente horizontal de subsidencia muy bajo, dentro de la zona lacustre, con velocidades verticales de GPS tan altas como -273 mm/año*. Lo cual ha llevado a afectaciones en la infraestructura urbana (BID, 2012; CONAGUA, 2012a; Solano-Rojas et al., 2015)

Y a pesar de traer agua de fuentes distantes (p. ej. el Sistema Cutzamala; Figura1), más del 38% del agua extraída de cuencas y acuíferos se pierde en fugas y tomas clandestinas (Perló Cohen & González Reynoso, 2005; Sistema de Aguas de la Ciudad de México, 2012). La conservación, ampliación y modernización de la infraestructura existente y el desarrollo de nuevos proyectos son "soluciones" que han traído altos costos sociales, ambientales y económicos (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental et al., 2006) y también han resultado transitorias (CONAGUA, 2012a; Gobierno de la Ciudad de México et al., 2013).



**Figura 1. Distribución de entradas y salidas de agua a la Ciudad de México.**

Dado el número limitado de propuestas sostenibles, que abarcan desde el desarrollo de proyectos que refieren a la infraestructura de agua potable y tratamiento de agua hasta campañas ambientales sobre el consumo racional del agua, para la gestión del agua en la Ciudad de México, es necesario resaltar la importancia de comprender y medir la vulnerabilidad ante un problema de escasez del líquido. De hecho, el concepto de vulnerabilidad al agua se utiliza a menudo en la literatura sobre cambio climático (Ford et al., 2018; Romero Lankao & Qin, 2011), especialmente en eventos de sequía.

Son muchos los temas que requieren iniciativas sostenibles y los indicadores que se utilizan para medir la vulnerabilidad (Cutter, 1996). Sin embargo, no hay propuestas que involucren a los habitantes de la Ciudad de México para resolver estos problemas, por lo que trabajar con ellos ya no puede demorarse. Al buscar acercar a la sociedad al problema del agua en la Ciudad de México, se decidió seguir un enfoque de vulnerabilidad social al estrés hídrico, reflejado en la combinación

de factores que incluyen escasez de agua potable, falta de saneamiento y exposición a enfermedades transmitidas, además de riesgos en la población obligada expuesta a altos niveles de contaminación hídrica (Sena et al., 2012).

Como antecedente para este estudio, se consideraron datos altamente aceptados, como que el 20% de la población mundial carece de acceso regular a agua potable para uso doméstico y el 50% carece de líquidos adecuados para la higiene y/o saneamiento (Sena et al., 2012), y la Ciudad de México no es la excepción, además se debe considerar que el acceso al agua potable es desigual a lo largo de la ciudad. En la Ciudad de México, como en otra megalópolis, esto se refleja en la escasez de agua potable, falta de saneamiento y exposición a enfermedades transmitidas por el agua, y riesgos en grupos poblacionales forzados a residir en áreas expuestas a altos niveles de contaminación del agua (Sena et al., 2012). Pocos estudios en la Ciudad de México revelan la situación hídrica de cada alcaldía a partir de la combinación de indicadores clave (Jiménez Cisneros et al., 2011; Velasco et al., 2014). La mayoría de los informes encontrados se basan únicamente en la disponibilidad y la dotación de agua. Desafortunadamente, el agua en la Ciudad de México se subestima y su abastecimiento se da por hecho. Sin embargo, la conciencia y la conservación del agua aún son deficientes, por lo que generar datos para ejemplificar situaciones correctas es particularmente importante. De manera a priori las localidades con mayor acceso al agua potable tienden a no valorar al líquido (p ej. Coyoacán y Miguel Hidalgo), mientras que en las localidades (p ej. Iztapalapa, Xochimilco y Gustavo A. Madero) al tener menor acceso al agua potable, su suministro se vuelve más apreciado.

Las propuestas sustentables para la vida han resaltado la importancia del entendimiento y medida de la vulnerabilidad, no solo para desarrollar este enfoque, sino también para enriquecer otras problemáticas que resultan del cambio global. Los problemas que requieren de iniciativas

sustentables y los índices que se pueden usar para medir la vulnerabilidad son muchos y sus relaciones pueden variar hasta formar propuestas y redes de soluciones diversas. Por ello, distintos autores han propuesto múltiples definiciones de vulnerabilidad (Cutter, 1996).

Para enfocar esfuerzos de adaptación social ante la vulnerabilidad hídrica se evalúa ésta bajo condiciones sociales, ambientales y económicas de los años 2005, 2010 y 2015. Bajo la hipótesis de que en la Ciudad de México existe agua para cada habitante si se considera que la dotación de agua por persona al día es de 100 lts. Sin embargo, existen factores sociales, ambientales y económicos que generan desequilibrios en el sistema hídrico y vuelven vulnerable a la ciudad y a sus habitantes.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la evolución de la vulnerabilidad hídrica en las dieciséis alcaldías de la Ciudad de México en los años 2005, 2010 y 2015. Para ello se busca responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la vulnerabilidad hídrica de acuerdo con su abastecimiento total de fuentes internas y externas para cada alcaldía?
- ¿La vulnerabilidad se ha mantenido en el tiempo o ha variado con el tiempo en cada alcaldía?
- ¿Hay suficiente agua en la CDMX para todos los habitantes?
- ¿Cuál es la relación entre la vulnerabilidad con algunas de las medidas de adaptación implementadas en cada alcaldía?

## ANTECEDENTES

El problema de las sequías se ha visto afectada en frecuencia e impacto como consecuencia del cambio climático, ha aumentado la preocupación a nivel mundial, debido a que comprometen a los sistemas de abastecimiento de agua (Escalante & Reyes, 1998) con especial énfasis en aquellos de los que dependen las grandes ciudades, en donde existe una mayor población y una extracción intensiva del recurso hídrico (Sánchez Rodríguez, 2013). Lo anterior ha motivado a algunos investigadores a estudiar la vulnerabilidad hídrica en el contexto urbano, ejemplo de ello es el caso de la Ciudad de México; la cual, además de ser una de las ciudades más vulnerables del país, (S); (CONAGUA. 2017), a nivel mundial tiene los mayores índices de riesgo a eventos extremos (Sánchez Rodríguez, 2013).

Algunos estudios sobre la Ciudad de México en este tema, están los de Escolero Fuentes et al. (2009) y Martínez et al. (2015), que evaluaron la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático, concluyendo que la fuente más vulnerable es el Sistema Cutzamala. Por su parte (Sánchez Vargas et al., 2012) estimaron los principales impactos del cambio climático en la población con mayor índice pobreza de la Ciudad de México y concluyeron que el cambio climático podría generar: 1) menor disponibilidad de agua (entre el 10 y 17% en las principales fuentes de abastecimiento de agua a la CDMX) , 2) menores niveles de salud, 3) mayor migración, 4) disminución en los ingresos, 5) deterioro del nivel de vida y 6) reducción en el acceso a los alimentos. Las delegaciones Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan son las más propensas a desarrollar mayores niveles de pobreza y una gran variabilidad en el clima. Es importante mencionar el trabajo de Mazari-Hiriart et al. (2019), quienes determinan la calidad de agua en áreas de la Ciudad de México con fracturas sísmicas, zonas con alta vulnerabilidad en la provisión de agua. Mientras que en en el 2006, Mazari-

Hiriart et al. evalúan la vulnerabilidad hídrica del agua subterránea ante compuestos orgánicos del área metropolitana de la Ciudad de México.

A nivel nacional podemos mencionar los trabajos de(Boyd & Ibararán, 2009) quienes realizaron un análisis exploratorio de las sequías en México. Esparza (2014) analizó la sequía y la escasez de agua en México. Jiménez Cisneros (2010) revisó los servicios hidráulicos del país en relación al vínculo entre la disponibilidad y el cambio climático. Por su parte, (Velasco Gutiérrez, 2014) evaluó, a través de un análisis cuantitativo, la vulnerabilidad hídrica del país ante los efectos del cambio climático.

## Antecedentes históricos

La Ciudad de México formaba parte del paisaje del Valle de México, que estaba conformado por cinco lagos: Zumpango y Xaltocan al norte; Texcoco al centro; Xochimilco y Chalco al sur, que durante la época de lluvias formaron solo uno (Ezcurra, 1996). Sin embargo, las civilizaciones que se desarrollaron desde los mexicas hasta la ciudad virreinal se vieron afectadas por el aumento del nivel del agua, lo que provocó inundaciones y, en consecuencia, daños a la población y la ciudad (Perló Cohen & González Reynoso, 2005). Por esta razón, las autoridades implementaron “soluciones” para mitigar estos eventos. A principios del siglo XVII se iniciaron los esfuerzos con la construcción de un túnel que drenaba las aguas de los ríos que provocaban la crecida de los lagos del Valle de México. Dos siglos después, bajo el gobierno de Porfirio Díaz, se construyó el Gran Canal del Desagüe (con una capacidad de carga de 40 m<sup>3</sup>/s) y en 1947 se completó una tercera salida artificial. Posteriormente en 1975 se inauguró el Drenaje Profundo, dando lugar a una cuarta salida de agua de la Ciudad (Jiménez Cisneros et al., 2011). Estos cuatro sistemas son responsables de expulsar las aguas residuales a la presa Endhó en la cuenca del río Tula (Figura 1). Cuando excedieron su capacidad en 2008, se inició un segundo sistema de drenaje profundo, con el Túnel Emisor Este.

Las históricas inundaciones en la Ciudad de México hicieron difícil pensar que sufriría un problema de escasez en la segunda mitad del siglo XX (Gobierno de la Ciudad de México et al., 2013). Esta paradoja es principalmente el resultado de acciones a lo largo de la historia para solucionar los problemas provocados por las inundaciones disociadas de los sistemas de abastecimiento. Es decir, expulsar el agua de la cuenca sin ninguna preocupación o intención de recuperarla (Cortés, 2021).

## MARCO TEÓRICO

### Vulnerabilidad

En los últimos años la vulnerabilidad ha sido tema central en la comunidad científica enfocada en cambio global y sustentabilidad (Sena et al., 2012; Turner, Kasperson, et al., 2003). Existen diversas definiciones de vulnerabilidad (Adger, 1999; Adger et al., 2004; Adger & Kelly, 1999; Cutter, 1996; González Tánago et al., 2016), dentro de las más usadas se encuentran las que propone el IPCC, que la definen como *la propensión o predisposición a ser afectado negativamente, y comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación* (IPCC, 2014<sup>a</sup>). A partir de lo anterior, los niveles de vulnerabilidad se pueden describir como *las combinaciones de exposición, sistemas de sensibilidad y características relacionadas con una variedad de factores que describen la adaptabilidad del sistema* (Hamouda et al., 2009).

La mayoría de las definiciones se asocian al cambio climático, sin embargo, la vulnerabilidad no necesariamente se limita a éstos (Adger et al., 2004). Cutter (1996) describe a la vulnerabilidad como un riesgo biofísico y la respuesta social en un área geográfica específica. Puede entenderse como la interacción entre el riesgo existente en un lugar particular (amenaza del lugar) y sus características físicas y biológicas, aunadas al grado de exposición de la población que reside ahí (Cutter, 1996; Sena et al., 2012). Adger (1999) define a la vulnerabilidad como *la exposición de individuos o grupos colectivos al estrés producido por las formas de vida como resultado de los impactos del cambio ambiental*. Se entiende que la vulnerabilidad puede ser a nivel individual o a nivel grupal. Por otro lado, Turner et al. (2003) adopta la definición de vulnerabilidad como el grado en que es probable que un sistema, subsistema o elemento de éstos pueda experimentar daños debido a la exposición a un peligro, ya sea una perturbación, estrés o estresor. En esta definición

los elementos de la vulnerabilidad engloban la exposición, sensibilidad y resiliencia, teniendo a la capacidad de adaptación como un elemento de la resiliencia.

Profundizando en la definición de vulnerabilidad, ésta debe entenderse como la combinación de componentes que incluyen la exposición, sensibilidad a perturbaciones o estresores externos, y las características relacionadas a un rango de factores que describen la adaptación de un sistema (Adger, 2006; Hamouda et al., 2009). La exposición es la naturaleza y el grado en que un sistema experimenta estrés ambiental o sociopolítica (Adger, 2006). Las características de estas tensiones incluyen su magnitud, frecuencia, duración y extensión del peligro (Burton et al., 1993 en (Adger, 2006). La sensibilidad es el grado en que un sistema es modificado o afectado por perturbaciones. Capacidad adaptativa es la capacidad de un sistema de evolucionar para adaptarse a riesgos ambientales o cambios de políticas y para expandir el rango de variabilidad que puede afrontar. (Adger, 2006). La capacidad de adaptación en términos generales se describe como la habilidad de un sistema para modificar o cambiar sus características o su comportamiento para hacer frente a tensiones externas existentes o anticipadas, tendiendo como efecto directo reducir la vulnerabilidad (Adger et al., 2004). En resumen, la vulnerabilidad se entiende como el proceso dinámico de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de un grupo de individuos ante un peligro, como puede ser la escasez de agua.

Distintos autores proponen diferentes tipos de vulnerabilidad. Por ejemplo, se han descrito dos tipos de vulnerabilidad, social y biofísica (Brooks, 2003). Otros describen distintos tipos: geopolítica e institucional, hidrofísica y ecológica, infraestructura y manejo, socio-cultural y económica y de salud y población (Hamouda et al., 2009). Esta variabilidad y diversidad de enfoques se han conjuntado en una propuesta que reconoce tres tipos principales: ambiental, social y económica (Ortega-Gaucin et al., 2016).

Ante lo limitado de propuestas sustentables para la gestión del agua en la CDMX hay que resaltar la importancia del entendimiento y medida de la vulnerabilidad ante un problema de escasez del líquido (Sena et al., 2012). Los problemas que requieren de iniciativas sustentables y los índices que se pueden usar para medir la vulnerabilidad son muchos (Cutter, 1996). Sin embargo, no hay propuestas que involucren a la ciudadanía en la CDMX por lo que trabajar sobre ellas no se puede retrasar. Buscando acercamiento de la sociedad en la CDMX al problema hídrico se decidió seguir a la vulnerabilidad social, *exposición de grupos al estrés como resultado de cambios sociales y ambientales, donde el estrés se refiere a cambios inesperados e interrupciones en las formas de vida* (Adger, 1999; Adger & Kelly, 1999).

La vulnerabilidad social en cuestiones hídricas se refleja en la escasez de agua potable, falta de saneamiento y exposición a enfermedades transmitidas a través del agua, y riesgos en grupos de población obligados a residir en áreas expuestas a altos niveles de contaminación hídrica (Sena et al., 2012). Además, se debe considerar que el 20 % de la población mundial no tiene acceso regular a agua limpia para diversos usos humanos domésticos, y el 50 % carece del líquido para otros usos de saneamiento y/o sanitización adecuada (Sena et al., 2012). En la Ciudad de México, como en otras megalópolis, la vulnerabilidad social se refleja en la escasez de agua potable, falta de saneamiento y exposición a enfermedades transmitidas a través del agua, y riesgos en grupos de población obligados a residir en áreas expuestas a altos niveles de contaminación hídrica (Sena et al., 2012).

La investigación de la vulnerabilidad social de la CDMX se discute integrando la parte ambiental, social y económica para cada una de sus 16 alcaldías. Es importante mencionar que la parte ambiental en este estudio se refiere a las condiciones de abastecimiento, calidad y disponibilidad

del líquido. Es importante aclarar que el abastecimiento no es puramente natural, ya que el agua llega a través de sistemas artificiales.

La CDMX es un ejemplo de libro para el entendimiento sustentable del recurso hídrico. Por un lado, su abasto de líquido requiere de fuentes internas y externas que pueden ser particularmente vulnerables, por otro, la sociedad no se ha considerado para convertirse en activo fundamental e insustituible. A pesar de que la discusión académica es muy amplia (Ortega-Font, 2009), pocos trabajos revelan la situación hídrica de cada una de las alcaldías a partir de la combinación de indicadores clave (Jiménez Cisneros et al., 2011; Velasco Gutiérrez, 2014). La mayoría de los reportes encontrados se basan en la disponibilidad y dotación de agua.

## Cambio Climático

El cambio climático se refiere a las variaciones del estado del clima, producto de procesos naturales o a forzamientos externos (IPCC, 2014b). De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) el cambio climático es inequívoco y en gran medida se debe a las actividades antropogénicas que han acelerado un fenómeno natural. Entre 1951 y 2010 se ha observado el aumento en los eventos climáticos extremos, que incluyen ondas de calor, frentes fríos, precipitaciones intensas, ciclones, sequías, entre otras (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2018; Delgado et al., 2015; Zitácuaro Contreras et al., 2017).

En los últimos años, la relación entre el cambio climático y las ciudades se ha acentuado. Especialmente, porque las áreas urbanas se ven en la necesidad de tomar en cuenta el cambio climático en sus planes de crecimiento y desarrollo con el objetivo de reducir los impactos negativos de éste (Sánchez Rodríguez, 2013). Para lograr este objetivo, las ciudades se enfrentan a numerosos desafíos en el futuro, a largo, mediano y corto plazo (Tabla 1) y es a través de acciones de mitigación y adaptación que las grandes urbes podrán reducir los impactos negativos del cambio climático (Barton, 2009).

### Posibles consecuencias del cambio climático

Indicadores del cambio climático	Cambio proyectado	Proyecciones	Consecuencias
Temperatura	Aumento en la temperatura para 2100 (nivel de confianza medio).	Aumento de los días y las noches cálidos	Disminución de la demanda de energía para calefacción, aumento de la demanda de refrigeración; disminución de la calidad del aire en las ciudades; menos dificultades para el transporte debido a nieve y hielo, efectos en el turismo de invierno.

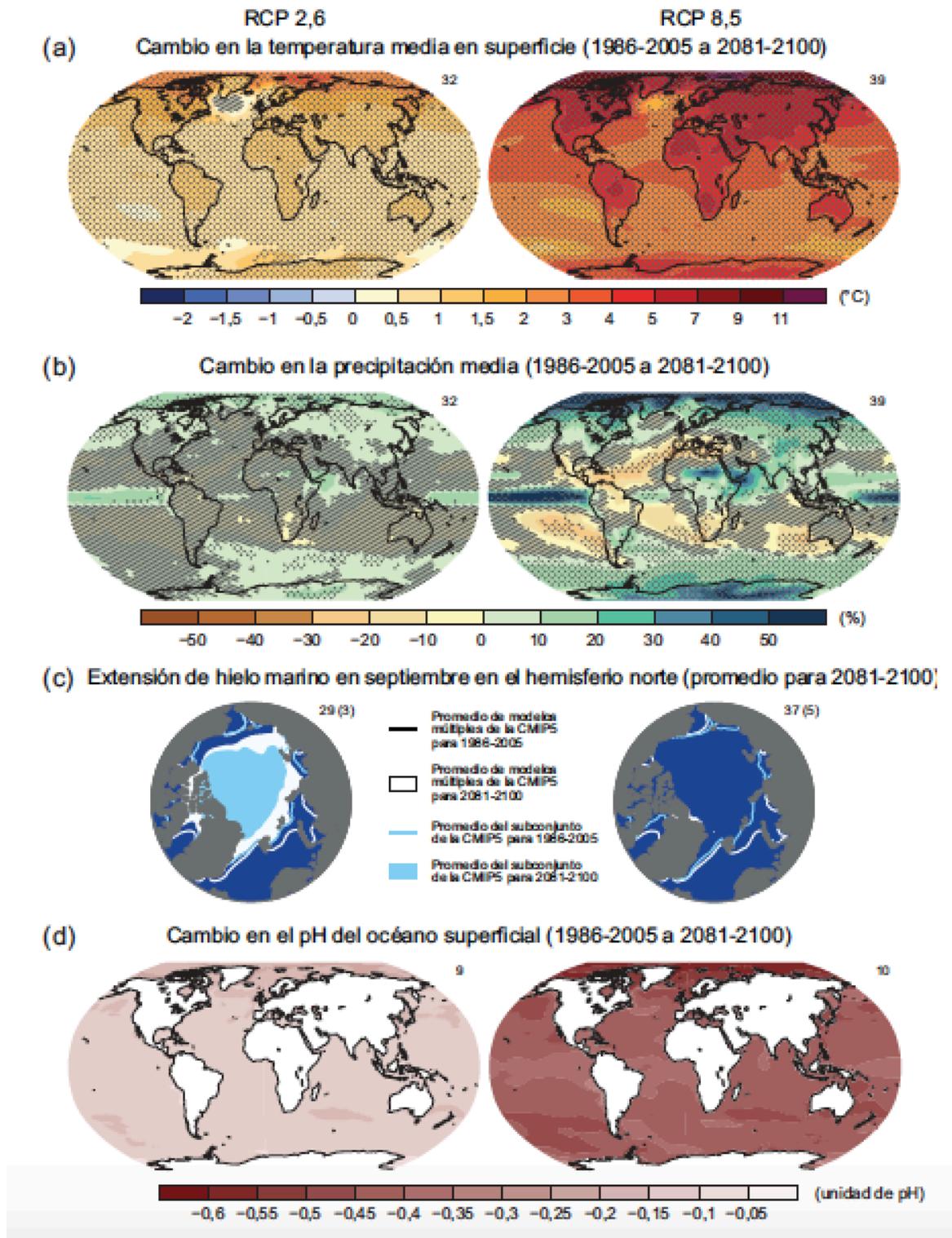
		Periodos cálidos/olas de calor.	Aumento en la demanda de agua; problemas en la calidad del agua; aumento en la tasa de mortalidad; reducción en la calidad de vida de personas en áreas calurosas sin vivienda apropiada.
Precipitación	Incrementos o descensos en las precipitaciones en (nivel de confianza medio)	Aumento en los periodos de sequías	Mayores extensiones afectadas por estrés hídrico; escasez de agua; degradación de la tierra; menor rendimiento, deterioro e incluso la pérdida de los cultivos; mayor riesgo de incendios; menor potencial de generación hidroeléctrica; posibles migraciones de la población.
		Precipitaciones intensas	Efectos desfavorables en el agua superficial y subterránea; contaminación de fuentes de agua; mayor riesgo de muerte, de lesiones y enfermedades infecciosas, respiratorias y de la piel; alteraciones en la distribución de los asentamientos humanos, en comercio, transporte y sociedades debido a inundaciones; presiones sobre infraestructura rural y urbana; pérdida de propiedad; disminución en el estrés hídrico.
		Aumento de tormentas tropicales intensas	Cortes de energía; migración hacia áreas urbanas; alteraciones en las fuentes de agua potable; mayores tasas de muertes y lesiones; enfermedades por consumo de alimentos y de agua contaminadas; estrés postraumático; disrupción por inundaciones y vientos fuertes; pérdida de propiedades.
Nivel del mar	Variaciones en el nivel de mar	Aumento en el nivel del mar	Reducción en disponibilidad de agua fresca debido a salinización; aumento en riesgo de muerte y lesiones por inundaciones y efectos sobre salud de migrantes; pérdida de propiedad y medios de sustento; erosión permanente y sumersión de terrenos; migraciones; infraestructura de protección.

Modificado de (Barton, 2009; IPCC, 2014<sup>a</sup>)

## Escenarios

Los escenarios exponen un futuro posible a través del análisis de parámetros o elementos cualitativos y cuantitativos. La finalidad de proponer escenarios es describir distintos contextos que se pueden desarrollar en el futuro. Éstos pueden construirse realizando proyecciones con base en distintas variables (Kong López & Junyent Pubill, 2013).

Los escenarios describen posibilidades de ocurrencia con relación a determinados eventos que contemplan el desarrollo de variables de un mismo proceso. Por ejemplo, el cambio climático es un fenómeno que sabemos que está ocurriendo, pero no sabemos el rumbo que éste tome. En este caso, como parte de los resultados obtenidos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), el IPCC creó cuatro escenarios (RCP 2,6; RCP 4,5; RCP 6,0 y RCP 8,5) denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés; IPCC. 2013). Cada escenario se caracteriza por el cálculo aproximado que se hizo del forzamiento radiativo total en el año 2100 en relación con 1750. Es decir, para el escenario RCP 2,6 se obtuvo un forzamiento radiativo de  $2,6 \text{ W/m}^2$ ; en el caso del escenario RCP 4,5 fue  $4,5 \text{ W/m}^2$ ; en el caso del escenario RCP 6,0 fue  $6,0 \text{ W/m}^2$  y para el escenario y RCP 8,5 fue de  $8,5 \text{ W/m}^2$ ). Este último escenario representa el más grave de todos, ya que contempla un aumento en la superficie global que va entre los  $2,6 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $4,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 2; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).



**Figura 2. Escenarios RCP 2,6 y RCP 8,5 propuestos por el IPCC correspondientes al período 2081-2100 con relación a: a) Cambio en la temperatura media en superficie;**

**b)Cambio en la precipitación media; c)extensión del hielo marino en septiembre en el hemisferio norte y d)Cambio en el pH del océano superficial. Fuente: (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).**

Escenarios de cambio climático en México y su relación con lo sistemas de abastecimiento de agua

Los impactos del cambio climático varían de acuerdo con las características propias de cada región.

Por ejemplo, como se menciona anteriormente, las características fisiográficas y orográficas de la República Mexicana, como su altitud y las numerosas cadenas montañosas que la rodean, son factores que permiten la presencia de una gran diversidad de climas, los cuales se asocian con la susceptibilidad del territorio nacional ante eventos naturales (Sánchez Rodríguez, 2013).

Para generar escenarios de cambio climático en México se han realizado numerosos estudios que incluyen 83 localidades, abarcando la variabilidad climática de los últimos 120,000 años. Estos estudios comenzaron basándose en evidencias polínicas para reconstruir paleoclimas. Estos estudios analizan los datos del clima pasado con los datos del clima moderno y establecen líneas base a partir de modelos numéricos de la variabilidad climática para generar escenarios de cambio climático (Landa et al., 2008; Lozano et al., 2016).

Otros estudios enfocados en la determinación del clima en el pasado en México han seguido metodologías similares a las palinológicas pero con proxys como hojas y maderas. Éstos últimos han mostrado que el clima ha cambiado en el centro de México principalmente en cuanto a la **humedad** (Domínguez de la Torre, 2013; Hernández Damian et al., 2013; Martínez-Cabrera & Cevallos-Ferriz, 2008; Pérez Maussan, 2016; Ruvalcaba Knoth, 2016).

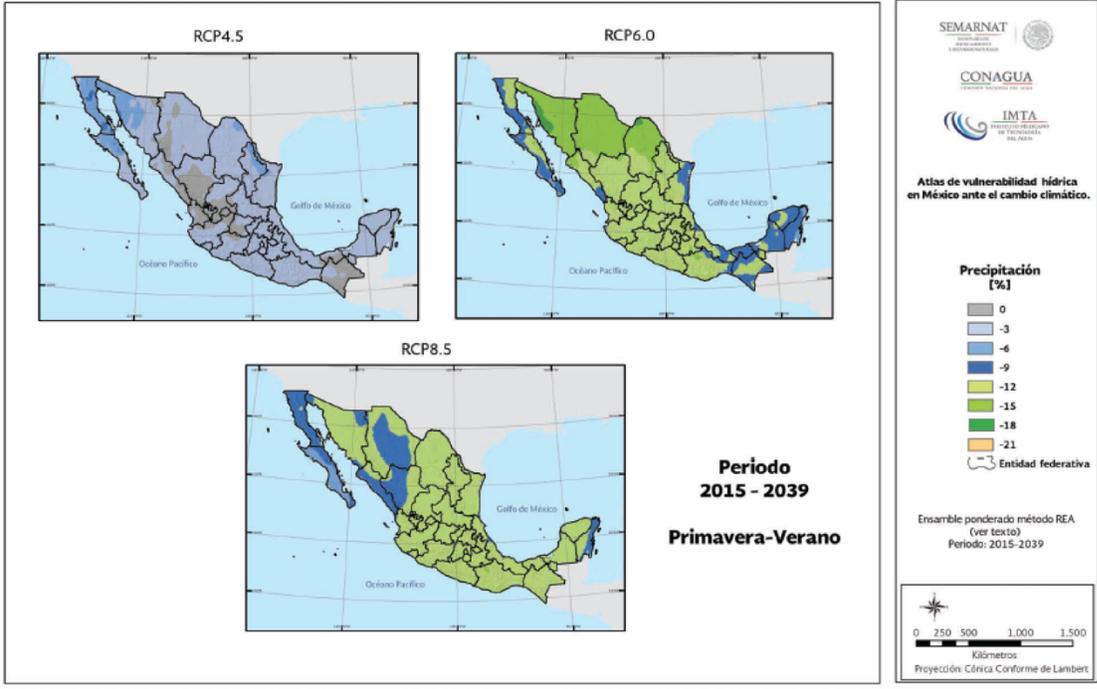
Los impactos de los escenarios generados, con relación a las variaciones en la precipitación (Figs. 3-6), muestran una intensificación en la precipitación y la sequía, en consecuencia México se verá expuesto a eventos hidrometeorológicos extremos (F. I. Arreguín et al., 2015). Actualmente en algunas regiones del centro-sur ya se experimentan más lluvias, mientras que en el norte la tendencia de precipitación ha decrecido respecto a la media nacional (Arreguín Cortés et al., 2010; Delgado et al., 2015)

Lo anterior representa una mayor preocupación con respecto a los sistemas de abastecimiento de agua, ya que se espera que la disponibilidad media anual de agua por habitante (F. I. Arreguín et al., 2015). Esta situación se ve respaldada con base en los registros históricos, donde se observa que la disponibilidad de agua por habitante ha disminuido significativamente. En 1950 a cada habitante mexicano le correspondían en promedio 17,742 m<sup>3</sup> de agua por año; en 1962 disminuyó a 11, 000 m<sup>3</sup> por año; en 1980 se redujo a menos de 8,000 m<sup>3</sup> y para el 2010 se calculó en 4,090 m<sup>3</sup> anuales. Por lo que de continuar con éste déficit se espera que para el 2030 la disponibilidad llegará a ser de 3,800 m<sup>3</sup> por habitante al año (Anglés Hernández, 2016).

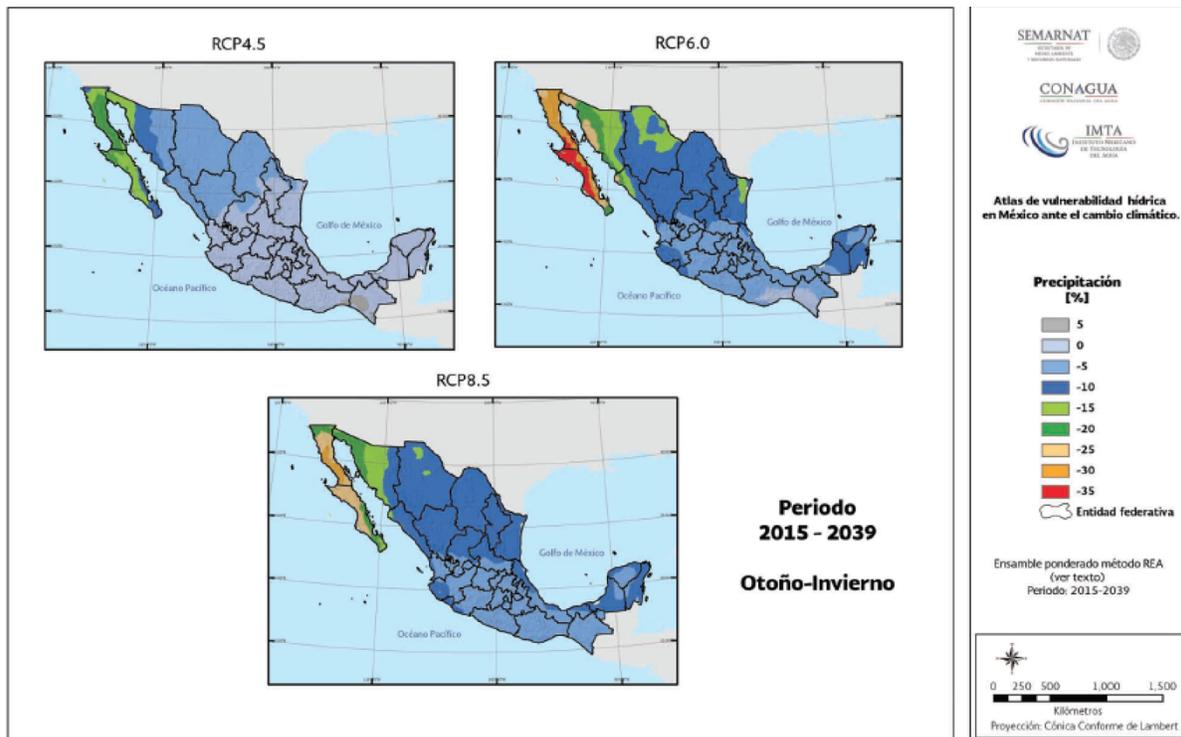
Para la Ciudad de México se estima que para el 2050 habrá una reducción en la disponibilidad natural de agua de entre el 13 y 17 por ciento en la ciudad. Esta situación se podría agravar si las variaciones climáticas, asociadas con el cambio climático, coinciden con problemas en la infraestructura del suministro de agua a la ciudad (Escolero Fuentes et al., 2009; Velasco Gutiérrez, 2014).

Se estima que el 36 por ciento de la población nacional está severamente expuesta a desastres naturales, el 22 por ciento está moderadamente expuesta y un 42 por ciento está con bajo riesgo. Debido a los estudios que se han hecho en el país, se ha clasificado a México como un país con un

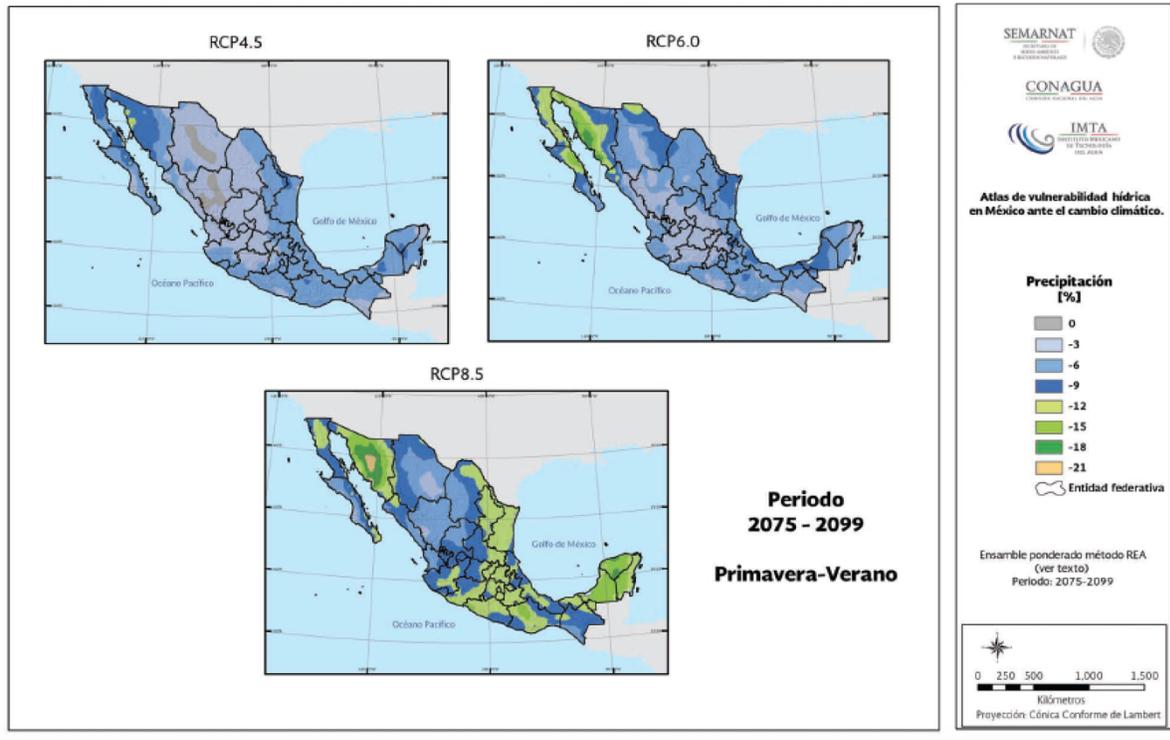
nivel de riesgo alto y muy susceptible ante cambios drásticos en las condiciones climáticas (Sánchez, 2013).



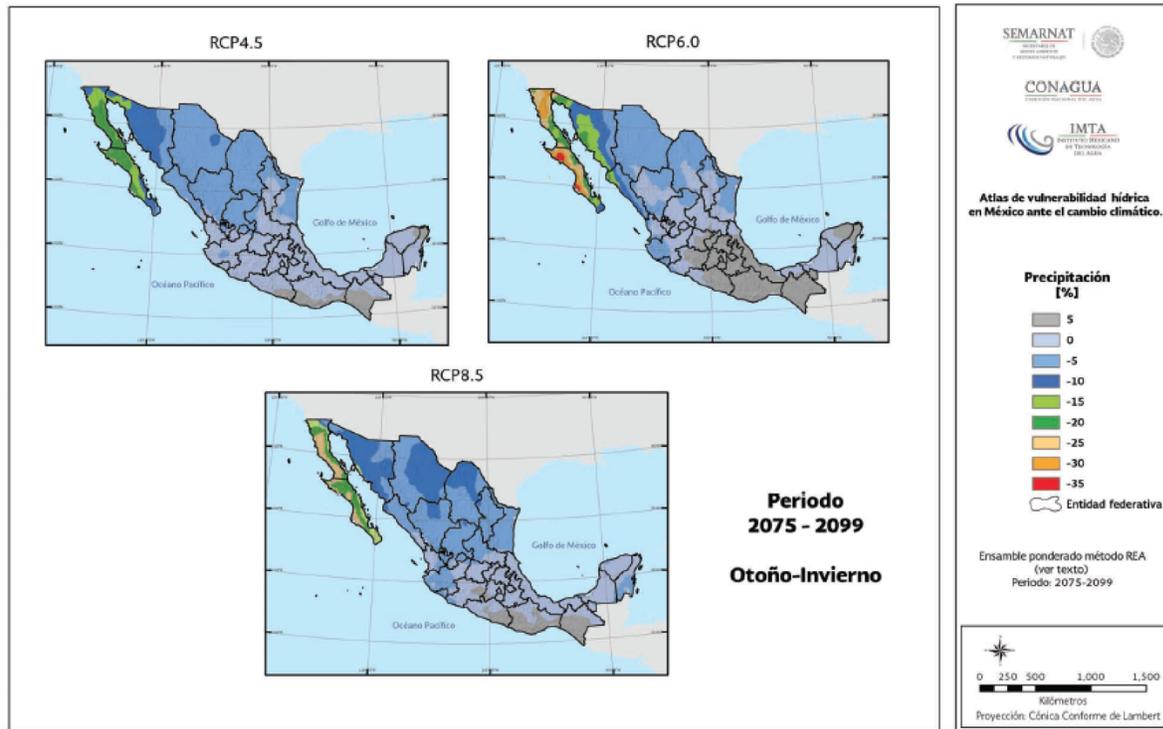
**Figura 3. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2015-2039 (Primavera-Verano). Fuente: (Prieto et al., 2015).**



**Figura 4. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2015-2039 (Otoño-Invierno). Fuente: (Prieto et al., 2015).**



**Figura 5. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2075-2099 (Primavera-Verano). Fuente: (Prieto et al., 2015).**



**Figura 6. Proyección del porcentaje de cambio de precipitación en los escenarios RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 para el período 2075-2099 (Otoño-Invierno). Fuente: Prieto et al. (2015).**

## Sequía

Existen diversas definiciones de sequía, las cuales dependen del enfoque con el que se trabaje. Estas definiciones van desde ser muy generales hasta aquellas más concretas. Por ejemplo, de manera general una sequía se asocia con la disminución o la ausencia de precipitaciones pluviales respecto al índice anual (Esparza, 2014; Valiente, 2001) Por su parte, Escalante & Reyes (1998) expresan que una sequía ocurre cuando se presenta un significativo déficit de agua (proceso

extremo) tanto en el tiempo como en el espacio, y la definen como la escasez con referencia a necesidades específicas del agua en relación con el suministro y la demanda.

De acuerdo con Wilhite & Glantz (1985) las diversas definiciones de sequía se pueden clasificar en cuatro tipos (Tabla 2).

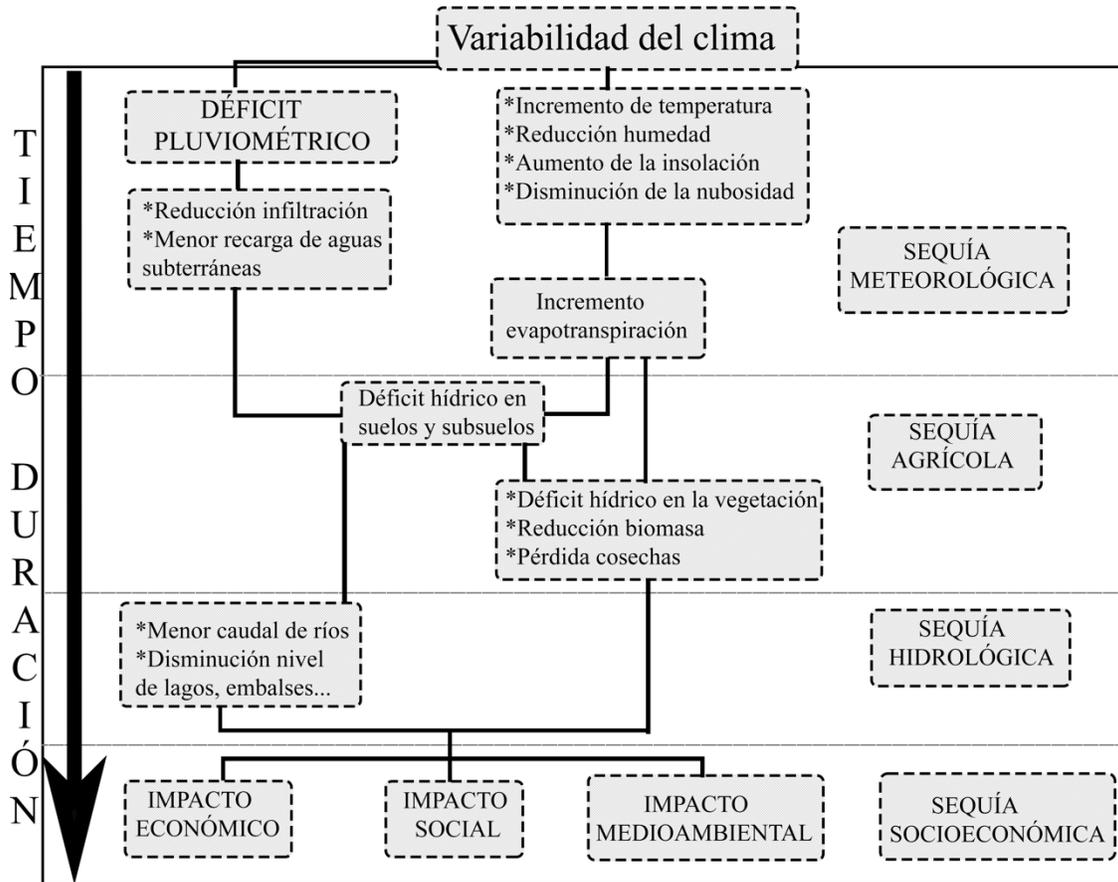
### Tipos de sequía

Sequía meteorológica	Se define en términos de una disminución de precipitación por debajo de lo “normal” o promedio. Existen diversos criterios para declarar la ocurrencia de una sequía meteorológica, algunos de ellos se basan en el uso de un valor umbral dado, otros utilizan parámetros estadísticos. La sequía meteorológica es un proceso totalmente natural, que puede afectar grandes extensiones de terreno y durar meses o años (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014; Wilhite & Glantz, 1985).
Sequía agrícola	Se refiere a una situación en la que la cantidad de agua disponible en el suelo no satisface las necesidades hídricas de un cultivo en particular. Ante una sequía meteorológica prolongada, el sector agrícola es el primer sector afectado. Sin embargo, este tipo de sequía no sólo depende de las condiciones meteorológicas, sino, además, de las características biológicas del cultivo y de las propiedades del suelo (Valiente, 2001; Wilhite & Glantz, 1985).
Sequía hidrológica	Ocurre cuando las fuentes de agua en la superficie y en el subsuelo están por debajo del nivel medio (Wilhite & Glantz, 1985). Esta sequía se manifiesta en la superficie a través de la disminución en escurrimientos, caudales de ríos y niveles de almacenamiento en presas; y generalmente es consecuencia de una sequía meteorológica (Landa et al., 2008).
Sequía socioeconómica	Implica que la escasez de agua afecta económica o personalmente a la población. En este caso no necesariamente hay una restricción en el suministro de agua, sino que es suficiente con que algún sector económico se vea afectado ante la escasez de agua para que se identifique como sequía socioeconómica (Valiente, 2001).

Fuente: Wilhite & Glantz (1985).

Como se aprecia en la Figura 7, la sequía meteorológica podría ocasionar los otros tres grupos de sequías (agrícola, hidrológica y socioeconómica). Si la sequía es prolongada y extensa, es decir,

que dure más de lo normal (un decenio o más) se califica a ésta como una *megasequía* (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).



**Figura 7. Evolución de los principales tipos de sequía (Modificado de Valiente, 2001).**

### Monitoreo o de sequía

El Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE), es la política pública nacional especializada en materia de sequía. Está dirigido por el Gobierno Federal a través de la CONAGUA, ofrece atención, seguimiento, mitigación y prevención ante las sequías recurrentes en México. En el año 2014 el programa comenzó sus funciones con el objetivo de crear instrumentos que permitan la gestión integrada de los Consejos de Cuenca en relación a la administración del

recurso hídrico bajo los efectos de las sequías, con un enfoque proactivo y preventivo (Comisión Nacional del Agua, 2014)

El PRONACOSE consta de dos elementos enfocados en 1) elaborar Programas de medidas para prevenir y enfrentar la sequía a nivel cuenca o grupos de cuenca y 2) ejecutar acciones para mitigar las sequías existentes (Comisión Nacional del Agua, 2014)

El Monitor de Sequía en México (MSM) es un instrumento clave del PRONACOSE, el cual se basa en la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores de sequía para determinar las regiones afectadas por este fenómeno, con base en una escala de intensidades que va desde Anormalmente seco (D0), Sequía moderada (D1), Sequía severa (D2), Sequía Extrema (D3) hasta Sequía excepcional (D4) (CONAGUA, 2016). Actualmente el Monitor de sequía incluye datos de las sequías meteorológicas desde el año 2003 hasta el año 2016 (disponibles en línea en <http://www.pronacose.gob.mx/Contenido.aspx?n1=4&n2=15>).

De acuerdo con Real-Rangel et al. (2020), el MSM tiene su base en un número limitado de pluviómetros y estaciones hidrométricas, lo que ocasiona una reducción en su confiabilidad y precisión. Lo anterior se atribuye principalmente a que existen muchas áreas del país que no cuentan con los instrumentos adecuados de medición y como resultado no hay datos suficientes para definir los indicadores necesarios para identificar la sequía. Bajo esta observación Real-Rangel (2016) desarrolla un marco de trabajo multivariado a partir de datos derivados de percepción remota para el monitoreo de sequías en México que permite cuantificar objetivamente la intensidad y magnitud de los eventos de sequía en el territorio nacional. Los resultados hasta ahora obtenidos de Real-Rangel se encuentran publicados en la página del Observatorio de Sequía en México (Desarrollado de manera conjunta entre la CONAGUA y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, disponible en <http://oh-iiunam.mx/sequia/mapa>), en donde es posible consultar y

descargar los mapas de intensidad de sequía de todos los periodos mensuales a partir de enero de 1980 hasta el presente.

### Principales eventos de sequía en México

En México se han registrado cuatro períodos críticos de sequías meteorológicas (Tabla 3), las cuales afectaron en distinto grado a los estados de la República Mexicana, fundamentado principalmente en las afectaciones económicas (Florescano et al., 1980; Tabla 3). El primero fue en los años 1948-1954, el cual afectó el Norte, Noroeste y Centro del país, en consecuencia hubo grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura. El segundo fue de 1960 a 1964, el cual impactó el Norte, Noroeste, Golfo de México, Centro Occidente y Centro Sur del país. Como consecuencia de esta sequía, en 1962 murieron 81 personas en el estado de Nuevo León, y hubo grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura (especialmente en los cultivos de maíz, algodón y frijol). El tercer episodio de sequía fue en el período 1970 a 1978, el cual afectó el Norte, Noroeste, Centro Occidente y Centro Sur del país. En consecuencia 100 niños murieron deshidratados en 1972, en Nuevo León, y 24 en 1977 en Coahuila; además, se registraron grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura. Finalmente el cuarto período comprendió de 1993 a 1996, y afectó el Norte, Noroeste, Sur y Centro del país; en consecuencia 54 personas murieron por deshidratación en 1994 en Chihuahua; y como en los casos anteriores se acompañó de grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura (especialmente los cultivos de trigo y maíz; (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014; Escalante & Reyes, 1998).

### **Grado de afectación de los cuatro períodos críticos de sequia en los estados de la República Mexicana.**

Estado/Período	1948-1954	1960-1964	1970-1978	1993-1996
Aguascalientes	No afectó	Severa	Regular	Severa
Baja California	Regular	Severa	Regular	Severa
Baja California Sur	Regular	Severa	Regular	Severa
Campeche	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Chiapas	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Chihuahua	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Coahuila	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Colima	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Distrito Federal	No afectó	Regular	No afectó	<b>Severa</b>
Durango	Regular	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Guanajuato	Regular	<b>Severa</b>	Regular	<b>Severa</b>
Guerrero	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Hidalgo	Regular	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Jalisco	No afectó	Regular	No afectó	Regular
México	No afectó	Regular	Regular	<b>Severa</b>
Michoacán	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Morelos	No afectó	No afectó	No afectó	<b>Severa</b>
Nayarit	No afectó	Regular	No afectó	Regular
Nuevo León	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Oaxaca	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Puebla	No afectó	Regular	Regular	<b>Severa</b>
Querétaro	Regular	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Quintana Roo	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
San Luis Potosí	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	Regular	<b>Severa</b>
Sinaloa	Regular	<b>Severa</b>	Regular	<b>Severa</b>
Sonora	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	Regular	<b>Severa</b>
Tabasco	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Tamaulipas	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	Regular	<b>Severa</b>
Tlaxcala	No afectó	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>	<b>Severa</b>
Veracruz	No afectó	No afectó	No afectó	Regular
Yucatán	No afectó	No afectó	No afectó	No afectó
Zacatecas	Regular	<b>Severa</b>	Regular	<b>Severa</b>

Fuente: Florescano et al. (1980)

Escalante & Reyes (1998) mencionan tres de estos períodos críticos de sequías (1948-1954, 1960-1964 y 1993-1996), y concluyeron que la frecuencia con que se presentó cada sequía en promedio

fue de 10 años y con duraciones de uno a tres años. Sin embargo, es importante señalar que la sequía en los años 1970-1978 fue la más prolongada.

Recientemente el país experimentó en el 2010 y 2011 una severa sequía que afectó a 2,350 comunidades con 2 millones de habitantes en 19 entidades. Como consecuencia de ésta se produjeron pérdidas superiores a los 15 mil millones de pesos, equivalente al 6.4% del PIB (Bunge et al., 2012; Delgado et al., 2015) en el sector agropecuario. Esta sequía fue de las más severas y recientes que se han registrado en el país, por lo que aumentó la preocupación respecto a la vulnerabilidad del sector hídrico, debido a que entre las consecuencias de un periodo prolongado de sequía está el déficit en los niveles de almacenamiento de agua en presas. Esta situación pone en riesgo el abastecimiento de agua no sólo en el año o años de sequía, sino que se puede extender hasta que se recuperen los niveles de agua (Magaña, 2013). A estas condiciones de sequía se le pueden sumar cortes en el suministro de agua por mantenimiento de la infraestructura. Debido a lo anterior, es necesario conocer la disponibilidad de agua para la creación de estrategias que afronten los períodos de escasez de agua (Álvarez-Olguín & Escalante-Sandoval, 2016).

## Gestión del Agua en México

De acuerdo con el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Gobierno Federal es el responsable de administrar las aguas comprendidas dentro del territorio nacional. A través de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) la federación cobra el derecho de explotar las aguas nacionales superficiales y subterráneas a los diferentes “usuarios nacionales”.

La estructura actual de gestión del agua en México es compleja, ya que se compone por diferentes organizaciones en diferentes niveles, Federal, Regional, Estatal y Local. A nivel Federal están las oficinas centrales de la Comisión Nacional del Agua con 25 Consejos de Cuenca. A nivel Regional, los Organismos de Cuenca de CONAGUA, con 21 Comisiones y 25 Comités de Cuenca, 78 Comités Técnicos de Aguas Subterráneas y 31 Comités de Playas Limpias. A nivel Estatal, las direcciones locales de la CONAGUA en estados de la República. Finalmente a nivel Local se encuentran los organismos operadores en municipios del Sistema de Agua Potable y Saneamiento, sistemas urbanos, gobiernos municipales, delegacionales, organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil, patronatos, entre otros (Perevochtchikova, 2010). Aunque se han hecho esfuerzos por coordinar a todas estas oficinas, el resultado no ha sido el deseado y en cierta medida el problema del agua se agrava y no encuentra solución.

Es importante mencionar que históricamente la gestión del agua en México se ha dirigido a satisfacer la demanda de este recurso mediante la construcción de infraestructura hidráulica (Perevochtchikova, 2010). Y aunque los niveles de gestión descritos en el párrafo anterior operan bajo el marco de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en donde la gestión de los recursos hídricos se traduce en un proceso que busca lograr el desarrollo en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental a través del aprovechamiento sustentable del agua, los esfuerzos no han sido suficientes.

Algunos factores que han contribuido a limitar el éxito de la política son las bajas tarifas de cobro, la ausencia de una clara cultura de pago y la falta de voluntad política de cobro (Gobierno de la Ciudad de México et al., 2013). Aunque la reforma del artículo 4º constitucional establezca que “toda persona tiene

derecho al acceso disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible” se está lejos de tener estos beneficios.

A nivel Federal la ley que se ocupa de regular la gestión del recurso hídrico en el país es la Ley de Aguas Nacionales. Sin embargo, existen otras leyes que también involucran reglas y disposiciones con relación al recurso hídrico como la Ley General de Salud y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. A continuación se presentan cada una de ellas, especificando sus principales disposiciones en materia de agua.

### Ley de aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992. De acuerdo con el artículo primero es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política en materia de aguas nacionales (superficiales o del subsuelo); 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.

### Gestión del agua en la Ciudad de México

#### **Ley de Aguas del Distrito Federal**

De acuerdo al artículo 1º de la Ley de Aguas del Distrito Federal (ahora Ciudad de México) esta ley tiene como objetivo regular la gestión integral del recurso hídrico, así como la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, igualmente el tratamiento y reúso de aguas residuales (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2015).

La competencia en materia de la administración del agua potable que abastece a la Ciudad de México corresponde al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y el Jefe de Gobierno. SACMEX es el organismo encargado de operar la infraestructura hidráulica en la Ciudad de México. Este organismo, desconcentrado de la administración pública de la Ciudad de México, entró en funcionamiento a partir del 1 de enero de 2003, después de fusionarse la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF). Lo anterior surge con el objetivo *de prestar a los habitantes de la Ciudad de México el Servicio Público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales en cantidad y calidad suficiente* (Gobierno de la Ciudad de México, 2021).

En el anexo 1 se resumen los artículos generales y en materia de sequía y/o escasez de agua de la presente Ley.

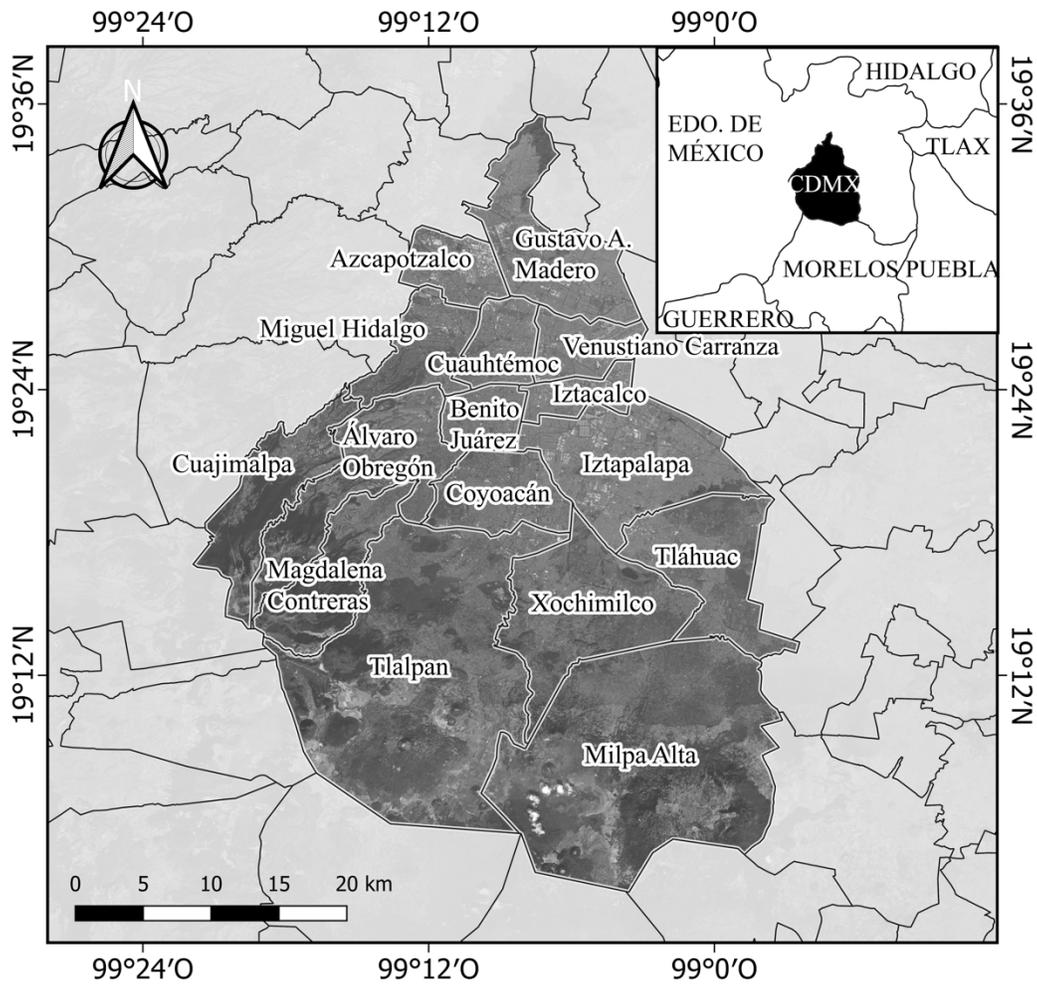
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La Ciudad de México (CDMX) se localiza en el centro sur del territorio mexicano con las coordenadas al norte 19° 36', al sur 19° 03' de latitud norte; al este 98° 57', al oeste 99° 22' de longitud oeste (Cámara de Diputados, 2009) abarcando una extensión territorial de 1,495 km<sup>2</sup> (Velasco et al., 2014; Figura 8).

La CDMX es uno de los principales núcleos urbanos de México y del mundo que presenta múltiples riesgos de origen natural y humano. Algunos relacionados al acelerado crecimiento urbano, a la inequidad social, la pobreza y a la degradación ambiental de sus recursos naturales (Rockefeller Foundation, 2015). Abarca una extensión territorial de 1 mil 458 kilómetros cuadrados, ocupando el 0.1 % del total del territorio nacional a una altura promedio de 2,300 metros sobre el nivel del mar (Cámara de Diputados, 2009). El clima generalmente es Templado subhúmedo (87%), aunque también cuenta con clima Seco y Semiseco (7%) y Templado húmedo (6%). La temperatura media anual es de 16°C. Lluvia en verano, con una precipitación total anual variable: en la región seca es de 600 mm y en la región templada húmeda (Ajusco) es de 1 200 mm anuales (INEGI, n.d.)

La CDMX se divide en 16 alcaldías (Figura 8), demarcaciones territoriales base de la división territorial y de organización político administrativa (Gobierno de México, 2017). De éstas Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco e Iztapalapa ocupan el 56.2% del total de la Ciudad (Tabla 5). En la ciudad se asienta una importante cantidad de personas, siendo 9,209,944 habitantes (INEGI, 2021).



**Figura 8. Ubicación geográfica de la Ciudad de México**

### Características de las Alcaldías

Alcaldía	Superficie (km <sup>2</sup> )	Representación del territorio estatal (%)	Densidad poblacional Hab/ Km <sup>2</sup>	Población	Viviendas particulares habitadas
Azcapotzalco	33.5	2.2	12,892.80	432,205	134,168
Coyoacán	53.9	3.6	11,395.00	614,447	191,517
Cuajimalpa de Morelos	71	4.8	3,059.20	217,686	60,436
Gustavo A. Madero	87.9	5.9	13,347.80	1,173,351	340,155
Iztacalco	23.1	1.5	17,522.70	404,695	117,720
Iztapalapa	113.2	7.6	16,219.60	1,835,486	504,365

La Magdalena Contreras	63.4	4.2	3,904.60	247,622	68,089
Milpa Alta	298.2	20	511.90	152,685	39,100
Álvaro Obregón	95.9	6.4	7,916.40	759,137	219,354
Tláhuac	85.9	5.7	4,569.70	392,313	106,935
Tlalpan	314.5	21	2,225.50	699,928	202,318
Xochimilco	114.1	7.6	3,874.8	442,178	117,113
Benito Juárez	26.7	1.8	16,259.70	434,153	176,053
Cuauhtémoc	32.5	2.2	16,783.60	545,884	196,466
Miguel Hidalgo	46.4	3.1	8,927.80	414,470	146,762
Venustiano Carranza	33.9	2.3	13,102.80	443,704	135,768

Fuente: Elaborado con datos del INEGI, 2020.

La CDMX se abastece a través de una compleja estructura que administra el agua potable que proviene de fuentes externas y fuentes internas. Cada fuente es operada por el Organismo de Cuenca Región XIII, Aguas del Valle de México (OCAVM) o por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX). Este último es el encargado de operar el abastecimiento de agua a toda la ciudad (Escolero et al., 2016).

La principal fuente de abastecimiento de agua a la ciudad son los acuíferos Zona Metropolitana Ciudad de México, Texcoco y Chalco-Amecameca; le siguen los sistemas Cutzamala y Lerma, el Plan de Acción Inmediata (PAI) y el Chiconautla. Los sistemas Lerma, Cutzamala, PAI y Chiconautla corresponden a fuentes de abastecimiento externas (Tabla 6), implementadas con el fin de aliviar algunas de las consecuencias de la explotación intensiva de los acuíferos que abastecen a la CDMX (Banco Interamericano de Desarrollo, 2012). Dentro de las más importantes se encuentra la subsidencia del terreno (Solano-Rojas et al., 2015), que provocaba daños en la

infraestructura hidráulica (Secretaría de Gobernación & Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2001).

### Fuentes de abastecimiento de agua a la Ciudad de México

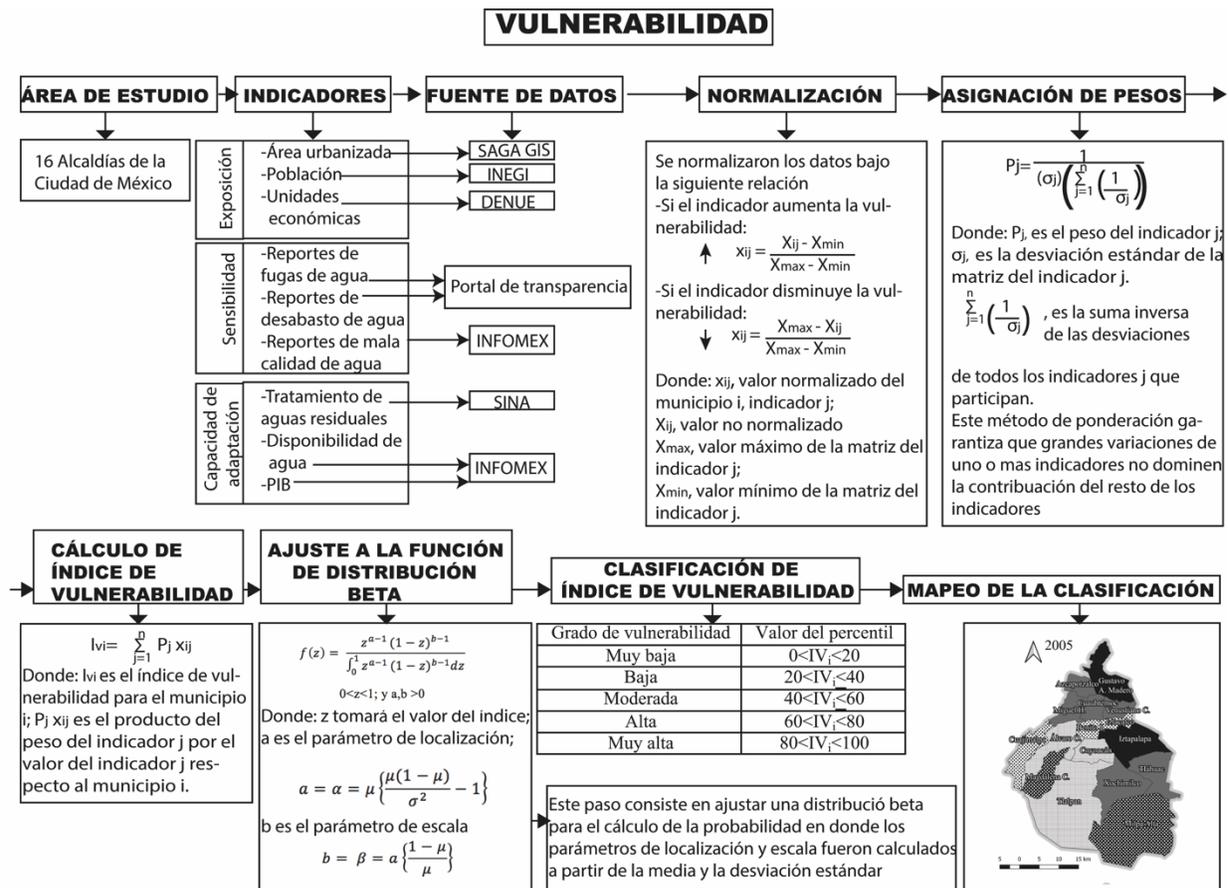
Fuentes de abastecimiento	Municipios/ delegaciones de los que se traen los caudales	Caudal promedio de abastecimiento en 2008 (m <sup>3</sup> /s)
<b>Fuentes externas a la Ciudad de México</b>		
Fuentes operadas por la Gerencia de Aguas del Valle de México		
Sistema Cutzamala	Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Donato Guerra, Villa de Allende, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Estado de México.	9.575
Sistemas Barrientos y Risco	Tultitlan, Cuautitlán, Tlalnepantla, Estado de México.	2.239
Sistema de Aguas del Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Valle de Chalco y La Paz, Estado de México.	0.382
<b>Subtotal</b>		<b>12.196</b>
Fuentes Operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México		
Sistema Lerma	Lerma, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Lorenzo Oyamel, Temoaya, Xonacatlan, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calpuhuac, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Joquicingo, San Pedro Techuchulco, Santa Cruz Atizapán y Santiago Tianguistenco, Estado de México.	3.832
Sistema Chiconautla	Ecatepec, Tecamac, Acolman, Estado de México.	1.402
<b>Subtotal</b>		<b>5.234</b>
<b>Fuentes Internas de la Ciudad de México</b>		
Fuentes operadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México		
Pozos a la Red Norte	Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Ciudad de México.	1.037
Pozos a la Red Centro	Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán, Ciudad de México.	2.037
Pozos a la Red Sur	Milpa Alta, Tláhuac, Xochimilco, Ciudad de México.	7.853

Pozos a la Red Oriente	Iztacalco, Iztapalapa, Venustiano Carranza, Ciudad de México.	2.773
Pozos a la Red Poniente	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tlalpan, Ciudad de México.	0.213
Río Magdalena	Magdalena Contreras, Ciudad de México.	0.203
Manantiales	Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Ciudad de México.	0.792
Subtotal		14.908
<b>TOTAL A LA CIUDAD DE MÉXICO</b>		<b>32.338</b>

Fuente: Datos reportados para el 2008 (Portal de Transparencia D.F., 2017).

## Metodología

Existen métodos de medición cuantitativos y semicuantitativos para medir vulnerabilidad (Adger, 1999; Brooks et al., 2005; Eakin & Luers, 2006; Escolero et al., 2016; Hamouda et al., 2009; Ortega-Gaucin et al., 2016; Sena et al., 2012). Aquí se retoma la metodología que propone Ortega-Gaucin et al. (2016) (Figura 9) que utilizan un método de ponderación basado en la propuesta de (Iyengar & Sudarshan, 1982), que permite evaluar la vulnerabilidad a través de indicadores que se pueden cuantificar mediante métodos estandarizados. Este proceder facilita obtener una clasificación de vulnerabilidad (Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta) para cada una de las 16 alcaldías de la Ciudad de México y permite hacer una comparación de la clasificación obtenida con la dotación de agua y los sistemas de captación de agua de lluvia para cada alcaldía.



## **Figura 9. Metodología utilizada y modificada de Ortega-Gaucin et al., 2016.**

### Selección y agrupación de indicadores

Existen numerosos indicadores relevantes en los estudios de vulnerabilidad (Adger, 1999; Adger et al., 2004; Brooks et al., 2005) Algunos de ellos se enfocan en cuestiones de bienestar humano, bienestar económico, o de desarrollo etc., sin embargo, se debe tener cuidado al utilizar múltiples indicadores, pues es frecuente que se duplique la información (Hamouda et al., 2009).

Para este estudio, la selección de indicadores se realizó a partir de la revisión bibliográfica referente al tema y a la disponibilidad y/o acceso a los datos. Algunos de estos indicadores se encontraron en la revisión como claves en un estudio de vulnerabilidad.

De acuerdo si aumentaban o disminuían la vulnerabilidad los indicadores se agruparon en exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Para el caso de exposición se utilizaron como indicadores la urbanización, número de habitantes y unidades económicas; para sensibilidad se tienen reportes de fugas de agua, reportes de desabasto de agua y reportes de mala calidad de agua; y para adaptación se utilizaron datos de tratamiento de aguas residuales, disponibilidad de agua, y Producto Interno Bruto (PIB).

Los indicadores se generaron o recopilaron a partir de distintas metodologías (Figura 9) que se detallan más adelante con datos para los años 2005, 2010 y 2015. Debido a que no se encontraron datos del PIB para esos años se utilizaron datos del 2004, 2009 y 2014. Esta situación no se considera que afecte significativamente el estudio ya que a pesar de que el PIB sí varía año con año, e incluso de manera trimestral, los datos sugieren que la variación de año con año es poca y

en general positiva, además de que la tendencia para la CDMX es claramente positiva con una pendiente que se mantiene en el tiempo. Esta situación anticipa que el posible sesgo en el comparativo no es significativo.

Recopilación/generación de datos

### **Urbanización**

La urbanización es uno de los factores que más afecta a la vulnerabilidad del agua. Los procesos de urbanización reducen las áreas verdes y la infiltración de agua de lluvia (Abellán, 2016) provocando inundaciones por el cambio en la permeabilidad del suelo (Salas Pérez et al., 2019). Se observa un crecimiento urbano acelerado en la periferia de la ciudad, que, de acuerdo con SEDUVI, responde a una alta migración (Magallanes, 2016; Sánchez Vargas et al., 2012) Sin duda, el proceso de urbanización aumenta la presión sobre los ecosistemas y sus servicios. El agua es fundamental para la vida y soporte del desarrollo económico y social de cualquier país (Sánchez Vargas et al., 2012) ya que se utiliza en prácticamente todas las actividades humanas, como la agricultura, generación de energía, procesos industriales, navegación, entre otras (Almirón, 2004). Además, el entubado de ríos que sufrió la Ciudad de México en la primera mitad del siglo pasado afectó la capacidad de recarga natural del preciado líquido (Zambrano, 2017). Actualmente existe una recarga limitada y un desperdicio masivo de agua, el abastecimiento en diferentes áreas de la ciudad genera impactos desiguales, amplificando así la necesidad de generar propuestas sostenibles para su gestión (Rolland & Vega Cárdenas, 2010).

La urbanización considera no sólo los asentamientos urbanos regulares, sino también los asentamientos irregulares. En conjunto, representan una alteración al ciclo hidrológico ya que la capa urbana impide la filtración del agua al subsuelo y contamina a ésta en su trayecto (Velasco et al., 2014). Además, la dinámica de la expansión urbana junto con el aumento de la densidad de población marcan el grado de vulnerabilidad y la complejidad en la tarea de prestar los servicios básicos (Escolero et al., 2016).

Para calcular el área de la urbanización se procesaron imágenes satelitales Landsat en SAGA GIS, que se obtuvieron de la plataforma Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017) para los años 2005 (Landsat 7), 2010 (Landsat 7) y 2015 (Landsat 8). Las imágenes Landsat fueron procesadas para abarcar la extensión de la Ciudad de México y se utilizó la composición de bandas 7-3-1 en Landsat 7 y 7-6-4 en Landsat 8 para resaltar las áreas urbanas de las no urbanas. Para clasificar las áreas urbanas y no urbanas a partir de las imágenes satelitales se utilizó el algoritmo de clusters basados en K-Means en SAGA GIS versión 6.4.0 (Conrad et al., 2015).

Una vez que se obtuvieron las imágenes clasificadas, se reclasificaron para determinar los pixeles correspondientes al área urbana y al área no urbana. El quinto paso consistió en la obtención de tablas de confusión a partir de las imágenes reclasificadas, las cuales contienen los valores del cambio relativo de un ráster con respecto a otro con base en la diferencia de número de pixeles. El área en km<sup>2</sup> se obtuvo considerando el tamaño de pixel de las imágenes Landsat a partir de la ecuación 1.

$$Urbanización = \frac{NPU * 30^2}{1 Km^2} \dots \dots \dots (1)$$

Donde: NPU es el número de pixeles urbanizados.

Finalmente se realizaron los mapas en Qgis (QGIS Development Team, 2020) y se editaron en Adobe Photoshop CS6©.

### **Número de habitantes**

El número de habitantes (INEGI, 2015) refleja el grupo de individuos que se encuentran expuestos a cualquier amenaza, por lo que entre más habitantes mayor exposición ante un peligro. Por ejemplo, las sequías en China, una de las zonas más pobladas del mundo, son la mayor amenaza del país. Según Chen & Sun (2019), las sequías serán más frecuentes e intensas en los próximos años, y las proyecciones apuntan a que la población expuesta aumentará en aproximadamente un 17%.

El número de habitantes impacta en la dotación de agua, entre más habitantes mayor será la demanda del recurso hídrico, por lo que será menor la cantidad de agua que le corresponde a cada habitante. Este indicador poblacional se obtuvo para cada una de las 16 alcaldías de la Ciudad de México a partir de los censos y encuestas intercensales de la Plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015).

### **Unidades económicas**

Las unidades económicas se definen de acuerdo con INEGI como “el establecimiento (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentado en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios”. En la CDMX se concentra el 10.3% de las unidades económicas del país, generando el 17.7% del producto interno bruto nacional (Velasco Gutiérrez, 2014).

El agua es uno de los insumos esenciales en el proceso de producción (Revollo-Fernández et al., 2020). Las unidades económicas representan a un grupo de individuos que a través de establecimientos o comercios diversos contribuyen al PIB (INEGI, 2014). Ellos dependen del suministro continuo y de la calidad del agua, por lo que están altamente expuestos a problemas en el abastecimiento de agua para desarrollar sus actividades económicas (Chenoweth, 2008). Hay que resaltar que sin duda las unidades económicas en conjunto son vulnerables ante la escasez del agua.

A partir del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE), (INEGI, 2014) se obtuvieron las unidades económicas de cada alcaldía para los años 2010 y 2015. Debido a la falta de datos para el 2005 se utilizaron los datos del 2010. Desde luego lo anterior tiene un impacto en los resultados, sin embargo, los datos empleados son un proxy que permite continuar con la evaluación.

### **Reportes de fugas**

Los reportes de fugas reflejan la participación ciudadana ante un problema que les afecta y que las autoridades tienen la responsabilidad de atender. Las causas de las fugas son principalmente la antigüedad de las tuberías, su profundidad y el tipo de material empleado. Se estima que las pérdidas en la red de distribución son entre el 38 % y 50 % (Sheinbaum Pardo, 2008). Los datos para este indicador se obtuvieron del SACMEX a partir de la Plataforma Nacional de Transparencia.

También es importante en el entendimiento de la vulnerabilidad el impacto mayúsculo que el desperdicio del agua en la CDMX tiene sobre la cuota diaria del líquido por habitante (Tabla 9; Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, 2011). Este gran problema cuya

solución requiere de acciones mucho más decisivas representa a priori una pérdida de agua a lo largo de la red de distribución de entre el 30% y 70% del líquido, dependiendo de la zona (Sheinbaum Pardo, 2008). Este indicador se construyó a partir de la participación ciudadana, la cual muchas veces depende de la cultura y el valor que se le otorga al agua, ya que no necesariamente todas las fugas de agua son reportadas. Sin embargo, son una buena aproximación de la realidad.

### **Reportes de desabasto**

Los reportes de desabasto de agua representan un indicador que involucra la partición social y del gobierno en donde éste último tiene la responsabilidad de intervenir, ejecutar y tomar decisiones para cumplir las demandas. Los reportes de desabasto de agua se obtuvieron del SACMEX a partir de la Plataforma Nacional de Transparencia.

Atender el desabasto de agua es uno de los mayores retos que la Ciudad tiene para cubrir las necesidades básicas de la población (Velasco et al., 2014). Y es a través de los reportes de desabasto de agua que la ciudadanía participa para que las autoridades den solución a este problema. Los desabastos pueden deberse a diversos factores que van desde procesos naturales (sequías que reducen el volumen de agua en las fuentes de abastecimiento) a procesos influidos por el hombre (gestión del recurso hídrico, arreglos o mejoras en los sistemas de abastecimiento, etc.). Ante esta situación se requieren estrategias alternativas como podría ser la colecta de agua de lluvia, además del abastecimiento de agua a través de pipas, como en las alcaldías Tlalpan y Milpa Alta (Espinosa Osnaya, 2017).

## **Reportes de mala calidad de agua**

Existen datos que no necesariamente se pueden cuantificar o medir (Hamouda et al., 2009) o en algunos casos no se tienen los registros, tal es el caso de la mala calidad del agua. Debido a que no se tiene registros completos de la calidad de agua que se registran en cada alcaldía se utilizaron los reportes que hacen los ciudadanos de mala calidad del agua. La información se obtuvo del SACMEX a partir de la plataforma de INFOMEX.

Los reportes de mala calidad de agua resultaron clave para la evaluación de la vulnerabilidad (Escolero et al., 2016). Sin embargo, hay que recalcar la carencia de datos a la hora de incluirlos en la evaluación (Perevochtchikova, 2013). Independientemente de la cantidad de agua que se requiera para satisfacer las necesidades básicas, en cuyo caso se incluye el agua necesaria para la higiene, el consumo de agua impacta en la salud. Los datos sobre calidad del agua pueden orientar aspectos de salubridad, como es el conocer la incidencia de enfermedades, la calidad de la higiene, el surgimiento de procesos adversos, etc. Es bien sabido que la calidad del agua puede convertirse en ruta de infecciones estomacales y otras enfermedades (Howard & Bartram, 2003). Al buscar indicadores relacionados a este problema e incorporarlos a este estudio se encontró que una de las principales barreras para acceder al indicador es que no hay suficientes mediciones que abarquen la calidad de agua de toda una alcaldía. Esto se debe principalmente a dos razones, la primera es que no hay mediciones y la segunda es que la calidad del agua varía dentro de la misma alcaldía, por lo que es imposible generalizar la calidad del agua en cada una de ellas y sería necesario enfocar los estudios a las distintas colonias de cada alcaldía. Ante esta situación se usó como indicador proxy el número de reportes de mala calidad de agua que hacen los ciudadanos por alcaldía.

## Disponibilidad

En este trabajo, la disponibilidad de agua se refiere a la cantidad de agua que se proporciona a cada alcaldía para realizar actividades económicas y sociales.

La cantidad de agua de la cual dispone cada alcaldía varía y mucho depende de la cantidad de habitantes con los que cuente (Breña Puyol & Breña Naranjo, 2007). Sin embargo, es importante aclarar que no toda el agua que se destina para cada alcaldía es para consumo humano, también se requiere el líquido para uso agrícola, doméstico, industrial, pecuario, recreativo, comercial o servicios y generación eléctrica (Comisión Nacional del Agua, 2015a, 2015c, 2015e).

Los datos para este indicador se solicitaron al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) a partir del Sistema de Solicitudes de Información de la Ciudad de México (INFOMEX). Los datos se recibieron de dos formas: 1) gasto de agua potable que recibe cada alcaldía en l/s de fuentes internas (pozos) y 2) gasto de agua potable que recibe la Ciudad de México. Este último se desagregó a escala de alcaldía a partir de la diferencia entre datos publicados de la SEDEMA (2016) basados en información del Sistema de Aguas de la Ciudad de México y los datos obtenidos vía INFOMEX.

A partir de la ecuación 2 se estimó el porcentaje de agua que abastece a cada alcaldía de las fuentes externas (Sistema Cutzamala, Sistema Lerma, PAI y Chiconautla). Finalmente se transformaron los resultados a porcentajes.

$$\%AFE = \frac{GS-GI}{S(GS-GI)} * 100 \dots \dots \dots (2)$$

Donde: %AFE es el porcentaje de agua de fuentes externas; GS es el gasto de SEDEMA; G es el gasto de INFOMEX y; S(GS-GI) es la suma de ambas diferencias.

### **Tratamiento de aguas residuales**

La escasez de agua y la creciente demanda del recurso ha llevado la necesidad de tratar las aguas residuales con el fin de aprovecharlas para usos industriales, agrícolas y recreativos (Ezcurra, 1996)

Las aguas residuales son los desechos líquidos provenientes de actividades humanas o animales (Zarza, 2021). Las aguas residuales se clasifican en municipales e industriales, en donde las primeras son operadas en los sistemas de alcantarillado municipales, urbanos y rurales, mientras que las segundas son descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional (Gobierno de la República & Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014).

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con la finalidad de eliminar los contaminantes presentes en el agua, en donde el objetivo es obtener agua que se pueda volver a utilizar para algún fin (Banco Mundial, 2020).

Para lograr una visión más completa y sustentable del manejo del agua hay que considerar mecanismos para recobrar el líquido (Mazari Hiriart & Noyola Robles, 2019) y establecer acciones para su tratamiento de forma que éste pueda ser reutilizado en diferentes aspectos de la compleja e intrincada vida de la CDMX (de la Vega Salazar, 2012).

Ante el déficit de agua potable, durante los años 50 surgieron las primeras plantas de tratamiento de agua en la Ciudad, que ayudaron a cumplir el objetivo de mantener los niveles de los lagos, canales y riego de áreas verdes. Hoy en día representa una medida para contribuir al balance hídrico de la ciudad ya que se utiliza toda agua residual como fuente adicional de agua, sin embargo, aún no es reconocida como tal (Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal, 2010).

Hoy en día representan una medida para contribuir al balance hídrico de la ciudad ya que se utiliza toda agua residual como fuente adicional de agua, sin embargo, aún no es reconocida como tal (Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal, 2010). Este uso no reconocido de agua residual lo encabezan Iztapalapa en donde se ocupa el mayor volumen de agua tratada, seguida de Gustavo A. Madero y Coyoacán. Los esfuerzos en tratamiento de aguas residuales se encuentran concentrados en las alcaldías con mayor índice de vulnerabilidad (I, GAM), acompañadas de Coyoacán, con una vulnerabilidad Alta.

Por otro lado, los sistemas de tratamiento de agua residual existentes han disminuido su eficiencia respecto a la producción y calidad de agua, debido a los costos de mantenimiento rehabilitación y/o sustitución, implementación de tecnología de punta y de nuevos procesos de saneamiento. Los datos para este indicador se obtuvieron a partir de la plataforma del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

### **Producto Interno Bruto (PIB)**

El Producto Interno Bruto aporta una buena idea de la evolución de las actividades económicas de las entidades en el país que aportan a la toma de decisiones. Esto se puede ver reflejado en el consumo de agua para el desarrollo económico de cada alcaldía.

De acuerdo con Sanctuary et al. (2005) el agua y la economía están "inextricablemente vinculados". Los mismos autores exponen que la mejora del suministro de agua y el saneamiento y la gestión de los recursos hídricos impulsan el crecimiento económico y ciertamente ayudan a erradicar la pobreza.

Existe relación entre el acceso al agua y el nivel de pobreza de la población. El nivel de pobreza se ve reflejado en la generación del Producto Interno Bruto (PIB) que produce cada alcaldía. De acuerdo con un estudio realizado por el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal la Ciudad de México, la pobreza se divide en cuatro rubros de acuerdo con su nivel: pobreza alta, media, media-baja y baja. En pobreza alta se encuentran las alcaldías Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac e Iztapalapa; en pobreza media se encuentran Gustavo A. Madero, Magdalena Contreras y Tlalpan; en pobreza media baja están Álvaro Obregón, Venustiano Carranza, Iztacalco y Cuajimalpa de Morelos; y en pobreza baja se tiene a Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Coyoacán, Miguel Hidalgo y Benito Juárez (Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal, 2010). Esta información coincide parcialmente con el Producto Interno Bruto (PIB) generado por cada alcaldía, por lo que al contar con estos datos se eligió como uno de los indicadores de capacidad adaptativa. Los datos utilizados se obtuvieron a partir del Sistema de Solicitudes de Información de la Ciudad de México (INFOMEX). En este caso la información solicitada más cercana a los años de estudio fueron para los años 2004, 2009 y 2014.

#### Cálculo de índices y clasificación de vulnerabilidad

¿Por qué construir un índice de vulnerabilidad?, si bien la vulnerabilidad es resultado de una serie de factores sociales, ambientales y económicos que interactúan en un área geográfica específica y en un tiempo específico, es cierto que se expresa a distintos niveles (individual o colectivo). Al contar con un índice o índices en distintos años, en este caso a nivel colectivo, podemos identificar las áreas prioritarias de acción y proponer medidas que van desde el nivel individual hasta el colectivo que reduzcan esa vulnerabilidad, además, podemos evaluar si estas medidas son efectivas a través del tiempo, ya que veremos reflejado si la vulnerabilidad incrementa o se reduce.

Para calcular los índices de vulnerabilidad y su clasificación para los años 2005, 2010 y 2015 de cada una de las 16 alcaldías se siguió la metodología propuesta por Ortega-Gaucin et al. (2016) aplicando el índice de vulnerabilidad social. (Figura 9).

### Normalización de indicadores

Los indicadores seleccionados están en distintas unidades de medida, por lo que fue necesario normalizados y establecerlos en un rango entre 0 y 1 (Anexo 2). Para ello se buscó la relación entre el indicador y la vulnerabilidad y dependiendo si el indicador aumenta o disminuye la vulnerabilidad se utilizaron las siguientes fórmulas:

Si el indicador aumenta la vulnerabilidad :

$$x_{ija} = \frac{X_{ij} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \dots\dots\dots(3)$$

Si el indicador disminuye la vulnerabilidad :

$$x_{ija} = \frac{X_{max} - X_{ij}}{X_{max} - X_{min}} \dots\dots\dots(4)$$

Donde  $x_{ija}$  es el valor normalizado del municipio  $i$ , indicador  $j$ ;  $X_{ij}$  es el valor no normalizado;  $X_{max}$  es el valor máximo de la matriz del indicador  $j$ ;  $X_{min}$  es el valor mínimo de la matriz del indicador  $j$ .

### Ponderación de indicadores

Una vez normalizados los valores de los indicadores se calcularon los pesos utilizando el método propuesto por Iyengar y Sudarshan (1982; Anexo 3) a partir de la siguiente fórmula:

$$P_j = \frac{1}{(\sigma_j)(\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_j}\right))} \dots\dots\dots(5)$$

Donde  $P_j$  es el peso del indicador  $j$ ;  $\sigma_j$  es la desviación estándar de la matriz del indicador  $j$ ;  $\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_j}\right)$  es la suma inversa de las desviaciones de todos los indicadores  $j$  que participan. De acuerdo con Gaucin et al (2016) este método de ponderación garantiza que las distintas variaciones de uno o más indicadores no predominen en la contribución del resto de los indicadores.

### **Cálculo de índices de vulnerabilidad**

A diferencia de la metodología propuesta por Gaucin et al (2016) se aplicó un solo índice de vulnerabilidad con indicadores sociales, ambientales y económicos que responden a la vulnerabilidad hídrica (Anexo 4) .

$$I_{vi} = \sum_{j=1}^n P_j x_{ija} \dots \dots \dots (6)$$

Donde  $I_{vi}$  es el índice de vulnerabilidad para el municipio  $i$ ;  $X_{ija}$  es el valor normalizado del indicador  $i$ ;  $P_j$  es el peso del indicador normalizado  $i$ ;  $n$  es el número de indicadores correspondientes a cada tipo de vulnerabilidad.

### **Clasificación de índices de vulnerabilidad**

Para la calificación de los índices de vulnerabilidad (Anexo 5) se ajustaron los índices obtenidos en el paso anterior a la función de distribución beta mediante la siguiente ecuación:

$$f(z) = \frac{z^{a-1} (1-z)^{b-1}}{\int_0^1 z^{a-1} (1-z)^{b-1} dz}; 0 < z < 1; \text{ y } a, b > 0 \dots\dots\dots(7)$$

En donde la media  $\mu$  y la varianza  $\sigma^2$  del indice z se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$\mu = \frac{a}{a+b} \dots\dots\dots(8)$$

$$\sigma = \frac{ab}{(a+b)^2(a+b+1)} \dots\dots\dots(9)$$

Al simplificar algebraicamente ambas expresiones para conocer los parámetros a y b se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$$a = \alpha = \mu \left\{ \frac{\mu(1-\mu)}{\sigma^2} - 1 \right\} \dots\dots\dots(10)$$

$$b = \beta = a \left\{ \frac{1-\mu}{\mu} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

Finalmente los resultados de la distribución beta se multiplicaron por 100 y se agruparon en 5 categorías (Tabla 7).

**Clasificación del grado de vulnerabilidad**

<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Valor del percentil</b>
<b>Muy baja</b>	$0 < IV_i \leq 20$
<b>Baja</b>	$20 < IV_i \leq 40$
<b>Moderada</b>	$40 < IV_i \leq 60$
<b>Alta</b>	$60 < IV_i \leq 80$
<b>Muy alta</b>	$80 < IV_i \leq 100$

Una vez que se obtuvo la clasificación de la vulnerabilidad se generaron los mapas de vulnerabilidad para cada año en QGis (QGIS Development Team, 2020) y se editaron en Adobe Photoshop CS6 ©.

Comparación de la clasificación de vulnerabilidad con la distribución de la dotación y sistemas de captación de agua de lluvia

Este comparativo debe tener en cuenta lo expresado por el Comité de Naciones Unidas sobre los Derechos Económicos, Sociales y Culturales, que en el 2002 definió el derecho humano al agua como indispensable para una vida humana digna, de manera que cada individuo tiene el derecho a *disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico* (ONU, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2018). Es necesario de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) que cada persona reciba entre 50 y 100 litros de agua al día para cubrir las necesidades básicas (Howard & Bartram, 2003), mientras que en la Ciudad de México, la ley de aguas del Distrito Federal establece que el mínimo deber ser de 50 litros por persona al día (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2015). La dotación de agua puede indicar la inequidad en la distribución de esta. Para hacer la comparación entre la clasificación de la vulnerabilidad y la dotación de agua se estimó la dotación a partir de la ecuación 12.

$$Dotación = \frac{DAP \text{ l/s*SD}}{NH} \dots\dots\dots(12)$$

Donde DAP es la disponibilidad de agua potable; SD son los segundos en un día y; NH es el número de habitantes.

Debido a que los datos obtenidos de disponibilidad de agua se limitaron a fuentes de abastecimiento internas por alcaldía, y que el gasto de agua de fuentes externas se obtuvo para toda la Ciudad y no desagregada por alcaldía, ésta se estimó a partir de la diferencia entre los datos obtenidos de SACMEX (disponibilidad de fuentes internas) a través del Portal de Transparencia y datos de la página de SEDEMA (2016), en donde se encontró la disponibilidad dependiendo de fuentes internas y externas.

La disponibilidad de agua para los años 2005, 2010 y 2015 de fuentes internas y externas se estimó a partir de la siguiente ecuación 13.

$$\text{Disponibilidad total} = \left( \frac{GSD - GSCI}{\sum (GSD - GSCI)} \right) * 100 * AFE + GSCI \dots \dots \dots (13)$$

En donde GSD es el gasto de agua de la página de la SEDEMA; GSCI es el gasto de agua de fuentes internas obtenido a través del Portal de Transparencia; y AFE es el abastecimiento de toda la Ciudad de fuentes externas.

#### Sistemas de captación de agua de lluvia

Los sistemas de captación de agua de lluvia permiten medir la crisis de agua que se vive en la Ciudad. Estos sistemas aportan varios beneficios, como reducir el flujo de agua a los drenajes, y la

recuperación de acuíferos, al extraer menos agua de éstos (Isla Urbana, 2018). Esto se traduce en menos inundaciones, menor gasto de energía medida en meses o incluso todo un año.

Para hacer la comparación entre las clasificaciones de vulnerabilidad y los sistemas de captación de agua de lluvia, se obtuvieron los datos de éstos últimos a través de entrevistas con la Asociación Isla Urbana.

## RESULTADOS

La tabla 8 resume los valores obtenidos para cada uno de los indicadores usados en este estudio.

### Valores de los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación

Alcaldía	Año	INDICADORES								
		EXPOSICIÓN			SENSIBILIDAD			CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		
		Area urb. (km <sup>2</sup> )	Pobl. (unidades)	Unid. Econ. (unidades)	Rep. Fug. (unidades)	Rep. Desa. (unidades)	Rep.mala (unidades)	Trat. de ag. (l/s)	Disp. Ag. (l/s)	PIB (Mp)
Alvaro Obregón	2005	44.3	706,567	20,599	4,814	6,908	302	0	2,373.20	194,323.30
	2010	46.7	727,034	20,599	5,074	5,428	377	150	2,238.80	215,959.60
	2015	53.8	749,982	22,404	2,883	3,889	63	59	2,337.70	348,204.80
Azcapotzalco	2005	32.3	425,298	18,663	1,357	938	223	20	1,972.30	75,817.20
	2010	32.7	414,711	18,663	1,658	2,065	113	16	1,914.30	164,822.50
	2015	34.5	400,161	18,570	768	1,737	128	10	1,973.90	171,224.20
Benito Juárez	2005	24.7	355,017	24,991	1,391	3,892	38	0	1,610.50	148,754.80
	2010	25.5	385,439	24,991	1,160	4,371	72	0	1,551.60	209,853.10
	2015	27.4	417,416	26,147	943	6,485	41	0	1,605.10	336,140.70

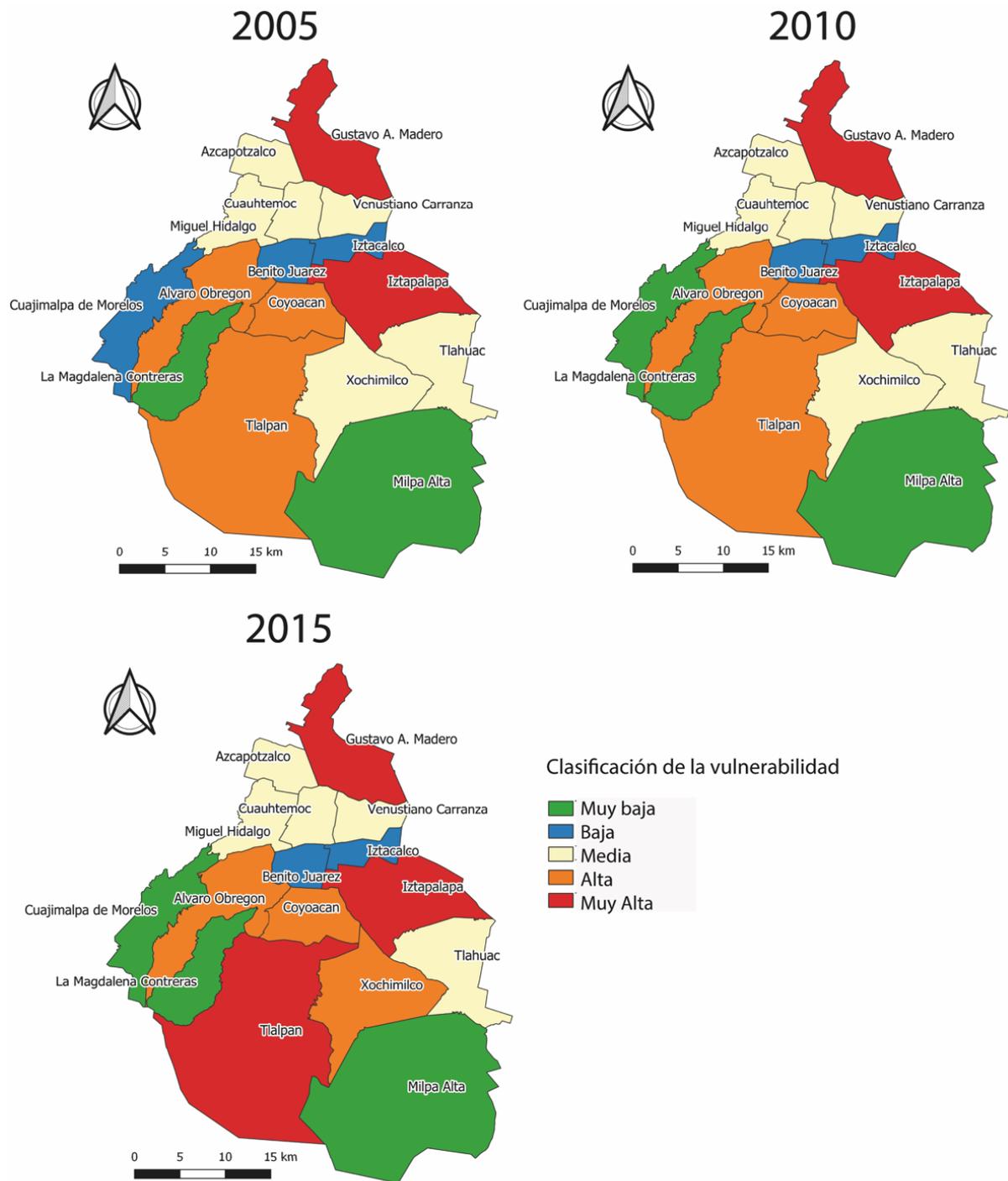
<b>Coyoacán</b>	2005	40.3	628,063	21,815	2,349	7,267	168	300	2,603.80	58,456.80
	2010	41.9	620,416	21,815	4,077	5,611	223	180.8	2,605.60	79,926.90
	2015	47.7	608,479	24,562	4,475	4,672	213	207	2,652.40	73,428.20
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	2005	13.5	173,625	5,593	752	1,175	927	0	472.6	25,550.60
	2010	14.6	186,391	5,593	765	1,192	57	0	442.6	93,069.90
	2015	18.9	199,224	7,177	507	901	35	0	463.9	135,364.40
<b>Cuauhtémoc</b>	2005	30.5	521,348	70,548	754	1,839	140	18	1,829.20	480,182.20
	2010	30.6	531,831	70,548	1,111	3,166	33	15	1,711.60	629,198
	2015	33.1	532,553	70,280	1,218	5,999	59	10	1,794.20	792,319
<b>Gustavo A. Madero</b>	2005	71.7	1,193,161	48,623	4,163	4,656	113	326	3,033.10	38,382.90
	2010	75.6	1,185,772	48,623	4,536	4,665	84	300	2,823.60	48,644.30
	2015	79.7	1,164,477	50,403	1,626	5,222	140	226	2,965.30	60,464.90
<b>Iztacalco</b>	2005	21.8	395,025	16,743	817	1,151	454	140	983.4	44,580.90
	2010	22	384,326	16,743	1,181	1,230	118	117	939.2	36,503.40
	2015	23.5	390,348	18,570	1,002	2,796	135	103	975.1	42,149.80

<b>Iztapalapa</b>	2005	101	1,820,888	73,012	5,258	8,425	542	2126	4,567.60	62,007.60
	2010	102.7	1,815,786	73,012	3,987	6,977	786	2008	4,394	73,550
	2015	113.4	1,827,868	79,699	2,478	6,175	317	2201	4,549.50	143,917
<b>La Magdalena Contreras</b>	2005	11.9	228,927	5,808	1,265	586	4	0	1,310	8,192.20
	2010	13.1	239,086	5,808	1,592	1,756	12	0	1,223.70	6,991.90
	2015	16	243,886	6,863	1,702	1,562	11	23	1,283.10	5,964.20
<b>Miguel Hidalgo</b>	2005	31.1	353,534	23,002	1,239	1,518	149	160	1,935.90	302,579.70
	2010	33.1	372,889	23,002	2,277	2,786	186	150	1,855.20	573,215.90
	2015	37.7	364,439	25,822	2,193	3,332	60	97	1,924.50	657,792
<b>Milpa Alta</b>	2005	10.9	115,895	5,033	227	188	118	60	676	540.9
	2010	12.3	130,582	5,033	137	177	72	30	677	818.8
	2015	20.8	137,927	6,513	191	283	20	15	689	1,386.70
<b>Tláhuac</b>	2005	31.1	344,106	14,022	1,176	825	284	210	691.3	4,698.60
	2010	34.3	360,265	14,022	788	1,105	134	231	659.1	7,810.50
	2015	40.6	361,593	16,553	818	1,461	196	112	684.9	10,235.40

<b>Tlalpan</b>	2005	45.7	607,545	21,531	3,113	6,015	28	47	3,619.60	63,253.20
	2010	50.1	650,567	21,531	3,680	5,307	222	48	3,523.80	96,102.30
	2015	65.6	677,104	26,638	1,397	5,057	308	50	3,629.60	88,943.70
<b>Venustiano Carranza</b>	2005	31.4	447,459	30,423	653	2,717	61	0	1,002.50	37,600.30
	2010	31.7	430,978	30,423	866	1,182	136	0	938.9	77,448.60
	2015	35	427,263	32,511	533	2,506	135	0	983.9	52,646
<b>Xochimilco</b>	2005	29.1	404,458	16,492	828	1,308	341	118	2,611	16,402.60
	2010	35.5	415,007	16,492	922	1,187	248	84	2,615	26,856.30
	2015	45.5	415,933	19,635	1,276	1,475	297	65	2,661	23,601.80
<b>Si el indicador aumenta o disminuye la vulnerabilidad</b>		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓

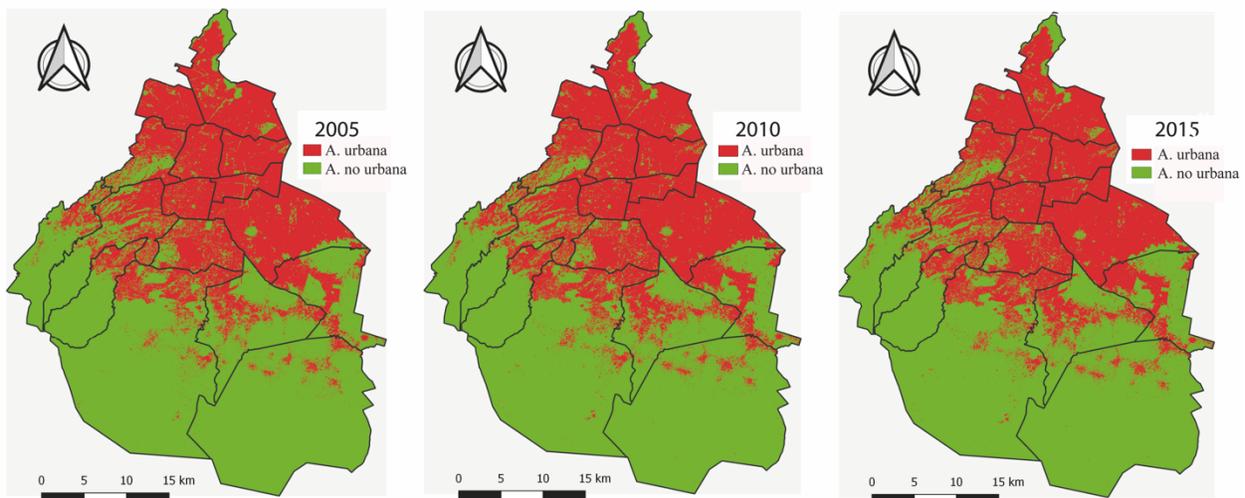
Donde Área urb. Es área urbanizada; Pobl. es población; Unid. Econ. son las unidades económicas; Rep. Fug. Son los reportes de fugas; Rep. Desa. son los reportes de desabasto; Rep. mala. son los reportes de mala calidad de agua; Trat. De ag. es el tratamiento de agua residual; Disp. Ag. es la disponibilidad de agua; y PIB es el Producto Interno Bruto.

A partir de los indicadores de exposición (urbanización, en cuyo caso fue la que mayor peso presentó, población y unidades económicas), sensibilidad (reportes fugas, desabasto, y mala calidad agua) y capacidad de adaptación (tratamiento de aguas residuales, disponibilidad de agua y PIB) las alcaldías que se han identificado con mayor vulnerabilidad en los tres años de estudio (2005, 2010 y 2015) son Iztapalapa y Gustavo A. Madero, pero para el año 2015 Tlalpan se suma a estas dos. En contraste, aquellas con menor vulnerabilidad son Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa. Esta última paso de tener vulnerabilidad Baja a Muy Baja entre el 2005 y 2010-2015. En la clasificación de Alta se encuentran Álvaro Obregón, Coyoacán y Xochimilco, esta última paso de tener vulnerabilidad Moderada a Alta para el 2015. En la clasificación Moderada aparecen Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Tláhuac. Clasificación Baja caracteriza a las alcaldías Iztacalco y Benito Juárez (Figura 10).



**Figura 10. Grado de Vulnerabilidad en las alcaldías de la Ciudad de México.**

En la CDMX existe una relación cercana entre los índices de vulnerabilidad y el crecimiento urbano (Figura 11). Las alcaldías Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Tlalpan resultaron con Muy Alta vulnerabilidad hídrica y son quienes tienen mayor crecimiento urbano (Figura 11). La última cambia su nivel de vulnerabilidad Alta a Muy Alta de 2010 a 2015. En contraste, en las alcaldías con menor índice de crecimiento urbano, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Milpa Alta la vulnerabilidad hídrica tiende a ser Muy Baja, resaltando Cuajimalpa que cambia de Baja a Muy Baja de 2010 a 2015.



**Figura 11. Urbanización en la Ciudad de México para los años 2005, 2010 y 2015.**

El tamaño poblacional es otro indicador clave que se asemeja al caso de la urbanización en cuanto a que las alcaldías Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Álvaro Obregón tienen el mayor número de población, aunque Álvaro Obregón no es de las más urbanizadas. Las primeras dos presentaron un índice de vulnerabilidad Muy Alto y Álvaro Obregón Alto. En contraste, las que menos población tienen, Milpa Alta, Cuajimalpa y Magdalena Contreras, obtuvieron índice de vulnerabilidad Muy Bajo para el primer y tercer caso y un nivel Bajo-Muy Bajo en Cuajimalpa.

La mayor concentración de unidades económicas se encontró en las alcaldías Iztapalapa, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero, recalcando la vulnerabilidad de éstas, pues se tiene que para el primer y tercer caso la vulnerabilidad es Muy Alta y para el segundo caso es Moderada. Las alcaldías Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa que tuvieron menor concentración de unidades económicas y un índice de vulnerabilidad Muy Bajo para los primeros dos casos y Bajo a Muy Bajo para el tercer caso.

El control de fugas como medida de adaptación requiere de la acción conjunta de las alcaldías de la CDMX, y los datos obtenidos sugieren que se deben enfocar esfuerzos de manera inmediata en las alcaldías Coyoacán, Tlalpan e Iztapalapa, quienes resultaron con mayor número de fugas (Tabla 8). Las alcaldías de Milpa Alta, Cuajimalpa y Venustiano Carranza pueden ser un buen ejemplo de lo que el control de fugas significa. Además de encabezar de forma positiva este índice, ellas representan alcaldías con infraestructura hídrica que varía de limitada (MA) a moderada (VC y C), pero que da servicio adecuado ya que Milpa Alta y Cuajimalpa, además de Tláhuac, son representantes de alcaldías con menor número de reportes de desabasto (Tabla 8). Estos índices alertan sobre la necesidad de realizar acciones inmediatas que impulsen el uso adecuado de la infraestructura hídrica semejantes a las que distinguen a Milpa Alta, Cuajimalpa y Tláhuac en zonas como Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Tlalpan (Muy Alta), Álvaro Obregón, Coyoacán y Xochimilco (Alta) que resaltan por su vulnerabilidad excesiva.

La Alcaldía de Coyoacán es ejemplo de preocupación, pues, aunque es la que extrae más agua del acuífero (Comisión Nacional del Agua, 2015c), tiene el número de reportes de fugas con mayor pendiente positiva (226) para el periodo anual 2000 al 2018 (Portal de Transparencia). Este deficiente uso del agua por la alcaldía lo respalda la vulnerabilidad Alta que el análisis del periodo de investigación encuentra, sugiriendo que sus acciones para mitigar el problema han sido

insuficientes y requiere de mayores iniciativas mejor fundamentadas. Las alcaldías de Xochimilco, Tlalpan e Iztapalapa vistas a través de estos indicadores sugieren problemáticas semejantes. Desafortunadamente quienes extraen mayor cantidad de agua del acuífero (Coyoacán, Tlalpan, Xochimilco) (Comisión Nacional del Agua, 2015a, 2015c, 2015e), tienen problemas severos con el control de fugas (Tabla 8) y por lo mismo las tres alcaldías están calificadas con vulnerabilidad Muy Alta. En el caso de Tlalpan hay que recalcar que pasó de vulnerabilidad Alta a Muy Alta en el 2015; en el caso de Coyoacán mantuvo su vulnerabilidad Alta y en Xochimilco la vulnerabilidad pasó de Moderada a Alta para el 2015. En contraparte, las alcaldías que extraen menor cantidad de líquido del acuífero, como Cuajimalpa (662,765 M de m<sup>3</sup>/año), Venustiano Carranza (2,584,464 M de m<sup>3</sup>/año), y Gustavo A, Madero (2,924,932 M de m<sup>3</sup>/año); Comisión Nacional del Agua, 2015a, 2015c, 2015e), tienden a tener menos fugas de agua, al menos en los casos de Cuajimalpa y Venustiano Carranza (con un promedio de 675 y 684 reportes respectivamente), y como consecuencia su clasificación de vulnerabilidad varía de Muy Baja en Cuajimalpa a Moderada en Venustiano Carranza.

Los reportes de desabasto de agua muestran que las alcaldías con mayor índice en este rubro son Iztapalapa, Benito Juárez y Cuauhtémoc. En el primer caso su Muy Alta vulnerabilidad es congruente con los reportes de desabasto. En contraposición al caso anterior, Benito Juárez y Cuauhtémoc, con vulnerabilidad Baja y Media respectivamente, sugieren que su gran cantidad de reportes de desabasto de agua (en promedio 4,916 y 3,668 respectivamente) se analicen cuidadosamente para entender esas situaciones contrastantes.

El índice de calidad del agua como se implementó en este trabajo genera un panorama preocupante, en el que resulta que aparentemente no hay un sistema que permita dar seguimiento para mejorar la calidad del agua en la CDMX. La alcaldía Tlalpan es un ejemplo claro en el que preocupa la

tendencia al alza en los reportes de mala calidad a lo largo del periodo de estudio (de 28 reportes en el 2005 pasó a 308 en el 2015) . De manera semejante, la constancia de la alcaldía Iztapalapa a lo largo del periodo de estudio como la primera alcaldía con mayor cantidad de reportes de mala calidad de agua (en promedio 548 reportes) es un problema sobre el que hay que ocuparse de manera inmediata. La alcaldía Xochimilco presenta un problema semejante a Iztapalapa por su persistencia en el segundo nivel de reportes sobre mala calidad de agua (en promedio 295 reportes). En contraste a estas situaciones que amenazan la salud e higiene, Cuajimalpa cambió de una situación realmente deplorable en 2005 a ser una de las alcaldías con menos reportes de mala calidad de agua en los últimos dos periodos de estudio (de 927 reportes en el 2005 pasó a 46 reportes en promedio en el 2010 y 2015). La alcaldía de Magdalena Contreras resalta en este rubro al ser constante en los 3 quinquenios de estudio en cuanto al menor numero de reportes referentes a la calidad de agua (en promedio 9 reportes). Algunas otras alcaldías como Milpa Alta, Benito Juárez y Cuauhtémoc tienden a tener pocos reportes malos (en promedio 70, 50 y 77 respectivamente), pero no logran mantenerse en los niveles mas bajos de reportes por lo que deberán redoblar esfuerzos para mejorar este servicio.

La disponibilidad de agua se considera uno de los índices más relevantes en cuestiones hídricas, sin embargo, como se mencionó en párrafos anteriores no es el único que influye en el análisis de la vulnerabilidad. En éste se observó que las alcaldías con mayor disponibilidad de agua son Iztapalapa, Tlalpan y Gustavo A. Madero (en promedio 4,503.70.0, 3,591.0 y 2,940.0 l/s respectivamente), pero a la vez concentran altos números de población (en promedio 1,821,514.0, 645,072.0 y 1,181,136.67.0 respectivamente). En contraste están las que menos disponibilidad de agua tienen: Cuajimalpa (459 l/s), Tláhuac (678 l/s) e Iztacalco (966 l/s) tienen índices de vulnerabilidad Muy Bajo, Medio y Bajo respectivamente. Desde luego la disponibilidad de agua

no es el único elemento que hace o no vulnerable a una alcaldía, es la combinación de distintos elementos que definirán su grado de vulnerabilidad y por ello el análisis conjunto de los datos seguramente aportará espacios de oportunidad para impulsar la sustentabilidad del agua en las alcaldías y la CDMX.

La recuperación del agua es sin duda otro aspecto que no puede retrasarse en la CDMX, pero la disminución y control de fugas de agua no son menos importantes para acercarse a tener un sistema sustentable funcional en la CDMX. Para los tres años de estudio se encontró que sólo entre el 8 y 10% del agua que se utiliza en la Ciudad es tratada. Iztapalapa es la alcaldía que más agua trata con un porcentaje de entre 46 y 48%. Esta alcaldía es un buen ejemplo de adaptación al tratamiento de aguas residuales, que contribuye de forma excelente en la limpieza de baños y riego de áreas verdes, disminuyendo de manera importante el uso de agua potable. Desafortunadamente, Iztapalapa tiene como resultado final del estudio vulnerabilidad Muy Alta por lo que requiere de manera importante tomar otras acciones que le ayuden a mitigar este problema. Contrastan alcaldías como Benito Juárez, Cuajimalpa y Venustiano Carranza que no trataron agua en los tiempos de estudio (Tabla 8) pero tienen en el estudio comparativo de las alcaldías vulnerabilidad Baja, Muy Baja y Moderada respectivamente, por lo que éstas pueden servir de ejemplo a las acciones por desarrollar en Iztapalapa con el fin de disminuir su vulnerabilidad.

Un aspecto fundamental para avanzar en una propuesta sustentable del agua es contar con el financiamiento necesario para el estudio de la problemática de la vulnerabilidad, pero sobre todo para fondar las propuestas que busquen dar soluciones sustentables. Aunque no se tienen datos concretos de cómo cada alcaldía financia el cuidado y mejor uso del agua, su PIB puede usarse como proxy que permita un acercamiento, posiblemente débil y en necesidad de reevaluación, al estado de la relación financiamiento/vulnerabilidad. No menos importante es contar con recursos

que permitan evaluar el avance de los programas que se estén implementando con fines específicos, y bien analizadas las evaluaciones siempre generarán mejoras a la propuesta inicial. Teniendo en mente que este particular índice debe ser refinado para lograr resultados mejor sustentados, hay un par de aspectos que justifican su inclusión aquí. En apariencia, las alcaldías con mayor PIB, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón y Benito Juárez, fondean acciones para mitigar los problemas del agua, pero desafortunadamente este apoyo no ha ayudado a evitar niveles Muy Altos de vulnerabilidad. Esto hace importante enfocar esfuerzos a entender porque no alcanzan niveles Bajos o Muy Bajos, y buscar en otros índices respuestas que los acerquen a mejorar su acercamiento al manejo sustentable del agua. Sólo esta última (BJ) alcanza niveles de vulnerabilidad Bajo mientras que en Álvaro Obregón ésta es Alta y en las dos primeras su nivel es Moderada. En contraste, las alcaldías con menor PIB tienden a ser menos vulnerables, sin lograrlo del todo, pues si bien Milpa Alta y Magdalena Contreras tienen vulnerabilidad Muy Baja, en Tláhuac ésta es Moderada, y sorprendentemente Xochimilco se califica con vulnerabilidad Moderada a Alta.

La dotación de agua en todas las alcaldías se distribuye de manera desigual tendiendo en cuenta que ésta debería de ser de acuerdo con la OMS de 100 lts/habitante/día. Los detalles entre la comparación de dotación de agua y el nivel de vulnerabilidad se pueden ver en la tabla 9.

**Comparación entre el grado de vulnerabilidad y la dotación de agua (Litros por segundo por día).**

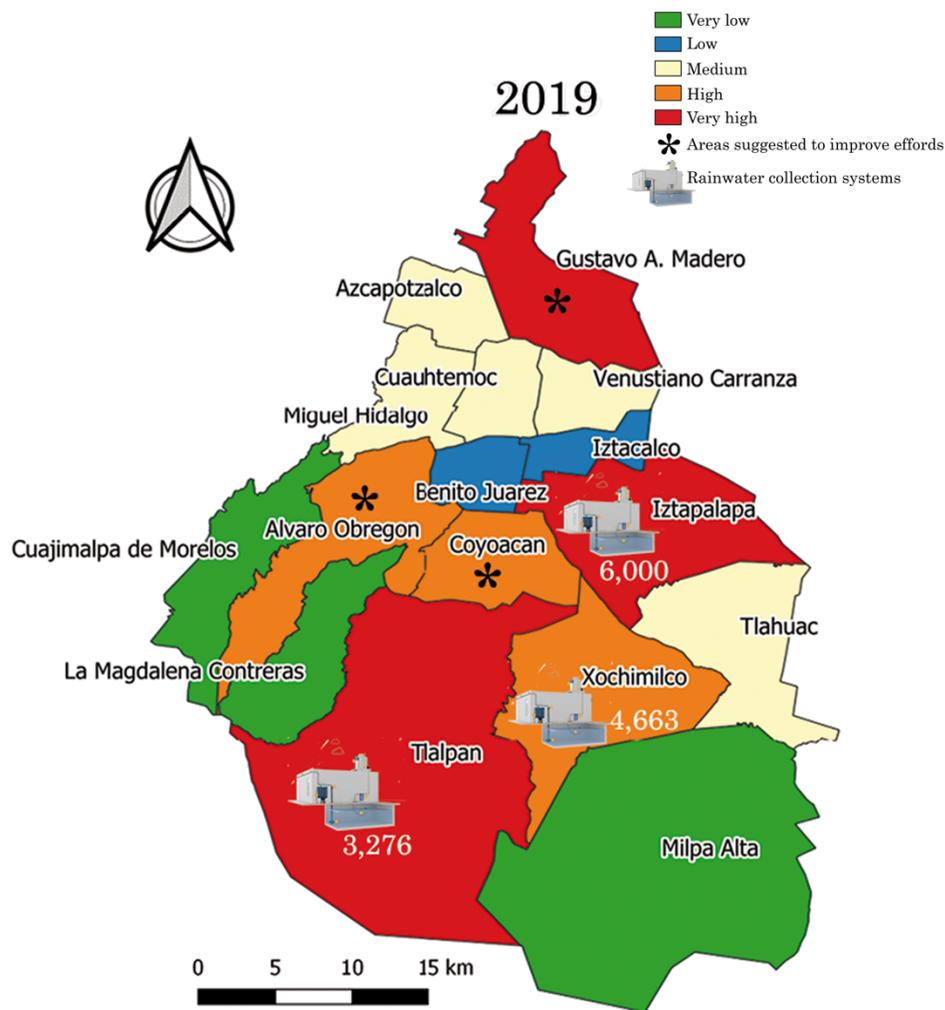
Alcaldía	2005		2010		2015	
	Vulnerabilidad	Dotación de agua	Vulnerabilidad	Dotación de agua	Vulnerabilidad	Dotación de agua
		LPCD		LPCD		LPCD
Álvaro O.	Alta	290.19	Alta	266.05	Alta	269.31
Azcapotzalco	Media	400.68	Media	398.83	Media	426.2

<b>Benito J.</b>	Baja	391.94	Baja	347.81	Baja	332.24
<b>Coyoacán</b>	Alta	358.19	Alta	362.86	Alta	376.62
<b>Cuajimalpa</b>	Baja	235.2	Muy baja	205.17	Muy baja	201.19
<b>Cuauhtémoc</b>	Media	303.15	Media	278.07	Media	291.09
<b>Gustavo A. M.</b>	Muy Alta	219.64	Muy Alta	205.74	Muy Alta	220.02
<b>Iztacalco</b>	Baja	215	Baja	211.1	Baja	215.8
<b>Iztapalapa</b>	Muy Alta	216.73	Muy Alta	209.08	Muy Alta	215.05
<b>La Magdalena C.</b>	Muy baja	494.41	Muy baja	442.22	Muy baja	454.55
<b>Miguel H.</b>	Media	473.12	Media	429.86	Media	456.25
<b>Milpa A.</b>	Muy baja	503.96	Muy baja	447.94	Muy baja	431.6
<b>Tláhuac</b>	Media	173.57	Media	158.06	Media	163.64
<b>Tlalpan</b>	Alta	514.74	Alta	467.98	Muy Alta	463.14
<b>Venustiano C.</b>	Media	193.57	Media	188.22	Media	198.96
<b>Xochimilco</b>	Media	557.76	Media	544.41	Alta	552.76

Las alcaldías que se encuentran al sur de la ciudad tienen la mayor dotación de agua. Xochimilco es la que cuenta con mayor dotación (en promedio 552 l/s/d), pero llama la atención que tiene una vulnerabilidad Muy Alta, Tlalpan le sigue con relación a la dotación y, en cierta forma, comparten vulnerabilidad ya que pasa de Alta a Muy Alta. Magdalena Contreras ocuparía el tercer lugar en dotación, pero tiene vulnerabilidad Muy Baja. Por otro lado, Tláhuac, Venustiano Carranza y Cuajimalpa presentaron la menor dotación de agua con una vulnerabilidad Media, Moderada, y Muy baja respectivamente. En este rubro hay que resaltar el papel de Cuajimalpa que al tener poca dotación de agua su vulnerabilidad es Baja. Hay que aclarar que se desconoce la cantidad de agua

que reciben mediante pipas, situación que se repite en las otras alcaldías y que pudiera hacer variar este resultado.

En el caso de los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL), la CDMX cuenta con 13,939 instalados hasta el 2019 en tres alcaldías. Para fines de comparación se utilizó la clasificación de vulnerabilidad del 2015 con los SCALL del 2019 (Figura 12). Se observa que los esfuerzos realizados en el área de captación de agua de lluvia se concentran en las alcaldías con clasificación Alta y Muy Alta de vulnerabilidad. Xochimilco cuenta con 4,663 SCALL y un grado de vulnerabilidad Alto, Tlalpan tiene 3,276 SCALL y vulnerabilidad Muy Alta e Iztapalapa cuenta con 6,000 SCALL tiene vulnerabilidad Muy Alta (Figura 12). Sin embargo, resaltan alcaldías que requieren la implementación de SCALL, como son el caso de Álvaro Obregón, Coyoacán y especialmente Gustavo A. Madero, por la presencia de índice de vulnerabilidad Alto las dos primeras y Muy Alto la tercera.



**Figura 12. Comparación entre la vulnerabilidad del 2015 y los Sistemas de Captación de agua de lluvia (SCALL) al 2019**

## DISCUSIÓN

La Ciudad de México (CDMX) es claro ejemplo de acceso desigual de los miembros de la sociedad al recurso hídrico, situación que subraya la importancia de desarrollar propuestas de adaptación que mitiguen esta problemática. En la CDMX la aparente limitada disponibilidad de agua es bien conocida por la ciudadanía y gobierno. Se ve reflejada en la dependencia de fuentes externas para su abastecimiento, pero las acciones que mitiguen esta situación no han sido suficientes, por lo que ahora los resultados de la vulnerabilidad social hídrica procuran propuestas que coadyuvan a la contención y mitigación del problema.

Los resultados obtenidos aportan a la planeación de actividades enfocadas a mejorar el uso y cuidado del agua. Estos se suman a los limitados estudios previos emprendidos sobre vulnerabilidad (Adger, 2006; Adger et al., 2004; Adger & Kelly, 1999; Brooks, 2003; Cutter, 1996; Cutter et al., 2000; Eakin & Luers, 2006; Escolero Fuentes et al., 2009; González Tánago et al., 2016; Hamouda et al., 2009; Monterroso et al., 2014; Navarro Rodríguez & Larrubia Vargas, 2006). Las acciones anteriores han ayudado a evitar el mal uso y el gasto del agua. Aún así, su seguimiento y evaluación son mínimos, lo que dificulta repensar las acciones con experiencia práctica. Este nuevo estudio genera una base sólida sobre la que es posible crecer y dar seguimiento a las medidas implementadas, permitiendo la adecuación según sea necesario.

Este trabajo estudia los procesos que impactan a la vulnerabilidad en la CDMX a nivel de alcaldía por corresponder éstas a la unidad de gestión de gobierno más baja para la que existen datos confiables. La vulnerabilidad a esta escala se comporta como un proceso dinámico y acucioso que limita no solo la escala de análisis, o energía, sino que detalla la problemática, da confiabilidad a los datos, y facilita la capacidad de comparación, entendimiento y manejo de la información a partir de fuentes responsables y permite el manejo de sus datos (Adger et al., 2004); aunque para

propósitos de medición frecuentemente es vista como un fenómeno estático (Cutter et al., 2008). A este respecto hay que resaltar que en cada alcaldía una combinación única de indicadores es la que les ubica en algún nivel de vulnerabilidad particular. Por lo mismo cada alcaldía debe retomar la problemática para entender las causas de su situación, que en principio pudieran ser semejantes pero el detalle marca la diferencia. Así, Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan son las más vulnerables, pero Gustavo A. Madero tiene que trabajar sobre problemas de urbanización, tamaño poblacional y unidades económicas, ya que por ejemplo concentra una población de 1,173,351 personas. En contraste, Iztapalapa comparte con la anterior, problemas como urbanización, tamaño poblacional y unidades económicas, pero se acentúan conflictos con fugas de agua, desabasto de agua y reportes de mala calidad, por lo que son problemas que tendrían que atenderse para cubrir las necesidades de 1,835,486 personas. Finalmente, en Tlalpan la urbanización es también un problema común con las otras dos alcaldías, pero fugas de agua y reportes de mala calidad acentúan su problemática y la asemeja a Iztapalapa en cuanto a los factores que las hacen vulnerables.

Contrastan por su baja vulnerabilidad las alcaldías de Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa, pero esto no quiere decir que no tengan problemas. Por ejemplo, Milpa Alta tiene que actuar en implementar medidas de adaptación ya que aparentemente su baja vulnerabilidad se debe a que buena parte del suministro de agua se lleva a cabo por abastecimiento de pipas. Magdalena Contreras por su parte tiene espacios de oportunidad en la corrección de fugas de agua y desabasto de agua. Por su parte Cuajimalpa podría esforzarse en implementar el tratamiento de agua.

Los índices calculados en este estudio (Anexo 4) y la evidencia empírica generada, hacen evidente que trabajar en la disminución de los valores de los índices de vulnerabilidad logrará alcanzar un abasto adecuado, desde luego, limitando la disponibilidad de agua para uso de los ciudadanos y/o las empresas que la requieren en sus procesos de vida y/o producción. Como se evidenció

anteriormente la vulnerabilidad calculada de las alcaldías (Figura 10) resalta la necesidad de tomar acciones por éstas, y en conjunto como ciudad, pues sólo así se mejorarán y adaptarán las condiciones hídricas que hoy presentan (Naciones Unidas, 2012). La situación es particular para cada alcaldía ya que la demanda varía y depende de factores varios, Por ejemplo, la correlación entre el PIB, urbanización y abastecimiento de agua no es siempre positiva. Así, llama la atención que alcaldías como Iztapalapa, Tlalpan y Gustavo A. Madero que tienen amplia urbanización (en promedio 105.7, 53.8 y 75.7 km<sup>2</sup> respectivamente) y reciben mayor cantidad de agua, participan de manera limitada en el PIB. Esta situación sugiere que utilizan el agua más para consumo doméstico y no para contribuir a los bienes y servicios que generan el PIB. Este acercamiento permitió reconocer 11 situaciones que deben ser consideradas prioritarias y que requieren cada una de manera particular un estudio para aplicar acciones de mitigación. Una ventaja de esta metodología es que se puede evaluar si estas medidas son efectivas a través del tiempo, ya que se verá reflejado en si la vulnerabilidad incrementa o se reduce.

Problemas con evidente necesidad de acción:

1.- Crecimiento acelerado. Las Alcaldías de Iztapalapa y Gustavo A. Madero ejemplificaron el problema, ambas comparten altas tasas de población con el mayor grado de urbanización a lo largo del período de estudio y, en consecuencia, ocupan el nivel más alto de vulnerabilidad dentro de la Ciudad de México. La Alcaldía de Tlalpan es un caso preocupante ya que ha registrado un acelerado crecimiento urbano (en el 2005 tenía un área de 45.7 km<sup>2</sup> de urbanización que pasó a 65.6 km<sup>2</sup> en el 2015) en los últimos años y ocupa una de las áreas de recarga imprescindibles del Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En contraste, Milpa Alta y Cuajimalpa representan áreas con la tasa de crecimiento urbano más bajas (en promedio 14.6 km<sup>2</sup> y 15.6 km<sup>2</sup>

respectivamente) y además tienen las tasas de población más bajas (en promedio 128,135 y 186,413 habitantes respectivamente), lo que ciertamente las ubica como alcaldías menos vulnerables de la Ciudad de México, junto con Magdalena Contreras.

Otros estudios alrededor del mundo detallan a profundidad las alteraciones de los procesos de urbanización en el ciclo hidrológico natural. Sin embargo, algunos de ellos indican que los efectos sobre el acuífero no siempre son adversos, como en el caso de Hyderabad, en India, donde las fugas de agua juegan un papel vital en la recarga del acuífero (Wakode et al., 2018) En la Ciudad de México, el agua perdida por fugas también puede contribuir a la recarga del acuífero. Aún así, es fundamental señalar que estos limitan el cumplimiento de proveer agua en cantidad suficiente a la población y a sus unidades económicas.

2.- Personas expuestas. En este estudio se observó que no todas las alcaldías están creciendo en número de población, hay algunas que están decreciendo como Azcapotzalco, Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A Madero, Iztacalco, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza. De acuerdo con SEDUVI esta despoblación se debe a los altos costos de la vivienda, por lo que la gente se ha trasladado a la periferia de la ciudad, lo que genera desgaste físico y mental en los largos viajes a sus puestos de trabajo y gastos económicos (Magallanes, 2016).

Sin embargo, en total la Ciudad está creciendo en su número de habitantes (al 2020 se alcanzó la cifra de 9,209,944 personas; INEGI, 2020). Este indicador resultó clave para la evaluación ya que las alcaldías con mayor índice de vulnerabilidad son las más pobladas como Iztapalapa y Gustavo A. Madero, en contraste con la menos pobladas resultaron con menor vulnerabilidad como Milpa Alta, Cuajimalpa y Magdalena Contreras.

Los índices de urbanización, tamaño poblacional y vulnerabilidad tienen mucha similitud y sugieren que las alcaldías de forma individual y la ciudad liderando el esfuerzo deben revisar, adecuar y generar proyectos y programas enfocados a lograr una mejor planeación en su crecimiento, tomando en cuenta el cuidado de los espacios y la naturaleza que se afectan por su incremento, mala administración y débil responsabilidad ciudadana.

3.- Empresarios y emprendedores. La concentración de industrias en las alcaldías Iztapalapa, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero hace que el suministro de agua en éstas tenga que ser muy grande. Es bien conocido la presencia en ellas de fábricas de refrescos y cervezas que requieren de grandes cantidades del líquido (Lara, 2019), así como restaurantes que también necesitan de una alta dotación de agua para mantener sus establecimientos en óptimas condiciones de limpieza, salubridad e higiene (Velasco Ruiz, 2020). De estas tres alcaldías en las que se invierten altas cantidades de agua sólo Cuauhtémoc participa con un alto PIB, lo que sugiere que de cierta forma retribuye por recibir este líquido. Las otras dos alcaldías deberían de alguna forma contribuir al balance de su vulnerabilidad ya que en cuanto al PIB se localizan en la media de la contribución de la CDMX. Llama la atención que las alcaldías con menor urbanización, Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa son quienes poseen menores unidades económicas (INEGI, 2014). Por lo que podrían de manera planeada estudiar el impulso de éstas en su jurisdicción, lo que les ayudaría también a elevar su contribución al PIB. En otras palabras, las grandes empresas están ubicadas en las alcaldías más vulnerables y por lo mismo tienen mayores unidades económicas. En contraste, el menor PIB generado en las otras alcaldías se puede deber a la ausencia de estos grandes comercios y la mayor cantidad de pequeñas empresas, que aun en conjunto no compiten con los grandes establecimientos.

Es un hecho que el agua está relacionada con las actividades económicas, como lo demuestra Arabia Saudita, uno de los países más ricos de Oriente Medio. Además de la explotación petrolera, basaron su economía en la agricultura de oasis (Beaumont, 1977; Hidroconta, 2020) Sin embargo, si continúan con la tasa actual de extracción de agua, considerando el aumento poblacional, podrían enfrentar una severa crisis hídrica (Hidroconta, 2020).

4.- Pérdida del Tesoro. Se encontró que la mayor participación de fugas de agua se encuentra concentrada en las alcaldías Coyoacán, Tlalpan e Iztapalapa, mientras que en donde menos participación o posiblemente menos fugas de agua hay fueron Milpa Alta, Cuajimalpa y Venustiano Carranza. No existen datos que permitan un cálculo de la longitud y antigüedad de la infraestructura hídrica vs el número de fugas, pero a priori se puede pensar que esta relación esconde una realidad que debe explorarse.

Ciudades con importantes problemas de fugas como Tokio han desarrollado uno de los sistemas de agua más eficientes del mundo. Utilizan tecnología capaz de detectar y reponer las fugas de agua, lo que ha reducido a la mitad la cantidad de agua desperdiciada por la ciudad en los últimos años, beneficiando a la población (C40 Cities, 2012).

5.- Reto por cumplir. A diferencia de los reportes de fugas de aguas es más fácil que la gente reporte los desabastos de agua, como lo ejemplifican Iztapalapa, Benito Juárez y Cuauhtémoc, en contraste están aquellas con pocos reportes de desbaste como Milpa Alta, Cuajimalpa y Tláhuac. La distribución de agua también puede influir en esta situación a través de tuberías. En otros lugares (por ejemplo, Sao Paulo, Brasil y California, EE. UU.), La escasez de agua o los eventos de sequía

se enfrentan siguiendo planes estrictos que incluyen restricciones en el uso del agua (Cambareri, 2017).

6.- Participación activa. Si bien no se tienen específicamente los parámetros que indiquen que tan buena o mala es la calidad del agua, el número de reportes es buen proxy de la situación y de manera importante incluye la participación de los habitantes por cada alcaldía. En donde se encontró más participación en este sentido fueron en las alcaldías de Iztapalapa, Xochimilco y Tlalpan. Es importante mencionar que de acuerdo con (Mazari-Hiriart et al., 2019) en Iztapalapa y Xochimilco se observa una alta vulnerabilidad en la calidad del agua. Por otro lado, las alcaldías menos participativas o posiblemente con mejor calidad de agua fueron Magdalena Contreras, Milpa Alta y Cuajimalpa. Nuevamente el reparto por pipas puede generar un acercamiento sesgado a este problema, pero por el momento es el único que genera una percepción de la calidad del agua.

En calidad del agua, Estados Unidos tiene uno de los suministros de agua más seguros del mundo (World Health Organization, 2011). El Servicio Geológico de EE. UU. Recopila, monitorea, analiza y proporciona una comprensión científica de las condiciones de los recursos naturales, en este caso, el agua (USGS, 2021). Estas iniciativas permiten mantener informada a la población sobre las características del agua y la implementación de iniciativas similares urge en las alcaldías y la Ciudad de México.

7.- Entrega del Tesoro. Los casos de Iztapalapa, Tlalpan y Gustavo A. Madero resaltan sobre los demás ya que son las alcaldías que más agua reciben, sin embargo, el número de habitantes es tan alto, que la distribución del recurso es más limitada por habitante. Por otro lado, están las alcaldías

que menos agua reciben como Cuajimalpa, Tláhuac e Iztacalco, en donde no se observó que sean las alcaldías con menor número de habitantes, por lo que la distribución del líquido depende de otros factores ajenos al número de habitantes.

Otros países de Oriente Medio o África del Norte enfrentan situaciones aún más difíciles con altas tasas de crecimiento poblacional, lo que resulta en una menor cantidad de agua per cápita. Actualmente, implementan estrategias enfocadas a incrementar la oferta, como la desalinización, tratamiento y reutilización de aguas residuales (Roudi-Fahimi et al., 2002).

#### 8.- Recuperando el preciado líquido.

Los sistemas de tratamiento de agua residual existentes han disminuido su eficiencia respecto a la producción y calidad de agua debido a los costos de mantenimiento, rehabilitación y/o sustitución, poca implementación de tecnología de punta y de nuevos procesos de saneamiento (de la Vega Salazar, 2012). Posiblemente lo anterior sea parte de la explicación del por qué hay alcaldías donde no se trata el agua como Benito Juárez, Cuajimalpa y Venustiano Carranza.

Los estudios muestran los beneficios de tratar las aguas residuales, especialmente en África, donde luchan por acceder a cantidades adecuadas para satisfacer sus necesidades. Principalmente, estas aguas se pueden utilizar para diversos fines, como el riego de jardines y procesos industriales (Adewumi et al., 2010). Siguiendo el ejemplo de Sudáfrica, la Ciudad de México y sus alcaldías pueden encontrar amplias oportunidades para implementar la reutilización del agua.

9.- Riqueza y presupuesto. El PIB de la CDMX se encuentra concentrado prácticamente en dos alcaldías, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, lo que demuestra la necesidad de equilibrar el desarrollo

económico en el resto de las alcaldías posiblemente con programas que ayuden a los pequeños negocios a crecer en cuanto su economía se refiere (Gobierno de México, n.d.). Si bien no es un indicador que refleje directamente la situación hídrica de cada alcaldía, si da una buena idea de cómo está su economía para enfrentar problemas de desbaste (Espinosa Osnaya, 2017), los cuales son problemas que generalmente se solucionan con pipas de agua, pero que en ocasiones son los mismos ciudadanos que pagan con sus propios recursos (comentario personal que hicieron algunos de los habitantes de la alcaldía de Tlalpan).

10.- Dividiendo el recurso. La dotación de agua incide en la de adaptación de cada alcaldía, ya que teóricamente entre más agua le corresponda a cada habitante mejorará notablemente su índice de vulnerabilidad (Quintero, 2020). Sin embargo, los resultados sugieren que hay que cuidar otros aspectos con relación al agua y que además es necesario equilibrar este suplemento en todas las alcaldías ya que hay grandes variaciones de cada una de éstas. Destaca el caso de Xochimilco por contar con la mayor dotación de agua, pero aún así pasó a tener vulnerabilidad Moderada a Muy Alta en 2015 (Tabla 9). Por su humedal y sistema tradicionalmente chinampa, Xochimilco es reconocido por su cultura y valor ambiental y representa uno de los desafíos de sustentabilidad más importantes de la Ciudad de México (Jiménez et al., 2020).

El caso de Tlalpan aún es mas grave que el caso de Xochimilco ya que pasó de tener vulnerabilidad Alta a Muy Alta en el 2015 y tuvo la mayor dotación de agua en este periodo, convirtiéndola en la segunda receptora de dotación del líquido. La medida de dotación de agua tiene cierta relatividad en cuanto la disposición de agua por habitante ya que no todas las personas tienen el mismo acceso y dotación de agua en las alcaldías, especialmente si se consideran los asentamientos urbanos irregulares (García Mata, 2014; Gómez-Valdez & Palerm-Viqueira, 2015). En ellos no hay conexión a la

red urbana de agua potable y en consecuencia recurren a otros medios para su abastecimiento, como agua de pozo, ríos y arroyos, cisternas, agua embotellada y conducciones de agua (Espinosa Osnaya, 2017; Gómez-Valdez & Palerm-Viqueira, 2015; Revollo-Fernández & Rodríguez-Tapia, 2021) Desafortunadamente este sistema conlleva altos costos económicos y mala calidad de agua. Xochimilco y Tlalpan resultan ser paradójicos ya que, aunque tienen la mayor dotación de agua por habitante su índice de vulnerabilidad va en aumento. La situación sugiere que en ambos casos su situación puede agravarse aún más si la dotación de agua disminuye, lo cual se ve reflejado claramente en Tlalpan en donde se observa una importante disminución en su dotación (Tabla 9). En contraste, las alcaldías que le siguen a Tlalpan y Xochimilco con respecto a dotación de agua son Milpa Alta y Magdalena Contreras quienes tienen vulnerabilidad Muy Baja. Esta situación vuelve a sugerir que Milpa Alta y Magdalena Contreras desarrollan prácticas importantes para combatir la vulnerabilidad hídrica que deben ser analizados para estudiar su aplicación en otras alcaldías. Por otro lado, las alcaldías con menos dotación de agua son Tláhuac, Venustiano Carranza, Cuajimalpa e Iztapalapa. En donde las dos primeras tienen índice de vulnerabilidad Medio, pero sorprendentemente el caso de Cuajimalpa a pesar de no contar con alta dotación su vulnerabilidad es Muy baja. Lo anterior es un ejemplo de que no necesariamente se deben tener grandes cantidades de agua para disminuir el índice de vulnerabilidad, se pueden satisfacer las necesidades básicas con una buena administración de recurso.

A nivel mundial, la Ciudad de México es una de las ciudades donde más agua se consume, con un suministro de agua de hasta 360 litros por habitante (Ordoñez, 2019) a diferencia de países como Perú, donde se promedia 163 litros de agua por día por habitante. (Huaquisto Cáceres & Chambilla Flores, 2019). Sin embargo, en el propio Perú existen diferencias significativas en la provisión de agua ya que hay lugares como San Isidro, Lima y Miraflores donde los consumos alcanzan los 477

y 436 litros por persona respectivamente, mientras que en zonas como Puno apenas llegan a los 100 litros. por persona (Huaquisto Cáceres & Chambilla Flores, 2019) Los casos de suministro de agua más significativos están por encima de los recomendados por la OMS, 100 litros por día.

11.-Cosecha de lluvia. Otra medida de adaptación que buscan reducir la vulnerabilidad es la cosecha de agua de lluvia realizada por la Asociación Isla Urbana. Ésta es una medida de adaptación a nivel local, que a largo plazo puede tener un impacto positivo en la recarga del acuífero. La medida debe desarrollarse en la totalidad de la CDMX ya que por el momento el esfuerzo realizado ha beneficiado únicamente a tres alcaldías, Iztapalapa, Tlalpan y Xochimilco (Figura 12).

Desde luego que su contribución depende del número de sistemas de agua de lluvia instalados y el periodo en que se evalué esta medida. La importancia de este trabajo radica en el aporte de estos sistemas a mitigar el problema a nivel local como lo sugiere su contribución en alcaldías con vulnerabilidad Muy Alta, Iztapalapa y Tlalpan, y Alta en Xochimilco.

La necesidad de sistemas que almacenen agua de lluvia es evidente ya que podría ayudar a otras alcaldías a reducir su nivel de vulnerabilidad. Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón y Coyoacán son considerados prioritarios por tener Muy Alta vulnerabilidad en el primero y Alta en los otros dos. El impacto de una acción de adaptación como esta se puede ver de inmediato o a largo plazo, pero sin duda ayudará a gestionar mejor la escasez de agua en alcaldías y ciudades (Brooks, 2003; Corfee-Morlot et al., 2011). En las alcaldías mencionadas, el tiempo y otras acciones paralelas resaltarán el valor de la cosecha de agua.

Nótese que en la Ciudad de México hay una situación paradójica. Es una ciudad con abundante agua y, al mismo tiempo, carece de ella (Eakin et al., 2017; Hamouda et al., 2009; Perló Cohen &

González Reynoso, 2005) .Llueve en abundancia de junio a octubre, lo que provoca que gran parte de la ciudad sufran inundaciones, a diferencia de otros países donde las condiciones climáticas hacen que las precipitaciones sean erráticas y muy variables, como Sudán, Etiopía y Egipto (Hamouda et al., 2009). Sin embargo, la Ciudad de México aún no almacena agua de lluvia (aunque hay proyectos que la planifican), y esta ventaja casi no se aprovecha para satisfacer la economía del agua.

La vulnerabilidad aumenta con el tiempo y algunos factores no resuelven el problema; al contrario, lo califican. Por ejemplo, la Ciudad de México es uno de los principales consumidores de agua embotellada por la mala calidad del agua en la casa o por la percepción que tienen los ciudadanos de que la calidad no es apta para beber (Pacheco-Vega, 2015) Esta situación hace que las familias tengan que invertir parte de sus ingresos en la compra de agua embotellada. Este gasto afecta más a las familias de bajos ingresos. Por otro lado, la falta de continuidad en el suministro de agua en la casa ha llevado a familias y ahora obligatorias constructoras a incorporar tanto tanques de agua subterráneos (cisternas) como techos (tinacos). Una situación también representa un gasto adicional para las familias<sup>1</sup>.

Un tercer factor sería el cambio climático. Los impactos de esta situación ya están ocurriendo. En el caso de las lluvias, el incremento de eventos hidrometeorológicos extremos produce graves inundaciones que afectan a la Ciudad no preparada (Vera Pérez & López Blanco, 2010) Por el contrario, las sequías prolongadas conducirán a un aumento significativo en el consumo de recursos hídricos y afectarán negativamente a las fuentes de suministro al reducir los niveles de almacenamiento (Martínez et al., 2015).

---

<sup>1</sup> com. Pers. Zamora-Saenz, I., 2021.

Los procesos o medidas de adaptación a la vulnerabilidad hídrica requieren de coordinación y decisiones consensuadas que involucren a agentes privados, empresas, sociedad civil, organismos públicos y gobiernos a nivel local, regional y nacional, incluyendo agencias internacionales (Adger et al., 2005). El análisis de índices como urbanización y habitantes resalta componentes esenciales que requieren atención por parte de la alcaldía y el jefe de gobierno de la Ciudad de México. Dentro de las alcaldías se espera que las acciones acerquen a la ciudadanía y al gobierno para señalar problemas, señalar deficiencias, sugerir campañas de mejoramiento, tramitar permisos de uso o modificación del suelo, etc. El propio gobierno del Municipio debe ser un intermediario para promover acciones en la ciudad, nivel donde las propuestas de las diferentes alcaldías se puedan unir y enfocar mejor.

La forma en que se dividen las responsabilidades del agua en México complica su correcta administración en los diferentes niveles de gobierno. Por ejemplo, el Gobierno Federal, a través de CONAGUA, administra el agua del país, mientras que SACMEX administra el agua que llega a la ciudad. Desafortunadamente, a nivel de gobierno municipal, no hay un responsable de la distribución del agua. Sin embargo, los gobiernos municipales reciben comentarios y quejas sobre el servicio de agua y envían la información a SACMEX.

Cualquier política en la que intervengan las autoridades para reducir la vulnerabilidad debe involucrar a la sociedad de manera central e insustituible. La comunidad necesita conocer los mecanismos que causan vulnerabilidad (Adger, 2006) y, al mismo tiempo, debe poder actuar en diferentes escalas que comprometan a las personas con un mejor cuidado del agua (Turner, Matson, et al., 2003).

Los resultados obtenidos en este estudio y su discusión revelan la necesidad de incrementar la cantidad y calidad de los datos para realizar estudios cada vez más detallados y enfocados en

problemas particulares. Por ejemplo, contar con datos para argumentar mejor la necesidad de reducir la vulnerabilidad con un enfoque en salud generará mejores proyectos con un apoyo firme y sólido. También es necesario que se realicen estudios sobre la distribución del agua por cañerías y la calidad del agua que recibían las familias ya que es una fuente alternativa de abastecimiento de agua que con los datos actuales no se podría considerar. No es menos importante obtener datos directos sobre la disponibilidad de abastecimiento de agua de fuentes externas ya que en este trabajo estimamos estos datos a partir de información de la SEDEMA.

La vulnerabilidad medida al día muestra condiciones agravadas por otras amenazas diversas como sequía, escasez, daños y mal mantenimiento de la infraestructura<sup>2</sup>, falta de conciencia y educación ciudadana, escaso compromiso social y gubernamental, etc. El mundo se enfrentó a una pandemia del virus SARS-CoV-2 (COVID-19). Entre las medidas establecidas para combatir el virus se encuentran el lavado frecuente de manos, la limpieza de objetos y la práctica de la higiene en general. El cumplimiento de estas medidas requiere grandes cantidades de agua, como sucedió con la influenza en 2009. Cuando el mundo enfrentó esta última, el consumo aumentó aproximadamente en un 30% (Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, 2011) Dada la incertidumbre sobre la duración de la pandemia por COVID 19, el consumo de agua puede aumentar y durar indefinidamente. Esta situación pone de relieve la necesidad de reducir la vulnerabilidad como medida de precaución frente a futuras amenazas para la salud.

Según datos publicados por el Gobierno de la Ciudad de México, las alcaldías con mayor número de casos de COVID 19 han sido Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan (Gobierno de la Ciudad de México, 2020). Las mismos alcaldías de este estudio tienen mayor índice de vulnerabilidad para

---

<sup>2</sup> Actualmente está en acción el programa de sectorización de la actual administración para disminuir las fugas de agua en la red, el cual busca disminuir la vulnerabilidad hídrica.

2015. La tendencia de esta vulnerabilidad hídrica es creciente, como lo ejemplifican los casos de Tlalpan y Xochimilco, que incrementaron sus niveles de vulnerabilidad, lo que sugiere que los gobiernos de las alcaldías en cuestión no están preparados para enfrentar amenazas que ponen en riesgo la salud.

## CONCLUSIÓN

Este trabajo destaca que cada alcaldía tiene su propio grado de vulnerabilidad (que va de muy bajo a muy alto) con base en la combinación de los indicadores seleccionados para exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Se observó que la vulnerabilidad hídrica prácticamente se ha mantenido en el tiempo en la mayoría de las alcaldías con excepción de Cuajimalpa que fue la única alcaldía que disminuyó su grado de vulnerabilidad, pasando de Baja (en el 2005) a Muy Baja en el 2010 y 2015. En contraste Xochimilco pasó de tener vulnerabilidad Media en el período 2005 y 2010 a Vulnerabilidad Alta en el 2015, por su parte Tlalpan pasó de tener vulnerabilidad Alta en el período 2005-2010 a Muy Alta en el período 2015.

De acuerdo a los datos obtenidos para dotación de agua y considerando que la OMS recomienda que para satisfacer las necesidades básicas de población se necesitan 150 l/día/habitante si hay agua suficiente para los habitantes de Ciudad de México, sin embargo es importante resaltar que existe desigualdad en la distribución del líquido y que la disponibilidad de agua que se consideró en este estudio no solo es para uso doméstico, también se incluyen los usos agrícola, industrial, público urbano, pecuario, recreativo, comercial o servicios y generación de energía eléctrica. Por lo que a pesar de que las alcaldías con mayor vulnerabilidad, como lo son Gustavo A. Madero e Iztapalapa, alcanzan una dotación en promedio de 215 y 213 l/día/habitante respectivamente, la cantidad de agua que reciben no los exenta de tener dicha vulnerabilidad.

Existe una estrecha relación entre las recientes medidas de adaptación implementadas por alcaldía (como lo es la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia, *SCALL*) con la vulnerabilidad

hídrica obtenida en este trabajo. De acuerdo al grado de vulnerabilidad obtenido es congruente la instalación de SCALL en las zonas con mayor vulnerabilidad hídrica como lo son Iztapalapa, Tlalpan y Xochimilco, sin embargo, se hace evidente la necesidad de implementar esta medida en otras alcaldías como Álvaro Obregón, Coyoacán y especialmente en Gustavo A. Madero.

Las observaciones realizadas con los indicadores utilizados confirman que la alta densidad poblacional y la expansión de la mancha urbana en la CDMX han provocado inestabilidad en el recurso hídrico (Comisión Nacional del Agua, 2014; CONAGUA, 2012b). En este mismo rubro de crecimiento urbano, la pavimentación disminuye la recarga del acuífero pues genera una capa impermeable que impide que el agua se infiltre al subsuelo (CONAGUA, 2012b). Inevitablemente esta situación complica la dotación de servicios y drenaje, que influye en las descargas de aguas residuales sin tratamiento en sistemas naturales como ríos y lagos, o contaminando pozos de absorción o incluso la calle (Ezcurra, 1996). El verter las aguas residuales a cauces de agua sin tratamiento, mezclando estas aguas con la de lluvia limita la cantidad de agua que podría ser utilizada para cubrir parte de la demanda, especialmente en las alcaldías que presentaron mayor índice de vulnerabilidad (Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan, seguidos de Álvaro Obregón, Coyoacán y Xochimilco).

Estos problemas continúan creciendo y junto con la extracción intensiva de los acuíferos que abastecen a la CDMX [Zona Metropolitana Ciudad de México (507,364,770 M de m<sup>3</sup> anuales), Texcoco (465,367,701 M de m<sup>3</sup> anuales) y Chalco-Amecameca (128, 379,363 M de m<sup>3</sup> anuales)] han llevado al transporte y utilización de agua de otras cuencas para cubrir la demanda.

Entre los esfuerzos del Gobierno de la Ciudad de México destaca la rehabilitación de la red de agua potable (p. ej. Rehabilitación de pozos) y drenaje (p. ej. Programas de rehabilitación de drenaje profundo y de plantas de bombeo de aguas residuales y pluviales) con el impulso de tecnologías

innovadoras (algunas propuestas por el IMTA) que incluyen la mejora de la eficiencia de la red existente y la disminución de fugas de agua (Gobierno de la Ciudad de México, 2021). Como ejemplo entre agosto del 2019 y julio del 2020 se asignó un presupuesto de 408.62 millones de pesos en donde se cambiaron 93.36 km de líneas de agua potable en la ciudad y el trabajo continúa); mientras que para el desalojo de agua se construyeron y rehabilitaron colectores y atarjeas del drenaje (p. ej. Del 1 de agosto de 2019 al 31 de julio de 2020, se concluyeron los trabajos de sustitución de 6,001 km en nueve atarjeas ubicadas en las alcaldías Benito Juárez, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza y Xochimilco; la rehabilitación de 15.270 km de longitud de la red de drenaje, por presencia de grietas, en la alcaldía Iztapalapa, y la sustitución de 3.319 km en ocho colectores de las alcaldías Azcapotzalco, Benito Juárez, Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Xochimilco, con un presupuesto global de \$154.2 millones en beneficio de 150,000 personas; Gobierno de la Ciudad de México, 2021). Sin embargo, se observa que no hay acciones que involucren a la ciudadanía hacia acciones sostenibles en el sector hídrico. Por ejemplo, se recomienda hacer campañas masivas que inviten a los ciudadanos a llevar a cabo acciones pequeñas como reducir el consumo y reutilizar el agua; bañarse en regadera en lugar de tina; cerrar el grifo mientras se lava los dientes, enjabona el cuerpo o al afeitarse; utilizar la lavadora con carga completa; no tirar objetos no degradables o contaminantes por el inodoro; usar regaderas ahorradoras; regar las plantas por la mañana o después de las 6 de la tarde; no tirar aceites por la tarja; reducir el consumismo ya que para la elaboración de cada objeto se utiliza cierto volumen de agua; poner una cubeta hasta que salga el agua caliente de la regadera y reusar esa agua; reparar fugas al interior de la casa, y reportar fugas en la calle entre otras acciones (Fundación Aquae, S/D).

Además de las pequeñas acciones se pueden llevar a cabo unas más elaboradas como la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia, modificación de piscinas para el mismo propósito y modificación de lavamanos para que el agua residual sea utilizada para el inodoro.

Pese a los esfuerzos en mejora y ampliación de infraestructura se registran distintos niveles de vulnerabilidad hídrica en cada alcaldía. La tendencia en algunas de ellas ha sido mantener a lo largo de 15 años vulnerabilidad Muy Alta y Alta, como Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Álvaro Obregón y Coyoacán. Esta situación enfatiza la urgencia de actuar no solo en estas alcaldías que reflejan problemas extremos, sino en otras cuyos indicadores sugieren alto riesgo de alejarse de prácticas sustentables, como por ejemplo Xochimilco y Tlalpan.

El índice de vulnerabilidad generado en este estudio para cada alcaldía resalta zonas con los mayores retos hacia un desarrollo sustentable, como son Gustavo A. Madera, Iztapalapa y Tlalpan, así como zonas menos vulnerables con mayor potencial de implementar medidas que ayuden a mejorar el manejo en sus recursos hídricos, entre ellas, Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa. Estas alcaldías son contrastantes en cuanto a densidad de población, infraestructura hídrica y urbanización, lo que sugiere que es indispensable aumentar la invitación a la sociedad de las alcaldías Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan para mejorar el uso y cuidado del agua. Se debe actuar, por ejemplo, en el gran número de fugas y reportes de mala calidad del agua.

Otra consecuencia, especialmente del crecimiento urbano no planificado, son los asentamientos urbanos irregulares en la ciudad (que son en mayor número en las alcaldías de Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco abarcando el 86.5% del total de la superficie ocupada) los cuales reciben agua de manera inconsistente, el agua es de mala calidad o no están conectados a la red de agua ni al drenaje. Esto desata una serie de consecuencias que afectan tanto a la sociedad como al ambiente, ya que en caso de no contar con las redes de abasto y descarga se buscan soluciones transitorias,

costosas e inadecuadas. Entre estas soluciones destacan dos, la primera es el acceso al agua mediante pipas; la segunda es descargar las aguas residuales sin tratamiento alguno al subsuelo. Por lo que una recomendación es prestar especial atención al papel de los asentamientos urbanos irregulares, ya que en ellos existe una carencia significativa de infraestructura hidráulica, alta densidad poblacional y un impacto sustancial en la recarga del acuífero mediante la impermeabilización del suelo (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial, 2010).

La Ciudad de México en su conjunto, bajo las condiciones actuales, tiene un grado de vulnerabilidad muy preocupante (Velasco Gutiérrez, 2014). Esta situación sugiere que existe disponibilidad de agua para los ciudadanos con los recursos hídricos actuales. Sin embargo, no podemos posponer la toma de medidas que promuevan la sostenibilidad. Los estudios futuros deben considerar la densidad de población, el grado de actividad económica y la participación de la sociedad. Inevitablemente se deben agregar índices que exploren el papel de la concentración de la población en condiciones de pobreza y las características de la infraestructura hidráulica (Corfee-Morlot et al., 2009)

Las observaciones realizadas destacan que la vulnerabilidad social es un concepto difícil de cuantificar, pero que involucra elementos cuantitativos que giran en torno a la sociedad, el medio ambiente y la economía, los cuales deben ser evaluados en el tiempo y reflejar el estado y compromiso de las alcaldías y el gobierno de la Ciudad de México.

Los resultados alcanzados indican que las principales causas sociales, ambientales y económicas que constituyen la vulnerabilidad social son parte y consecuencia del sistema de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México. Como resultado de procesos en los que los humanos participan activamente y que casi siempre se pueden prevenir.

El estudio destaca la necesidad de actuar sobre la vulnerabilidad de manera conjunta de las alcaldías, la Ciudad de México y, en ocasiones, incluso el Gobierno Federal, además de las organizaciones no gubernamentales, la sociedad y las iniciativas privadas (por ejemplo, (Acevedo et al., 2013).

Otro punto de interés que destaca este estudio es la importancia de conocer el estado del sistema y familiarizarse con su evolución para explorar medidas que ayuden a abordar posibles impactos negativos (Eakin & Lemos, 2010). Conocer la vulnerabilidad ayuda a gestionar las crisis o evitarlas, facilitando la planificación y ayudando a implementar la sostenibilidad. Esta acción limitará las condiciones adversas y permitirá medidas preventivas. Una reflexión final aplicable a cualquier otra ciudad que enfrente escasez de agua sería que ningún grupo o autoridad única es responsable de los problemas del agua. Debe ser atendido a diferentes escalas (Cash et al., 2006) por los niveles de autoridad local, regional y superior (Arreguín Cortés et al., 2010) y la sociedad en general, incluida la academia y el sector privado.

## Glosario

### Agua potable

Se define como aquella que reúne ciertas características de pureza química, física y microbiológica que la hacen apta para el consumo humano. Debe estar prácticamente libre de contaminantes tóxicos y microorganismos patógenos; debe ser transparente, sin color, olor ni sabor. Además, debe tener un bajo contenido en materia orgánica (Ezcurra, 1996).

### PAI

Sistema que incluye 7 baterías de pozos ubicados en la Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo, 8 acueductos, la presa y la planta potabilizadora de Madín y seis plantas de rebombeo (Comisión Nacional del Agua, 2013) En este estudio el PAI se contempla como fuente de abastecimiento externa, ya que de los 218 pozos con los que cuenta 179 provienen de otros estados mientras que sólo 39 se encuentran en la CDMX. Además, la planta potabilizadora Madín se ubica en Naucalpan, Estado de México.

### Forzamiento radiativo

Cambio en el balance entre la radiación solar que entra a la Tierra. y la radiación infrarroja que ésta emite. Se define en Watts por metro cuadrado  $W/m^2$  (Cuatecontzi & Gasca, 2004).

## Paleoclima

Se refiere al clima del pasado. Para reconstruir el clima del pasado se toman en cuenta factores que interactúan entre sí en el tiempo y espacio. Entre estos factores están los cambios en el volumen global de hielo, la variación en el nivel de mar, los ciclos de Milankovich (Lozano et al., 2016)

El clima cambia constantemente y la variedad de éste se refiere a las variaciones en el estado medio y los datos estadísticos, en todas las escalas temporales y espaciales (Reyna et al., 2016).

Anexos

**Anexo 1**

**Disposiciones generales y en materia de sequía y/o escasez de agua de la Ley de Aguas de Distrito Federal**

<b>Ley de Aguas del Distrito Federal</b>			
<b>Título Primero</b>			
<b>Disposiciones Generales</b>			
<b>Capítulo Único</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
5			<p>Toda persona en el Distrito Federal tiene el derecho al acceso suficiente, seguro e higiénico de agua disponible para su uso personal y doméstico, así como al suministro libre de interferencias. Las autoridades garantizarán este derecho, pudiendo las personas presentar denuncias cuando el ejercicio de este se limite por actos, hechos u omisiones de alguna autoridad o persona, tomando en cuenta las limitaciones y restricciones que establece la presente Ley.</p> <p>Cuando se suspenda el servicio de suministro de agua, en caso de uso domestico, de acuerdo con lo previsto en esta Ley, las autoridades garantizarán el abasto de agua para consumo humano a quienes se encuentren en este supuesto, mediante la dotación gratuita a través de carros tanques, hidrantes provisionales o públicos distribuidos en las demarcaciones territoriales, del Distrito Federal o garrafones de agua potable, conforme a criterios poblacionales, geográficos, viales, de accesibilidad y de equidad determinados por el Sistema de Aguas.</p>
6	Autoridades competentes	I	El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente.
		II	El agua es un bien social, cultural, ambiental y económico.
		III	El agua requerida para uso doméstico y personal debe ser salubre, libre de microorganismos patógenos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan riesgo a la salud humana. En consecuencia, el agua debe contener un sabor, olor y color aceptable para cada uso.
		IV	La infraestructura y los servicios hidráulicos deben ser accesibles para toda persona sin discriminación, incluyendo a la población expuesta o marginada, siempre y cuando éstas

			cumplan con las disposiciones legales sobre el uso del suelo en donde habiten o realicen sus actividades económicas.
		V	El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de la toma de decisiones.
		VI	El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y los servicios hidráulicos deben pagarse por su prestación de acuerdo con las disposiciones legales aplicables.
		VII	Toda persona tiene el derecho de recibir y acceder a la información relacionada con la gestión de los recursos hídricos y la prestación de los servicios hidráulicos.
		VIII	La mujer desempeña un papel fundamental en la gestión, ahorro y protección del agua.
		IX	Las autoridades tienen la obligación apoyar a aquellas personas que tienen dificultades para acceder al suministro de agua.
		X	Las autoridades deben adoptar medidas que incluyan el uso de técnicas y tecnologías de bajo costo, una política de precios apropiadas para zonas marginadas o de vivienda popular, así como la adopción de mecanismos institucionales que prevean beneficios laborales para acceder a los servicios hidráulicos de calidad.
		XI	La determinación del pago de los servicios hidráulicos debe basarse en el principio de equidad, asegurando que estos sean accesibles para todos incluyendo a grupos sociales vulnerables.
		XII	La consideración de los atributos de accesibilidad, equidad, sustentabilidad y eficiencia económica para las presentes y futuras generaciones que reduzcan el agotamiento de estos recursos y la contaminación de los cuerpos de agua y los ecosistemas.
		XIII	La adopción de medidas para el monitoreo y evaluación de los recursos hídricos, para el establecimiento de indicadores de sustentabilidad, para la evaluación de los impactos de acciones sobre la disponibilidad del agua; para el incremento del uso eficiente de los recursos hídricos por los usuarios, la reducción de la pérdida del agua en su distribución; y para el establecimiento de mecanismos de respuesta a situaciones de emergencia.
<b>Título Segundo</b>			
<b>De la Competencia</b>			

<b>Capítulo I</b>			
<b>Del Sistema de Aguas de la Ciudad de México</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
7	Sistema de Aguas de la Ciudad de México		Órgano Desconcentrado de la Administración Pública del Distrito Federal, adscrito a la Secretaría del Medio Ambiente, cuyo objeto principal es la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, que fungirá como auxiliar de la Secretaría de Finanzas en materia de servicios hidráulicos conforme a lo dispuesto en el Código Financiero del Distrito Federal.
15	La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales	I	Integrar a la política ambiental las disposiciones que esta Ley establece en materia de conservación y aprovechamiento sustentable del agua, así como de la prevención y control de la contaminación del agua, y su aplicación.
		II	Proteger las cuencas fluviales del agotamiento y degradación de sus suelos y cubierta forestal, así como de actividades perjudiciales que incluyan en sus cauces.
		III	Promover, conjuntamente con la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades, la investigación sobre la contribución de los recursos forestales al desarrollo sustentable de los recursos hídricos.
		IV	Establecer y operar sistemas de monitoreo de la calidad del agua en el Distrito Federal.
		V	Fomentar las mejores prácticas posibles para el uso de productos agroquímicos con miras a reducir al mínimo sus efectos en los recursos hídricos.
		VI	Emitir las normas ambientales para el Distrito Federal con relación al manejo integral de los recursos hídricos, la prestación de servicios del agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, con base en lo establecido en la Ley Ambiental.
		VII	Coordinar y vigilar el registro de descargas de aguas residuales de fuentes fijas que se vierten a los sistemas de drenaje y alcantarillado y demás cuerpos receptores en el Distrito Federal.
		VIII	Establecer y actualizar el registro de descargas de aguas residuales que se viertan en el sistema de drenaje y alcantarillado o a cuerpos receptores en el Distrito Federal.
		IX	Conducir la política relacionada con la construcción de obras hidráulicas.
		X	Otorgar concesiones para la realización de obras y la prestación de los servicios hidráulicos y vigilar su cumplimiento.

		XI	La atención de los demás asuntos que le conceda esta Ley y otros ordenamientos en concordancia con ella y que no estén expresamente atribuidos a la federación o a otras dependencias o entidades de la Administración Pública del Distrito Federal.
16	Sistema de Aguas de la Ciudad de México	I	Elaborar, ejecutar, evaluar y vigilar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica.
		II	Planear, organizar, controlar y prestar los servicios hidráulicos, y los procesos de tratamiento y reúso de aguas residuales coordinándose en su caso con las delegaciones.
		III	Elaborar el padrón de usuarios del servicio público a su cargo.
		IV	Opinar y participar sobre los criterios que la Secretaría incluya en las normas ambientales para el Distrito Federal en materia de manejo integral de los recursos hídricos, de prestación de servicios hidráulicos y el tratamiento y reúso de aguas residuales.
		V	Coadyuvar con la Secretaría de Salud en la medición y control de las condiciones y de la calidad del agua potable abastecida en el Distrito Federal.
		VI	Analizar y proponer a la o el Jefe de Gobierno del Distrito Federal los montos para el cobro de derechos de los servicios hidráulicos a los que esta Ley se refiere, así como programas de financiamiento, inversión y de endeudamiento para proyectos de construcción, conservación y mantenimiento de infraestructura hidráulica.
		VII	Ordenar el tratamiento obligatorio de aguas residuales y el manejo de lodos a las personas físicas o morales que utilicen y contaminen el agua con motivo de los procesos industriales, comerciales o de servicios que realicen.
		VIII	Fungir como auxiliar de la autoridad fiscal en los términos establecidos en el Código Financiero del Distrito Federal para recaudar, comprobar, determinar, administrar, cobrar y enterar ingresos en materia de servicios hidráulicos.
		IX	Suspender y/o restringir los servicios hidráulicos a inmuebles y tomas conforme a las disposiciones establecidas en la presente Ley y el Código Financiero del Distrito Federal.
		X	Restringir el suministro de agua potable a los usuarios cuando por causas de fuerza mayor el abastecimiento sea insuficiente.
		XI	Vigilar la aplicación de políticas de extracción de las fuentes de abastecimiento y recarga de acuíferos, así como del uso y explotación de pozos particulares, expedidas por la autoridad Competente.

		XII	Establecer los criterios técnicos para la prestación de servicios hidráulicos por las delegaciones y propiciar la coordinación entre los programas sectorial y delegacionales, atendiendo tanto a las políticas de gobierno como a las disponibilidades presupuestales.
		XIV	Llevar a cabo los estudios y proponer la necesidad de otorgar concesiones para la realización de obras y la prestación de los servicios hidráulicos y vigilar su cumplimiento.
		XV	Promover la sustitución del agua potable por agua tratada en cualquier actividad incluyendo la agropecuaria.
		XVI	Proponer mecanismos fiscales y financieros tendientes a fomentar la inversión privada y social en proyectos hidráulicos.
		XVII	Ejecutar programas urbanos de drenaje y evacuación de las aguas pluviales.
		XVIII	Proyectar, ejecutar y supervisar las obras hidráulicas necesarias así como controlar las inundaciones, los hundimientos y movimientos de suelo cuando su origen sea hidráulico.
		XIX	Construir presas de captación y almacenamiento de agua pluvial, así como colectores marginales a lo largo de las barrancas y cauces para la captación de agua.
		XX	Construir en las zonas de reserva ecológica, áreas verdes, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, con  el fin de incrementar los niveles de agua de los mantos freáticos, en coordinación con la Comisión Nacional del Agua.
		XXI	Realizar las acciones necesarias que eviten el azolve de la red de alcantarillado y rescatar, sanear, proteger y construir las instalaciones para aprovechar las aguas de los manantiales y pluviales que circulan por barrancas y cauces naturales.
		XXII	Verificar que la tecnología que emplean las empresas constructoras de viviendas, conjuntos habitacionales, espacios agropecuarios, industriales, comerciales y de servicios, sea la adecuada para el ahorro de agua.
		XXIII	Promover mediante campañas periódicas e instrumentos de participación ciudadana, el uso eficiente del agua y su conservación en toda las fases del ciclo hidrológico, e impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital, escaso, finito y vulnerable mediante la educación ambiental; así como programar, estudiar y realizar acciones para el aprovechamiento racional del agua y la conservación de su calidad.

		XXIV	Promover campañas de toma de conciencia para crear en la población una cultura de uso racional del agua y su preservación.
		XXV	Fomentar opciones tecnológicas alternas de abastecimiento de agua y saneamiento, así como la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías, equipos, sistemas y procesos para el manejo integral de los recursos hídricos.
		XXVI	Promover la optimización en el consumo del agua, la implantación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, su reúso, y aprovechamiento de aguas pluviales, así como la restauración y protección de los mantos freáticos.
		XXVII	Aplicar las normas ambientales del Distrito Federal y las normas oficiales mexicanas en las materias relacionadas con la presente Ley.
		XXVIII	Vigilar el cumplimiento y aplicación de la presente ley, en las materias de su competencia, y aplicar las sanciones y ejercer los actos de autoridad en la materia que no estén reservados al Jefe  de Gobierno del Distrito Federal.
18	Delegaciones	I	Ejecutar los programas delegacionales de obras para el abastecimiento de agua potable y servicio de drenaje y alcantarillado a partir de redes secundarias, conforme a la autorización y normas que al efecto expida el Sistema de Aguas.
		II	Prestar en su demarcación territorial los servicios de suministro de agua potable y alcantarillado que mediante acuerdo le otorgue el Sistema de Aguas, atendiendo los lineamientos que al efecto se expidan así como analizar y emitir opinión en relación con las tarifas correspondientes.
		III	Aplicar las disposiciones de su competencia establecidas en el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos y el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
		IV	Dar mantenimiento preventivo y correctivo a las redes secundarias de agua potable, drenaje y alcantarillado, conforme a la autorización y normas que al efecto expida el Sistema de Aguas, así  como coadyuvar en la reparación de fugas.
		V	Atender oportuna y eficazmente las quejas que presente la ciudadanía, con motivo de la prestación de servicios hidráulicos de su competencia.
<b>Título Tercero</b>			
<b>De la Política de Gestión Integral de los Recursos Hídricos</b>			
<b>Capítulo I</b>			

<b>Disposiciones Generales</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
20			La política de gestión integral de los recursos hídricos en el Distrito Federal entendida como el proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, suelo y recursos relacionados, de manera que maximice el bienestar social, económico y ambiental resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas.
<b>Capítulo II</b>			
<b>De los Instrumentos de Política</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
31	La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales		Sistematizará y pondrá a disposición del público la información relativa a la gestión integral de los recursos hídricos, la prestación de los servicios hidráulicos y el tratamiento y reúso de aguas residuales, mediante los mecanismos establecidos en el capítulo correspondiente de la Ley Ambiental, sin perjuicio de la debida reserva de aquella información protegida por las Leyes.
<b>Título Cuarto</b>			
<b>De la Conservación, Aprovechamiento Sustentable y Prevención y Control de la Contaminación del Agua</b>			
<b>Capítulo Único</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
36	Sistema de Aguas de la Ciudad de México	I	Construirá en las zonas de reserva ecológica y áreas verdes del Distrito Federal, tinas ciegas, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, en sitios propicios y preferentemente en zonas de alta permeabilidad, de acuerdo a su viabilidad técnica.
		II	Realizar las acciones necesarias para evitar el azolve de la red de drenaje por materiales arrastrados por el deslave de barrancas y cauces naturales. Asimismo deberá rescatar, sanear, proteger y construir las instalaciones necesarias para aprovechar las aguas de los manantiales y Las pluviales que circulan por barrancas y cauces naturales.
		III	Para la recarga de mantos freáticos deberán preferirse las aguas pluviales debidamente filtradas. Las aguas residuales tratadas que se usen para la recarga de acuíferos, deberán cumplir  en todo momento con las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal.
		IV	Será responsable de promover en las zonas urbanas y rurales, la captación, almacenamiento y uso eficiente del agua pluvial

			como recurso alternativo, desarrollando programas regionales de orientación y uso de este recurso.
		V	Vigilar que no se desperdicie el agua en obras nuevas a cargo de empresas constructoras, ya se trate de vivienda en conjuntos habitacionales, o la construcción de espacios destinados a actividades agropecuarias, industriales, comerciales y de servicios.
38			En el Distrito Federal no se podrá destruir árboles o cubiertas forestales importantes para la recarga de mantos acuíferos, que estén situados en pendientes, orillas de caminos rurales y demás vías de comunicación, así como los árboles que puedan explotarse sin necesidad de cortarlos.
<b>Título Quinto</b>			
<b>De la Prestación de los Servicios Hidráulicos</b>			
<b>Capítulo I</b>			
<b>Disposiciones Generales</b>			
Artículo	Responsable/objetivo	Fracción	Disposición
50	Jefe de Gobierno a través del Sistema de Aguas		La prestación de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, y en su caso, de tratamiento de aguas residuales y su reúso constituye un servicio público.  Los servicios hidráulicos a cargo de las autoridades no podrán prestarse a quienes habiten en asentamientos humanos irregulares en el suelo de conservación.
<b>Capítulo II</b>			
<b>Del Servicio de Agua Potable</b>			
Artículo	Responsable/objetivo	Fracción	Disposición
52	El Sistema de Aguas y, en su caso las delegaciones proporcionarán los servicios de agua potable considerando los siguientes usos prioritarios:	I	Doméstico y unidades hospitalarias.
		II	Industrial y Comercial.
		III	Servicios Público Urbanos.
		IV	Recreativos, y los demás que se proporcionen en las zonas fuera de la infraestructura hidráulica del Distrito Federal.
54	Gobierno del Distrito Federal		<b>Prestación del servicio público y distribución de agua para consumo humano en cantidad y calidad suficiente para la población del Distrito Federal, su suministro no podrá suspenderse o restringirse, salvo en los casos en que se</b>

			<b>acredite la falta de pago de los derechos correspondientes de dos o mas periodos, consecutivos o alternados.</b>
55	Sistema de Aguas de la Ciudad de México		Cuando exista escasez de agua o se presente cualquier otra situación contingente que exija restricciones en su suministro, limitará el servicio a la satisfacción de necesidades mínimas. En estos casos, las restricciones se harán previa información de los motivos  por los cuales se restringe el servicio a la población afectada.
61	Sistema de Aguas de la Ciudad de México podrá restringir o suspender, según el caso, el servicio de agua potable, cuando:	I	Exista escasez de agua en las fuentes de abastecimiento.
		II	Se requiera hacer alguna reparación o dar mantenimiento a la infraestructura.
		III	A solicitud del usuario; para hacer trabajos de remodelación, construcción o cualquier otra actividad que implique la necesidad justificada de suspender el servicio.
		IV	Por no cumplir con las demás obligaciones contenidas en la presente Ley, su Reglamento, el Código Financiero del Distrito Federal y demás ordenamientos jurídicos aplicables.
61 BIS	Sistema de Aguas de la Ciudad de México		<b>Analizando el caso en concreto determinará si aplica la suspensión o restricción del servicio de agua potable de uso doméstico, cuando los sujetos obligados omitan el pago de dos bimestres en forma consecutiva o alternada o bien reincidan en declarar consumos menores a los determinados por la autoridad, de los derechos establecidos en el Código Financiero del Distrito Federal, en cuyo caso proporcionará el servicio de suministro de agua potable para las necesidades básicas, considerando 50 litros por persona al día, mediante la dotación a través de carros tanques o hidrantes provisionales o públicos distribuidos en las demarcaciones territoriales, del Distrito Federal y/o vales de garrafones de agua potable en la instalación más cercana del Sistema de Aguas, determinando el monto del servicio dotado, el cual se registrará a cargo del contribuyente, mismo que deberá cubrirlo previo a la reinstalación.</b>  <b>Estarán exentos de lo dispuesto en el párrafo anterior los jubilados, pensionados, las personas de la tercera edad y aquellas con capacidades diferentes.</b>
62	Sistema de Aguas de la Ciudad de México		Dictaminará la factibilidad de otorgamiento del servicio a nuevos  fraccionamientos, conjuntos habitacionales, comerciales, industriales, mixtos o de otro uso, así como en los casos de ampliación o modificación del uso o destino de inmuebles, considerando la disponibilidad del agua y de la infraestructura para su prestación.
<b>Título Séptimo</b>			

<b>De la Administración del Agua y sus Bienes Inherentes</b>			
<b>Capítulo I</b>			
<b>De las Aguas de Jurisdicción del Distrito Federal</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
93			<p>Son aguas de jurisdicción del Distrito Federal, aquellas que se localicen en dos o más predios y que conforme al párrafo quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, reúnan las características de no ser consideradas de propiedad de la Nación y, en su caso, estén asignadas al gobierno del Distrito Federal por la federación.</p>
94	El Jefe de Gobierno del Distrito Federal, a través de La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales		<p>Normará la explotación, uso, aprovechamiento, distribución y control de las aguas asignadas o de jurisdicción del Distrito Federal, en los términos de la presente Ley y su Reglamento.</p>
<b>Capítulo II</b>			
<b>De las Zonas Reglamentadas, Vedas y Reservadas</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
95	El Jefe de Gobierno del Distrito Federal	I	Reglamentar el uso de las aguas asignadas y/o de jurisdicción del Distrito Federal, para prevenir o remediar la sobreexplotación de las mismas así como para establecer limitaciones a los derechos existentes, por escasez, sequía o condiciones extraordinarias.
		II	Declarar zonas de veda para proteger o restaurar uno o más ecosistemas y para preservar las fuentes de agua o protegerlas contra la contaminación.
		III	Decretar reservas de agua para determinados usuarios.
<b>Capítulo III</b>			
<b>De los Bienes Inherentes del Gobierno del Distrito Federal y la Seguridad Hidráulica</b>			
<b>Artículo</b>	<b>Responsable/objetivo</b>	<b>Fracción</b>	<b>Disposición</b>
98	Sistema de Aguas y, en su caso de las delegaciones.		Administrar las aguas residuales de origen público urbano, hasta antes de su descarga en cuerpos de drenaje o corrientes propiedad de la Nación, asignadas o de jurisdicción del Distrito Federal, respectivamente, pudiendo promover su reúso en los términos y condiciones de la presente Ley y su Reglamento.
99		I	Las zonas de protección, en la parte correspondiente a los cauces de corrientes en los términos de la presente Ley.

	Sistema de Aguas de la Ciudad de México estará a cargo de la administración de:	II	Los terrenos ocupados por los vasos de lagos, lagunas o depósitos naturales cuyas aguas sean de jurisdicción del Distrito Federal.
		III	Los cauces de las corrientes de aguas de jurisdicción del Distrito Federal.
		IV	Las zonas de protección contigua a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad del Distrito Federal.
		V	Los terrenos de los cauces y de los vasos de lagos, lagunas o esteros de propiedad del Distrito Federal, descubiertos por causas naturales o por obras artificiales.
		VI	Las obras de infraestructura hidráulica financiadas por el Gobierno Federal, el Gobierno del Distrito Federal, como son: presas, diques, vasos, canales, drenes, bordos, acueductos, unidades de riego y demás construidas para la explotación, uso, aprovechamiento, control de inundaciones y manejo de las aguas del Distrito Federal, en los terrenos que ocupen y con la zona de protección, en la extensión que en cada caso fije el Sistema de Aguas.
102	Jefe de Gobierno del Distrito Federal, a través del Sistema de Aguas		Podrá reducir o suprimir mediante declaratoria la zona de protección o restauración, el derecho de vía, el derecho de servicio, corrientes, presas, lagos y lagunas asignadas o de patrimonio del Distrito Federal, así como la zona de protección de la infraestructura hidráulica, en las porciones comprendidas dentro del perímetro de la zona urbana.
104	La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales	II	Determinar la operación de la infraestructura hidráulica para el control de las avenidas y tomar las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos hidrometeorológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones necesarias para prevenir y atender las zonas de emergencia afectadas por dichos fenómenos.

Fuente: Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2015.

**Anexo 2****NORMALIZACIÓN**

Alcaldía	Año	EXPOSICIÓN			SENSIBILIDAD			CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		
		Area urb. (km <sup>2</sup> )	Pobl.	Unid. Econ.	Rep. Fug..	Rep. Desa.	Rep.mala	Trat. de ag.	Disp. Ag.	PIB
Alvaro Obregón	2005	0.37	0.35	0.23	0.91	0.82	0.32	1	0.54	0.6
	2010	0.38	0.35	0.23	1	0.77	0.47	0.93	0.55	0.66
	2015	0.39	0.36	0.22	0.63	0.58	0.17	0.97	0.54	0.56
Azcapotzalco	2005	0.24	0.18	0.20	0.22	0.09	0.24	0.99	0.63	0.84
	2010	0.23	0.17	0.20	0.31	0.28	0.13	0.99	0.63	0.74
	2015	0.19	0.16	0.16	0.13	0.23	0.38	1	0.63	0.79
Benito Juárez	2005	0.15	0.14	0.29	0.23	0.45	0.04	1	0.72	0.69
	2010	0.15	0.15	0.29	0.21	0.62	0.08	1	0.72	0.67
	2015	0.12	0.17	0.27	0.18	1	0.1	1	0.72	0.58
Coyoacán	2005	0.33	0.3	0.25	0.42	0.86	0.18	0.86	0.48	0.88
	2010	0.33	0.29	0.25	0.8	0.8	0.27	0.91	0.45	0.87
	2015	0.33	0.28	0.25	1	0.71	0.66	0.91	0.46	0.91
Cuajimalpa de Morelos	2005	0.03	0.03	0.01	0.1	0.12	1	1	1	0.95
	2010	0.03	0.03	0.01	0.13	0.15	0.06	1	1	0.85
	2015	0.03	0.04	0.01	0.07	0.1	0.08	1	1	0.83
Cauhtémoc	2005	0.22	0.24	0.96	0.1	0.2	0.15	0.99	0.67	0

<b>Gustavo A. Madero</b>	2010	0.2	0.24	0.96	0.2	0.44	0.03	0.99	0.68	0
	2015	0.18	0.23	0.87	0.24	0.92	0.16	1	0.67	0
	2005	0.67	0.63	0.64	0.78	0.54	0.12	0.85	0.37	0.92
<b>Iztacalco</b>	2010	0.7	0.63	0.64	0.89	0.66	0.09	0.85	0.4	0.92
	2015	0.65	0.61	0.60	0.33	0.8	0.42	0.90	0.39	0.93
	2005	0.12	0.16	0.17	0.12	0.12	0.49	0.93	0.88	0.91
<b>Iztapalapa</b>	2010	0.11	0.15	0.17	0.21	0.15	0.14	0.94	0.87	0.94
	2015	0.08	0.15	0.16	0.19	0.41	0.41	0.95	0.87	0.95
	2005	1	1	1	1	1	0.58	0	0	0.87
<b>La Magdalena Contreras</b>	2010	1	1	1	0.78	1	1	0	0	0.88
	2015	1	1	1	0.53	0.95	1	0	0	0.82
	2005	0.01	0.07	0.01	0.21	0.05	0	1	0.8	0.98
<b>Miguel Hidalgo</b>	2010	0.01	0.06	0.01	0.29	0.23	0	1	0.8	0.99
	2015	0	0.06	0	0.35	0.21	0	0.99	0.8	0.99
	2005	0.22	0.14	0.26	0.2	0.16	0.16	0.92	0.64	0.37
<b>Milpa Alta</b>	2010	0.23	0.14	0.26	0.43	0.38	0.22	0.93	0.64	0.09
	2015	0.22	0.13	0.26	0.47	0.49	0.16	0.96	0.64	0.17
	2005	0	0	0	0	0	0.12	0.97	0.95	1
<b>Milpa Alta</b>	2010	0	0	0	0	0	0.08	0.99	0.94	1
	2015	0.05	0	0	0	0	0.03	0.99	0.94	1

<b>Tláhuac</b>	2005	0.22	0.13	0.13	0.19	0.08	0.3	0.90	0.95	0.99
	2010	0.24	0.14	0.13	0.13	0.14	0.16	0.88	0.95	0.99
	2015	0.25	0.13	0.14	0.15	0.19	0.6	0.95	0.95	0.99
<b>Tlalpan</b>	2005	0.39	0.29	0.24	0.57	0.71	0.03	0.98	0.23	0.87
	2010	0.42	0.31	0.24	0.72	0.75	0.27	0.98	0.22	0.85
	2015	0.51	0.32	0.27	0.28	0.77	0.97	0.98	0.23	0.89
<b>Venustiano Carranza</b>	2005	0.23	0.19	0.37	0.08	0.31	0.06	1	0.87	0.92
	2010	0.21	0.18	0.37	0.15	0.15	0.16	1	0.87	0.88
	2015	0.19	0.17	0.36	0.08	0.36	0.41	1	0.87	0.94
<b>Xochimilco</b>	2005	0.2	0.17	0.17	0.12	0.14	0.37	0.94	0.48	0.97
	2010	0.26	0.17	0.17	0.16	0.15	0.3	0.96	0.45	0.96
	2015	0.30	0.16	0.18	0.25	0.19	0.93	0.97	0.46	0.97

**Anexo 3****ASIGNACIÓN DE PESOS**

Año		EXPOSICIÓN			SENSIBILIDAD			CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		
		Area urb. (km <sup>2</sup> )	Pobl.	Unid. Econ.	Rep. Fug..	Rep. Desa.	Rep.mala	Trat. de ag.	Disp. Ag.	PIB
2005	<b>Desviación estandar</b>	22.93	423212.21	20720.04	1587.1	2724.81	238.47	519.57	1143.61	129758.21
	<b>Peso</b>	0.844	0	0.0009	0.012	0.01	0.081	0.04	0.02	0
2010	<b>Desviación estandar</b>	23.44	418758.4	20720	1595.8	2090.5	186.9	488.84	1109.1	189751.3
	<b>Peso</b>	0.819	0	0.001	0.012	0.009	0.103	0.39	0.017	0
2015	<b>Desviación estandar</b>	25.37	418295.1	21221.9	1082.9	2042.7	104.3	538.57	1144	237155.4
	<b>Peso</b>	0.74	0	0.001	0.016	0.008	0.180	0.035	0.016	0

## Anexo 4

### CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Alcaldía	Año	EXPOSITION			SENSITIVITY			ADAPTIVE CAPACITY			ÍNDICE (Z)
		Area urb. (km <sup>2</sup> )	Pobl.	Unid. Econ.	Rep. Fug..	Rep. Desa.	Rep.mala	Trat. de ag.	Disp. Ag.	PIB	
	2005	0.312	0.00002	0.000214	0.011	0.0058	0.03	0.037	0.01	0.0001	0.40
<b>Alvaro Obregón</b>	2010	0.311	0	0.000212	0.012	0.007	0.048	0.036	0.009	0.000067	0.43
	2015	0.287	0.00001	0.000172	0.0098	0.0048	0.027	0.030	0.008	0.00004	0.37
	2005	0.200	0.00001	0.000187	0.003	0.0006	0.02	0.37	0.01	0.0001	0.27
<b>Azcapotzalco</b>	2010	0.185	0	0.000186	0.004	0.003	0.013	0.039	0.011	0.000075	0.25
	2015	0.140	0.00001	0.000131	0.0021	0.0019	0.062	0.031	0.009	0.00006	0.25
	2005	0.128	0.00001	0.000274	0.003	0.0032	0	0.037	0.01	0.0001	0.19
<b>Benito Juárez</b>	2010	0.119	0	0.000272	0.002	0.006	0.008	0.039	0.012	0.000067	0.19
	2015	0.086	0.00001	0.000213	0.0027	0.0083	0.016	0.031	0.011	0.00004	0.16
	2005	0.274	0.00001	0.000231	0.005	0.0061	0.01	0.032	0.01	0.0001	0.34
<b>Coyoacán</b>	2010	0.268	0	0.000229	0.01	0.007	0.028	0.036	0.008	0.000088	0.36
	2015	0.241	0.00001	0.000196	0.0156	0.0058	0.107	0.028	0.007	0.00006	0.40
	2005	0.023	0	0.000008	0.001	0.0009	0.08	0.037	0.02	0.0001	0.16
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	2010	0.020	0	0.000008	0.002	0.001	0.006	0.039	0.017	0.000086	0.09
	2015	0.021	0	0.000007	0.0011	0.0008	0.013	0.031	0.015	0.00006	0.08

	2005	0.182	0.00001	0.000900	0.001	0.0014	0.01	0.037	0.01	0	0.25
<b>Cuahtémoc</b>	2010	0.165	0	0.000893	0.002	0.004	0.003	0.039	0.012	0	0.23
	2015	0.129	0.00001	0.000692	0.0037	0.0076	0.025	0.031	0.01	0	0.21
	2005	0.569	0.00003	0.000599	0.01	0.0039	0.01	0.032	0.01	0.0001	0.63
<b>Gustavo A. Madero</b>	2010	0.573	0	0.000594	0.011	0.006	0.01	0.033	0.007	0.000093	0.64
	2015	0.484	0.00002	0.000476	0.0052	0.0066	0.068	0.028	0.006	0.00007	0.60
	2005	0.101	0.00001	0.000161	0.001	0.0008	0.04	0.035	0.01	0.0001	0.19
<b>Iztacalco</b>	2010	0.087	0	0.000160	0.003	0.001	0.014	0.037	0.015	0.000095	0.16
	2015	0.056	0.00001	0.000131	0.0029	0.0033	0.065	0.030	0.013	0.00007	0.17
	2005	0.844	0.00005	0.000934	0.012	0.0071	0.05	0	0	0.0001	0.91
<b>Iztapalapa</b>	2010	0.81	0	0.000926	0.009	0.009	0.103	0	0	0.000089	0.94
	2015	0.740	0.00004	0.000794	0.0083	0.0078	0.162	0	0	0.00006	0.92
	2005	0.008	0	0.000011	0.003	0.0003	0	0.037	0.01	0.0001	0.06
<b>La Magdalena Contreras</b>	2010	0.007	0	0.000011	0.004	0.002	0	0.039	0.014	0.0001	0.07
	2015	0.00	0	0.000004	0.0055	0.0017	0	0.031	0.012	0.00007	0.05
	2005	0.189	0.00001	0.000247	0.002	0.0011	0.01	0.034	0.01	0.0001	0.25
<b>Miguel Hidalgo</b>	2010	0.188	0	0.000245	0.005	0.004	0.023	0.036	0.011	0.000009	0.27
	2015	0.164	0.00001	0.000210	0.0073	0.0041	0.026	0.030	0.009	0.00001	0.24
	2005	0	0	0.000000	0	0	0.01	0.036	0.02	0.0001	0.06
<b>Milpa Alta</b>	2010	0	0	0.000000	0	0	0.008	0.039	0.016	0.000101	0.06

	2015	0.035	0	0.000000	0	0	0.005	0.031	0.014	0.00007	0.09
	2005	0.188	0.00001	0.000124	0.002	0.0005	0.02	0.034	0.02	0.0001	0.27
<b>Tláhuac</b>	2010	0.198	0	0.000122	0.002	0.001	0.016	0.035	0.016	0.0001	0.27
	2015	0.187	0.00001	0.000109	0.0023	0.0016	0.098	0.030	0.014	0.00007	0.33
	2005	0.325	0.00001	0.000227	0.007	0.005	0	0.036	0	0.0001	0.38
<b>Tlalpan</b>	2010	0.342	0	0.000225	0.009	0.007	0.028	0.038	0.004	0.000086	0.43
	2015	0.377	0.00001	0.000218	0.0044	0.0064	0.157	0.031	0.003	0.00006	0.58
	2005	0.191	0.00001	0.000349	0.001	0.0022	0.01	0.037	0.01	0.0001	0.25
<b>Venustiano Carranza</b>	2010	0.175	0	0.000346	0.002	0.001	0.016	0.039	0.015	0.000089	0.25
	2015	0.144	0.00001	0.000282	0.0012	0.003	0.065	0.031	0.013	0.00007	0.26
	2005	0.170	0.00001	0.000157	0.001	0.001	0.03	0.035	0.01	0.0001	0.25
<b>Xochimilco</b>	2010	0.210	0	0.000156	0.002	0.001	0.031	0.037	0.008	0.000097	0.29
	2015	0.224	0.00001	0.000142	0.00394	0.0016	0.151	0.030	0.007	0.00007	0.42
			a			b					
		2005	2010	2015	2005	2010	2015				
		1.13	0.97	1.011	2.59	2.20	2.14				

Anexo 5

CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Alcaldía	Año	Índice (Z)	Ajuste del índice a la función de distribución beta	Percentil	Grado de Vulnerabilidad
<b>Alvaro Obregón</b>	2005	0.402	0.697	70%	Alta
	2010	0.425	0.712	71%	Alta
	2015	0.368	0.622	62%	Alta
<b>Azcapotzalco</b>	2005	0.271	0.507	51%	Media
	2010	0.255	0.487	49%	Media
	2015	0.247	0.451	45%	Media
<b>Benito Juárez</b>	2005	0.188	0.361	36%	Baja
	2010	0.187	0.377	38%	Baja
	2015	0.155	0.299	30%	Baja
<b>Coyoacán</b>	2005	0.341	0.615	62%	Alta
	2010	0.357	0.631	63%	Alta
	2015	0.405	0.668	67%	Alta
<b>Cuajimalpa de Morelos</b>	2005	0.162	0.312	31%	Baja
	2010	0.087	0.189	19%	Muy Baja
	2015	0.083	0.165	17%	Muy Baja
<b>Cuauhtémoc</b>	2005	0.247	0.467	47%	Media
	2010	0.226	0.442	44%	Media

		2015	0.208	0.400	40%	Media
		2005	0.631	0.910	91%	Muy alta
<b>Gustavo A. Madero</b>		2010	0.640	0.899	90%	Muy alta
		2015	0.599	0.858	86%	Muy alta
		2005	0.193	0.372	37%	Baja
<b>Iztacalco</b>		2010	0.158	0.326	33%	Baja
		2015	0.172	0.328	33%	Baja
		2005	0.911	0.998	100%	Muy alta
<b>Iztapalapa</b>		2010	0.940	0.998	100%	Muy alta
		2015	0.920	0.995	100%	Muy alta
		2005	0.062	0.116	12%	Muy baja
<b>La Magdalena Contreras</b>		2010	0.066	0.147	15%	Muy baja
		2015	0.050	0.101	10%	Muy baja
		2005	0.251	0.474	47%	Media
<b>Miguel Hidalgo</b>		2010	0.268	0.507	51%	Media
		2015	0.242	0.443	44%	Media
		2005	0.063	0.116	12%	Muy baja
<b>Milpa Alta</b>		2010	0.063	0.141	14%	Muy baja
		2015	0.086	0.171	17%	Muy baja
<b>Tláhuac</b>		2005	0.266	0.499	50%	Media

<b>Tlalpan</b>	2010	0.269	0.509	51%	Media
	2015	0.333	0.576	58%	Media
	2005	0.381	0.669	67%	Alta
	2010	0.429	0.716	72%	Alta
	2015	0.579	0.842	84%	Muy Alta
<b>Venustiano Carranza</b>	2005	0.252	0.476	48%	Media
	2010	0.250	0.480	48%	Media
	2015	0.259	0.469	47%	Media
<b>Xochimilco</b>	2005	0.246	0.465	47%	Media
	2010	0.290	0.540	54%	Media
	2015	0.418	0.684	68%	Alta

**Anexo 6**

Respuesta de solicitud de gasto promedio anual para los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 y 2019 de agua potable que se suministraron a las 16 alcaldías. Además, las aportaciones de las fuentes externas.



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN GENERAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE APOYO TÉCNICO Y PLANEACIÓN  
DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA  
SUBDIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE  
MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ciudad de México, 23 de abril de 2019

Oficio Número: GCDMX-SEDEMA-SACMEX-DG-DGATP-DT-SMEMTI-1018803/2019 -  
Asunto: Agua Potable suministrada de 1985 a 2019

**MTRA. BERENICE CRUZ MARTÍNEZ**  
SUBDIRECTORA DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA  
P R E S E N T E

Atendiendo la solicitud de Información Pública con número de folio 0324000036219 del C. Alma Rosa Huerta Vergara, se envían los gastos del promedio anual del año 1990 a marzo de 2019 de agua potable que se suministraron a las 16 Alcaldías, además de los sistemas PAI, Cutzamala, Lerma y Chiconautla que constituyen aportaciones de fuentes externas. Le comento que no existe información del año 1985.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
SUBDIRECTOR DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS  
DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

  
**ING. LUIS RICARDO ABELA GISBERT**

		GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	
DIRECCIÓN DE CONCERTACIÓN CIUDADANA			
FECHA:	23 ABR. 2019	18:15	HORA
RECIÓ:	Janier Lagunas ANEXOS: 1 Anexo		
SUBDIRECCIÓN DE UNIDAD DE TRANSPARENCIA			
<small>Los datos personales proporcionados serán protegidos de acuerdo a la Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados de la Ciudad de México, al deseó contactar a través en que tiene el teléfono y la dirección. En su momento podrá encontrar la página www.sacmex.org.mx</small>			

Copias SIGOB:  
M.I. Ignacio Noriega Rioja – Director de Tecnologías - SACMEX

Respuesta de solicitud de Reportes de fugas de agua y su ubicación por mes registrados para los periodos 2000, 2005, 2010, 2015 y 2019.



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN DE CONCERTACIÓN CIUDADANA  
SUBDIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA

**CIUDAD DE MÉXICO A 12 DE AGOSTO DE 2019**

**SACMEX/UT/894-1/2019**

**CIUDAD DE MÉXICO CIUDAD DE MÉXICO CIUDAD DE MÉXICO  
P R E S E N T E.**

Conforme a los artículos 2, 199 y 212, de la Ley de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Rendición de Cuentas de la Ciudad de México y en respuesta a su solicitud de información pública con número de folio 0324000089419, mediante la cual solicita diversa información.

Al respecto el J.U.D. de seguimiento del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, envía información solicitada en archivo electrónico respecto de los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2019, por lo que hace a los años 1990 y 1995, se informa que no cuenta con registros.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

**MTRA. BERENICE CRUZ MARTINEZ  
SUBDIRECTORA DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA**

SCM/MI#

Nezahualcóyotl 127, Piso 8, Col. Centro, Alcaldía Cuauhtémoc, C. P. 06080, Ciudad de México Tel. 57280000

Respuesta de solicitud de Reportes de fugas de agua y su ubicación por mes registrados para el período anual del 2000 al 2018.



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN DE CONCERTACIÓN CIUDADANA  
SUBDIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA

**CIUDAD DE MÉXICO A 14 DE OCTUBRE DE 2019**

**SACMEX/UT/1244/2019**

**CIUDAD DE MÉXICO  
P R E S E N T E.**

Conforme a los artículos 2, 199 y 212, de la Ley de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Rendición de Cuentas de la Ciudad de México y en respuesta a su solicitud de información pública con número de folio 0324000124419, mediante la cual solicita diversa información.

Derivado de lo anterior, el Jefe de la Unidad Departamental de Seguimiento del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, a través del archivo que se adjunta, envía la información solicitada, mediante el cual otorga respuesta a la solicitud antes mencionada.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

**MTRA. BERENICE CRUZ MARTINEZ  
SUBDIRECTORA DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA**

**B04F.LV**

Respuesta a la solicitud de Número de reportes de desabasto de agua en las 16 alcaldías de la Ciudad de México para para el período anual del 2000 al 2018.

---



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN DE CONCERTACIÓN CIUDADANA  
SUBDIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA

**CIUDAD DE MÉXICO A 04 DE OCTUBRE DE 2019**  
**SACMEX/UT/1205/2019**

**CIUDAD DE MÉXICO**  
**P R E S E N T E.**

Conforme a los artículos 2, 199 y 212, de la Ley de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Rendición de Cuentas de la Ciudad de México y en respuesta a su solicitud de información pública con número de folio 0324000120519, mediante la cual solicita diversa información.

Derivado de lo anterior, el Jefe de Unidad Departamental de Seguimiento del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, comunica: al respecto se adjunta en archivo electrónico la información solicitada; mediante el cual otorga respuesta a la solicitud antes mencionada.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

**MTRA. BERENICE CRUZ MARTINEZ**  
**SUBDIRECTORA DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA**

BCMF.LV

Respuesta a la solicitud de Número de reportes de desabasto de agua en las 16 alcaldías de la Ciudad de México para para los periodos 2005, 2010, 2015 y 2019.



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN DE CONCERTACIÓN CIUDADANA  
SUBDIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA

**CIUDAD DE MÉXICO A 12 DE AGOSTO DE 2019**

**SACMEX/UT/907-1/2019**

**CIUDAD DE MÉXICO CIUDAD DE MÉXICO CIUDAD DE MÉXICO  
P R E S E N T E.**

Conforme a los artículos 2, 199 y 212, de la Ley de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Rendición de Cuentas de la Ciudad de México y en respuesta a su solicitud de información pública con número de folio 0324000090719, mediante la cual solicita diversa información.

Al respecto el J.U.D. de Seguimiento del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, envía información solicitada en archivo electrónico respecto de los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2019, por lo que hace a los años 1990 y 1995, se informa que no cuenta con registros.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

**MTRA. BERENICE CRUZ MARTINEZ  
SUBDIRECTORA DE LA UNIDAD DE TRANSPARENCIA**

BCM/MEP

Nezahualcóyotl 127, Piso 8, Col. Centro, Alcaldía Cuauhtémoc, C. P. 06080, Ciudad de México Tel. 57280000

Respuesta a la solicitud de Producto Interno Bruto generado por cada una de las 16 alcaldías de la Ciudad de México brindada para los años 2004, 2009 y 2014.



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO  
DIRECCIÓN EJECUTIVA JURÍDICA Y NORMATIVA  
UNIDAD DE TRANSPARENCIA

Ciudad de México, a 21 de mayo de 2019.  
SEDECO/OSE/DEJyN/UT/850/2019.

Asunto: Respuesta a la solicitud No. 0103000038719

Estimado Solicitante:

Se hace referencia a su solicitud de información No. **0103000038719** de fecha 07 de mayo de 2019, presentada a través del Sistema de Solicitudes de Información INFOMEX, mediante la cual solicita textualmente lo siguiente

***"Producto Interno Bruto generado por cada una de las 16 alcaldías de la Ciudad de México para los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2019"***

Sobre el particular, anexo a la presente copia del oficio SEDECO/DES/155/2019 de fecha 20 de mayo de 2019, recibido en esta oficina el 20 de mayo del presente suscrito por la Mtra. Angélica María Roxana Ailotsue Aguirre Elizondo, Subsecretaria de Desarrollo Económico en el cual envía a la suscrita la respuesta a la solicitud.

Por otra parte y en caso de que esté inconforme con la respuesta a su solicitud, de conformidad con los artículos 233, 234 y 236 de la Ley de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Rendición de Cuentas de la Ciudad de México, hago de su conocimiento que cuenta con un plazo de quince días hábiles, contados a partir de la fecha en que surta efectos la notificación de la presente respuesta, para interponer el Recurso de Revisión, de manera directa, por escrito, por correo certificado o por medios electrónicos, ante el Instituto, o ante la Unidad de Transparencia; o bien por correo electrónico a la dirección: [recursoderevisión@infodf.org.mx](mailto:recursoderevisión@infodf.org.mx), en el caso de que la solicitud se haya presentado por cualquier otro medio como es a través del sistema de atención telefónica (TEL-INFODF).

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

Lic. Luz Griselda Enríquez López  
Responsable de la Unidad de Transparencia

## Bibliografía

- Abellán, A. (2016, April 19). *Los impactos de la urbanización en el ciclo del agua*. IAgua. <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/impactos-urbanizacion-ciclo-agua>
- Aboites, L., Cifuentes, E., Jiménez, B., & Torregrosa, M. L. (2008). Agenda del Agua. In *Academia Mexicana de ciencias* (Primera). [http://www.coniunctus.amc.edu.mx/libros/agenda\\_del\\_agua.pdf](http://www.coniunctus.amc.edu.mx/libros/agenda_del_agua.pdf)
- Acevedo, B., Matthew, B., Johnson, A., & Weiner, J. (2013). *The institutional structure of water policy in the Mexico city Metropolitan Area*.
- Adewumi, J. R., Ilemobade, A. A., & van Zyl, J. E. (2010). Treated wastewater reuse in South Africa: Overview, potential and challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(2), 221–231. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.012>
- Adger, W. N. (1999). Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*, 27(2), 249–269. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00136-3)
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). *New indicators of vulnerability and adaptive capacity* (Issue January).
- Adger, W. N., & Kelly, P. M. (1999). Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3–4), 253–266. <https://doi.org/10.1023/A:1009601904210>
- Almirón, E. (2004). El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre. In Observatorio de Políticas Públicas de Derechos Humanos en el Mercosur (Ed.), *Políticas Públicas de Derechos Humanos en el MERCOSUR* (pp. 217–229). Observatorio de Políticas Públicas de Derechos Humanos en el Mercosur .
- Álvarez-Olguín, G., & Escalante-Sandoval, C. A. (2016). Análisis de frecuencias no estacionario de series de lluvia anual. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7(1).
- Anglés Hernández, M. (2016). Fracturación Hidráulica y su impacto en los derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua y a la salud. In J. M. Ackerman (Ed.), *Fracking: ¿Qué es y cómo evitar que acabe con México?* (pp. 31–57). UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas-Tirant lo Blanch, Humanidades.
- Arreguín Cortés, F., Alcocer Yamanaka, V., Humberto, M. M., Cervantes Jaimes, C., Albornoz Góngora, P., & Salinas Juárez, M. G. (2010). Los retos del agua. In B. Jiménez Cisneros, M. L. Torregrosa y Armentia, & L. Aboites Aguilar (Eds.), *El Agua en México: Cauces y Encauces* (pp. 51–77). Academia Mexicana de Ciencias.

- Arreguín, F. I., López, M., Rodríguez, O., & Montero, M. J. (2015). Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. In *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal, V. L. (2015). *Ley de Aguas del Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2012). *Modelo de Marco Institucional para la Gestión de los Recursos Hídricos en el Valle de México. Primer Informe*.
- Banco Mundial. (2020, March). *El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Barton, J. R. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022009000200001>
- Beaumont, P. (1977). Water and Development in Saudi Arabia. *The Royal Geographical Society*, 143(1), 42–60.
- BID, B. I. de D. (2012). *Marco Institucional de la Gestión de los Recursos Hídricos en el Valle de México*. [http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/IDBDOCS\\_GRH\\_ValleMexico.pdf](http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/IDBDOCS_GRH_ValleMexico.pdf)
- Boyd, R., & Ibararán, M. E. (2009). Extreme climate events and adaptation: An exploratory analysis of drought in Mexico. *Environment and Development Economics*, 14(3). <https://doi.org/10.1017/S1355770X08004956>
- Breña Puyol, A. F., & Breña Naranjo, J. A. (2007). Disponibilidad de agua en el futuro de Mexico. *Ciencia*, 64–71.
- Brooks, N. (2003). *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework* (Issue 38).
- Brooks, N., Adger, W. N., & Kelly, P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2), 151–163. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>
- Bunge, B., Martínez, J., & Ruiz-Bedolla, K. (2012). *Caracterización y escenarios de dinámica hídrica de la Región de aporte del Sistema Cutzamala*. Instituto Nacional de Ecología y cambio climático.
- C40 Cities. (2012). *Tokyo, World Leader in Stopping Water Leakage*. [https://www.c40.org/case\\_studies/tokyo-world-leader-in-stopping-water-leakage](https://www.c40.org/case_studies/tokyo-world-leader-in-stopping-water-leakage)
- Cámara de Diputados. (2009). *Perfil Socioeconómico del Distrito Federal*.
- Cambareri, G. (2017). *Robust Drought Planning in Megacities: A Case Study in São Paulo, Brazil*. [https://scholarworks.umass.edu/cee\\_ewre/82/](https://scholarworks.umass.edu/cee_ewre/82/)
- Cash, D. W., Adger, W. N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L., & Young, O. (2006). Scale and Cross-Scale Dynamics: Governance and Information in a Multilevel World. *Ecology and Society*, 11(2), 8. <https://doi.org/10.5751/es-01759-110208>

- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2014). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres .
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2018, September 13). *Lluvias importantes en la Ciudad de México | Centro Nacional de Prevención de Desastres | Gobierno | gob.mx*. <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/lluvias-importantes-en-la-ciudad-de-mexico>
- Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México. (2011). *Pobreza, agua y cambio climático en la Ciudad de México*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chen, H., & Sun, J. (2019). Increased population exposure to extreme droughts in China due to 0.5 °C of additional warming. *Environmental Research Letters*, 14, 1–9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab072e>
- Chenoweth, J. (2008). A re-assessment of indicators of national water scarcity. *Water International*, 33(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/02508060801927994>
- Comisión Nacional del Agua. (2012a). *Programa Hídrico Regional Visión 2030 Programa Hídrico Regional Visión 2030*.
- Comisión Nacional de Agua. (2012b). *Programa Hídrico Regional Visión 2030* (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ed.). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2013). *Estadísticas del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua.
- Comisión Nacional del Agua. (2014). *Estadísticas del Agua en México*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2015a). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Chalco-Amecameca (1506), Estado de México*.
- Comisión Nacional del Agua. (2015b). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), Estado de México*.
- Comisión Nacional del Agua. (2015c). *Actualización de la Disponibilidad Media Anual de agua en el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México (0901)*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102942/DR\\_0901.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102942/DR_0901.pdf)
- Comisión Nacional del Agua. (2015d). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México (0901). Distrito Federal*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102942/DR\\_0901.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102942/DR_0901.pdf)
- Comisión Nacional del Agua. (2015e). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), Estado de México*.
- Comisión Nacional del Agua. (2017). *Estadísticas del Agua en México*. Ciudad de México.

- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., & Böhner, J. (2015). *System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA)* (v. 2.1.4). *Geosci. Model Dev.*, 8, 1991–2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal. (2010). *Evaluación externa del diseño e implementación de la política de acceso al agua potable del Gobierno del Distrito Federal*.
- Corfee-Morlot, J., Cochran, I., Hallegatte, S., & Teasdale, P. J. (2011). Multilevel risk governance and urban adaptation policy. *Climatic Change*, 104(1), 169–197. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9980-9>
- Corfee-Morlot, J., Kamal-Chaoui, L., Donovan, M. G., Cochran, I., Robert, A., & Teasdale, P.-J. J. (2009). Cities, Climate Change and Multilevel Governance. *OECD Environmental Working Papers*, 14, 1–125. <https://doi.org/10.1787/220062444715>
- Cortés, L. (2021). *Loreta Castro: En ciudades es fundamental crear una cultura del agua*. Milenio. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/loreta-castro-ciudades-fundamental-crear-cultura-agua>
- Cuatecontzi, D. H., & Gasca, J. (2004). Los gases regulados por la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. In J. Martínez, A. Fernández Bremauntz, & P. Osnaya (Eds.), *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 87–98). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529–539. <https://doi.org/10.4324/9781849771542>
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18, 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (2000). Revealing the vulnerability of People and Places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(4), 713–737. <https://doi.org/10.4324/9781849771542>
- de la Vega Salazar, M. Y. (2012). *Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* (Instituto Nacional de Desarrollo Social, Secretaría de Desarrollo Social, & Refugia Centro Para la Conservación de la Ecobiodiversidad, Eds.). Refugia Centro Para La Conservación de la Ecobiodiversidad A. C. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Delgado, G., Zuria, A., & Vázquez, V. (2015). *Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Programa de Investigación en Cambio Climático. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Domínguez de la Torre, A. (2013). *Reconstrucción paleoclimática con base en la diversidad foliar del Mioceno de San Esteban Tizatlán, Tlaxcala, México*.
- Eakin, H., Bojórquez-Tapia, L. A., Janssen, M. A., Georgescu, M., Manuel-Navarrete, D., Vivoni, E. R., Escalante, A. E., Baeza-Castro, A., Mazari-Hiriart, M., & Lerner, A. M. (2017). Urban resilience efforts

- must consider social and political forces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(2), 186–189. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1620081114>
- Eakin, H., & Lemos, M. C. (2010). Institutions and change: The challenge of building adaptive capacity in Latin America. *Global Environmental Change*, 20(1), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.08.002>
- Eakin, H., & Luers, A. L. (2006). Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 365–394. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- Escalante, C., & Reyes, L. (1998). Identificación y análisis de sequías en la Región Hidrológica Número Sinaloa. *Ingeniería Hidráulica En México, XIII*, 23–43.
- Escolero Fuentes, O., Martínez, S. E., Kralish, S., & Perevochtchikova, M. (2009). *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático*. [http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis\\_admin/archivos/agua\\_escolero\\_\\_inffinal\\_org.pdf](http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero__inffinal_org.pdf)
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S. E., & 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.
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, 89. <https://doi.org/10.18234/secuencia.v0i89.1231>
- Espinosa Osnaya, K. (2017). La problemática del agua en Magdalena Petlalco, pueblo de Tlalpan. In B. Canabal Cristiani & N. E. Narchi N. (Eds.), *El agua en los pueblos del sur de la Ciudad de México* (Issue June 2014, pp. 193–199). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- Esquivel-Hernández, G., Sánchez-Murillo, R., Birkel, C., & Boll, J. (2018). Climate and Water Conflicts Coevolution from Tropical Development and Hydro-Climatic Perspectives: A Case Study of Costa Rica. *Journal of the American Water Resources Association*, 54(2), 451–470. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12617>
- Ezcurra, E. (1996). *De las chinampas a la megalópolis. El medio ambiente en la Cuenca de México*. Fondo de Cultura Económica. [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/04/delaschinampas\\_alamegalopolis.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/04/delaschinampas_alamegalopolis.pdf)
- Florescano, E., Sancho, J., & Perez, D. (1980). Las sequías en México : historia , características y efectos. *Comercio Exterio*, 30, 747–757.
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, Centro Mexicano de Derecho Ambiental, & Presencia Ciudadana Mexicana. (2006). *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*. Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, Centro Mexicano de Derecho Ambiental y Presencia Ciudadana Mexicana.
- Ford, J. D., Pearce, T., Mcdowell, G., Berrang-Ford, L., Sayles, J. S., & Belfer, E. (2018). Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research. *Climatic Change*, 151, 189–203. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2304-1>

- Fundación Aqueae. (S/D). Consejos para cuidar el agua. <https://www.fundacionaqueae.org/consejos-para-cuidar-del-agua/>
- García Mata, L. (2014). El agua en los pueblos del sur de la ciudad de Mexico. In B. Canabal Cristiani & N. Narchi N. (Eds.), *El agua en los pueblos del sur de la Ciudad de México* (pp. 201–205). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020, June 9). *Datos de todos los casos asociados de COVID-19 en ciudad de México*. [https://datos.cdmx.gob.mx/pages/covid19/?gclid=Cj0KcQjwiYL3BRDVARIsAF9E4Ge7U8Inemu5s0GnX5\\_s-fwVoi-uwchglN\\_CnCwjxp-7w54BJP\\_ktfYaAgQ9EALw\\_wcB](https://datos.cdmx.gob.mx/pages/covid19/?gclid=Cj0KcQjwiYL3BRDVARIsAF9E4Ge7U8Inemu5s0GnX5_s-fwVoi-uwchglN_CnCwjxp-7w54BJP_ktfYaAgQ9EALw_wcB)
- Gobierno de la Ciudad de México. (2021). *Acerca del SACMEX*. <https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/organo-descentralizado/acerca-sacmex>
- Gobierno de la Ciudad de México, Red del Agua, UNAM, & SACMEX. (2013). *La Crisis del Agua en la Ciudad de México, Retos y Soluciones, Documento Base*.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2021). AGUA PARA TODOS: PROGRAMA INTEGRAL PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. <https://informedegobierno.cdmx.gob.mx/acciones/agua-para-todos-programa-integral-para-mejorar-la-distribucion-y-abastecimiento-de-agua-potable/>
- Gobierno de la República, & Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). *Atlas del Agua en México 2014*. Gobierno de la República y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gobierno de México. (n.d.). *Programa Nacional de Financiamiento al Microempresario | Gobierno | gob.mx*. Retrieved January 25, 2021, from <https://www.gob.mx/pronafim/que-hacemos>
- Gobierno de México. (2017, May 17). *Alcaldías de la CDMX, un cambio de paradigma | Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal | Gobierno | gob.mx*. <https://www.gob.mx/inafed/articulos/alcaldias-de-la-cdmx-un-cambio-de-paradigma?idiom=es>
- Gómez-Valdez, M. I., & Palerm-Viqueira, J. (2015). Abastecimiento de agua potable por pipas en el Valle de Texcoco, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 12(4), 567–586. <https://doi.org/10.22231/asyd.v12i4.246>
- González Cebrián, P. (2018, May 16). *¿Cómo afecta el aumento demográfico a los recursos hídricos? | iAgua*. <https://www.iagua.es/blogs/pablo-gonzalez-cebrian/como-afecta-aumento-demografico-recursos-hidricos>
- González Tánago, I., Urquijo, J., Blauhut, V., Villarroya, F., & de Stefano, L. (2016). Learning from experience: a systematic review of assessments of vulnerability to drought. *Natural Hazards*, 80, 951–973. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2006-1>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

- Hamouda, M. A., Nour El-Din, M. M., & Moursy, F. I. (2009). Vulnerability assessment of water resources systems in the Eastern Nile Basin. *Water Resources Management*, 23(13), 2697–2725. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9404-7>
- Hernández Damian, A., Calvillo Canadel, L., Cevallos Ferriz, S., & Silva Pineda, A. (2013). Inferencia Paleoclimática de la Formación Miocénica en Ixtapa Chiapas, utilizando la fisionomía foliar de los fósiles. *Paleontología Mexicana*, 63, 48–65.
- Hidroconta. (2020). *Arabia Saudí monitoriza la extracción de agua*. <https://hidroconta.com/arabia-saudi-hidroconta/>
- Howard, G., & Bartram, J. (2003). *Domestic Water Quantity, Service, Level and Health*. [https://doi.org/10.1016/S0009-9260\(98\)80189-X](https://doi.org/10.1016/S0009-9260(98)80189-X)
- Huaquisto Cáceres, S., & Chambilla Flores, I. G. (2019). Análisis Del Consumo De Agua Potable En El Centro Poblado De Salcedo, Puno. *Investigacion & Desarrollo*, 19(1), 133–144. <https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- INEGI. (n.d.). *Clima. Distrito Federal*. Retrieved October 19, 2021, from <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me&e=09>
- INEGI. (2014). *Directorio Nacional de Unidades Económicas. DENUÉ*. Censos Económicos 2014; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.
- INEGI. (2015). *Número de habitantes. Ciudad de México*. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- INEGI. (2021). Panorama sociodemográfico de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2021). *Comunicado de prensa num 28/91*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020\\_CdMx.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_CdMx.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC). (2013). Resumen para responsables de políticas. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (pp. 1–27). Cambridge University Press.
- IPCC. (2014a). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. [https://doi.org/http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC\\_WG2AR5\\_SPM\\_Approved.pdf](https://doi.org/http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf)
- IPCC. (2014b). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change* (O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, S. von Stechow, T. Zwickel, & J. C. Minx, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415416>
- Isla Urbana. (2018). *Sistemas de captación de agua de lluvia*. <http://islaurbana.org/>
- Iyengar, N. S., & Sudarshan, P. (1982). A method of classifying regions from multivariate data. *Economic and Political Weekly*, 17(51), 2047–2052.

- Jiménez Cisneros, B. (2010). Los servicios hidráulicos: riesgos y oportunidades. In G. Delgado, C. Gay, M. Imaz, & M. Martínez (Eds.), *México frente al cambio climático* (pp. 83–96). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Programa de Investigación en Cambio Climático, Programa Universitario de Medio Ambiente.
- Jiménez Cisneros, B., Gutiérrez Rivas, R., Marañón Pimentel, B., & González Reynoso, A. (2011). *Evaluación de la Política de Acceso al Agua Potable en el Distrito Federal*. Programa Universitario de estudios sobre la Ciudad, UNAM. <http://www.libros.unam.mx/digital/v5/45.pdf>
- Jiménez, M., Pérez-Belmont, P., Schewenius, M., Lerner, A. M., & Mazari-Hiriart, M. (2020). Assessing the historical adaptive cycles of an urban social-ecological system and its potential future resilience: the case of Xochimilco, Mexico City. *Regional Environmental Change*, 20(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01587-9>
- Kong López, F., & Junyent Pubill, M. (2013). La Construcción de Escenarios de Futuro (CEF) como aportación didáctica y metodológica para una educación (ambiental) creativa, global y sostenible. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 0(Extra).
- Landa, R., Magaña, V., & Neri, C. (2008). *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. Secretaría del Medio Ambiente y recursos naturales .
- Lara, R. (2019, March 22). *El agua que da vida... y cerveza*. <https://expansion.mx/empresas/2019/03/22/dia-del-agua-cerveceras-reducen-consumo-agua-mexico>
- Lozano, S., Roy, P., Correa-Metrio, A., Caballero, M., Carriquiry, J., Figueroa, B., Islebe, G., Luna, L., & Villanueva, J. (2016). Registros paleoclimáticos. In Gay, C. & J. Clemente (Eds.), *Bases científicas. Modelos y modelación, del Reporte de México de Cambio Climático* (pp. 113–130). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magallanes, J. (2016, June 15). *La CDMX se está despoblando ante altos costos de vivienda: Seduvi | MVS Noticias*. <https://mvsnoticias.com/noticias/capital/la-cdmx-se-esta-despoblando-ante-altos-costos-de-vivienda-seduvi-800>
- Magaña, V. (2013). *Guía Metodológica Para La Evaluación De La Vulnerabilidad Ante El Cambio Climático*.
- Martinez, S., Kralisch, S., Escolero, O., & Perevochtchikova, M. (2015). Vulnerability of Mexico city's water supply sources in the context of climate change. *Journal of Water and Climate Change*, 6(3), 518–533. <https://doi.org/10.2166/wcc.2015.083>
- Martínez-Cabrera, H. I., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2008). Palaeoecology of the Miocene El Cien Formation (Mexico) as determined from wood anatomical characters. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 150(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2008.01.010>
- Mazari Hiriart, M., & Noyola Robles, A. (2019). La problemática del agua en México. In L. Merino Pérez (Ed.), *Crisis ambiental en México. Ruta para el cambio* (pp. 27–52). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mazari-Hiriart, M., Cruz-bello, G., Bojórquez-tapia, L. A., Juárez-Marusich, L., Alcantar-lópez, G., Marín, L. E., & Soto-Galera, E. (2006). Groundwater Vulnerability Assessment for Organic Compounds: Fuzzy

- Multicriteria Approach for Mexico City. *Environmental Management*, 37(3), 410–421. <https://doi.org/10.1007/s00267-005-0059-8>
- Mazari-Hiriart, M., Tapia-Palacios, M. A., Zarco-Arista, A. E., & Espinosa-García, A. C. (2019). Challenges and Opportunities on Urban Water Quality in Mexico City. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 169. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00169>
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, D., & López, J. (2014). Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(4), 445–461. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9442-y>
- Naciones Unidas. (2012). Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un Manual para líderes de los gobiernos locales. In *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres*. [http://www.unisdr.org/files/26462\\_manualparalideresdelosgobiernosloca.pdf](http://www.unisdr.org/files/26462_manualparalideresdelosgobiernosloca.pdf)
- Navarro Rodríguez, S. R., & Larrubia Vargas, R. (2006). Indicadores para medir situaciones de vulnerabilidad social. Propuesta realizada en el marco de un proyecto europeo. *Baética Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 1(18), 485–506. <https://doi.org/10.24310/baetica.2006.v1i28.270>
- ONU, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017, El Recurso No Explotado*.
- Ordoñez, J. (2019). *CDMX: ¿Cuánta agua consume un mexicano al día? (Milenio) – Agua.org.mx*. [Agua.Org.Mx. https://agua.org.mx/cdmx-cuanta-agua-consume-un-mexicano-al-dia-milenio/](https://agua.org.mx/cdmx-cuanta-agua-consume-un-mexicano-al-dia-milenio/)
- Ortega-Font, N. M. (2009). La crisis hídrica de la ciudad de México: Dimensiones y alternativas. *Revista casa del tiempo*, 29 (16), 16-21. [http://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/29\\_iv\\_mar\\_2010/casa\\_del\\_tiempo\\_eIV\\_num29\\_16\\_21a.pdf](http://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/29_iv_mar_2010/casa_del_tiempo_eIV_num29_16_21a.pdf)
- Ortega-Gaucin, D., Velasco, I., de la Cruz, J., & Castellano, H. v. (2016). Metodología para calcular índices de vulnerabilidad ante la sequía en los Organismos de Cuenca en México. *Congreso Latinoamericano De Hidráulica*, 10.
- Pacheco-Vega, R. (2015). Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos. *Espiral (Guadalajara), Estudios Sobre Estado y Sociedad*, 22(63), 221–263.
- Padowski, J. C., & Jawitz, J. W. (2012). Water availability and vulnerability of 225 large cities in the United States. *Water Resources Research*, 48(12), 1–16. <https://doi.org/10.1029/2012WR012335>
- Perevochtchikova, M. (2010). La problemática del agua: Revisión de la situación actual desde una perspectiva ambiental. In J. L. Lezama & B. Graizbord (Eds.), *Los grandes problemas de México* (p. 429). El Colegio de México.
- Perevochtchikova, M. (2013). Retos de la información del agua en México para una mejor gestión. *Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional Del Estadística y Geografía, Enero-Abri(1)*, 42–57.

- Pérez Maussan, A. (2016). *Densidad de venas en hojas fósiles de las localidades miocénicas de San Esteban Tizatlán, Tlaxcala e Ixtapa, Chiapas: método para su uso como posible herramienta en la interpretación paleoclimática.*
- Perló Cohen, M., & González Reynoso, A. (2005). *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México.* Universidad Nacional Autónoma de México; Fundación Friedrich Ebert.
- Prieto, R., Colorado, G., & Maya, M. (2015). Escenarios de cambio climático para México. In F. Arreguín, M. López, O. Rodríguez, & M. Montero (Eds.), *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático* (pp. 41–69). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial. (2010). *Estudio sobre el ordenamiento, control y tratamiento integral de los Asentamientos Humanos Irregulares, ubicados en suelo de conservación del Distrito Federal.* Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal.
- QGIS Development Team. (2020). *QGIS Geographic Information System* (3.14.15). Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Quintero, J. (2020, March 22). *El agua, parte del problema, pero también de la solución ante el cambio climático | Noticias ONU.* <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471492>
- Real-Rangel, R. A., Pedrozo-Acuña, A., Agustín Breña-Naranjo, J., & Alcocer-Yamanaka, V. H. (2020). A drought monitoring framework for data-scarce regions. *Journal of Hydroinformatics*, 22(1), 170–185. <https://doi.org/10.2166/hydro.2019.020>
- Revollo-Fernández, D. A., & Rodríguez-Tapia, L. (2021). Unequal Access to Water and Its Affordability for Households in Mexico. *Journal of Poverty*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10875549.2021.1955807>
- Revollo-Fernández, D. A., Rodríguez-Tapia, L., & Morales-Novelo, J. A. (2020). Economic value of water in the manufacturing industry located in the Valley of Mexico Basin, Mexico. *Water Resources and Economics*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2019.01.004>
- Reyna, T., Hernández, M., Granados, G., & Gómez, G. (2016). Algunas condiciones del clima en relación con la agricultura. In O. Moncada & A. López (Eds.), *Geografía de México, Una reflexión espacial contemporánea*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Rockefeller Foundation. (2015). *Evaluación preliminar de resiliencia cdmx.*
- Rolland, L., & Vega Cárdenas, Y. (2010). La gestión del agua en México. *Polis*, 6, 155–188.
- Romero Lankao, P., & Qin, H. (2011). Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 142–149. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2010.12.016>
- Roudi-Fahimi, F., Creel, L., & Mark de Souza, R. (2002). *Finding the Balance: Population and Water Scarcity in the Middle East and North Africa – Population Reference Bureau.* PRB. <https://www.prb.org/findingthebalancepopulationandwaterscarcityinthemiddleeastandnorthafrica/>

- Ruvalcaba Knoth, M. (2016). *Inferencia climática a partir de modelos basados en caracteres anatómicos de la madera de la localidad de San Juan Atzingo, Formación Tehuacán, Puebla, México.*
- Salas Pérez, C., Coy Castro, D., Acuña Ramírez, K., Páez Cuervo, L., & Upegui, E. (2019). Crecimiento urbano e impermeabilización del suelo alrededor de la Reserva Forestal Thomas van der Hammen, en la ciudad de Bogotá. *Ambiente y Desarrollo*, 23(44), 1–16. <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd23-44.cuis>
- Sánchez Rodríguez, R. (2013). *Respuestas urbanas al cambio climático.* Naciones Unidas.
- Sánchez Vargas, A., Estrada Porrua, F., & Gay García, C. (2012). *El cambio climático y la pobreza en el distrito federal.* [http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis\\_admin/archivos/ccypobreza.pdf](http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/ccypobreza.pdf)
- Sanctuary, M., Tropp, H., & Haller, L. (2005). *Making Water A Part of Economic Development: The Economic Benefits of Improved Water Management and Services.* Stockholm International Water Institute. <https://doi.org/10.4324/9780203132937>
- Secretaría de Gobernación, & Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México* (O. Zepeda Ramos & S. González Martínez, Eds.). Centro Nacional de Prevención de Desastres. <http://www.cenapred.unam.mx>
- Sena, J. A., Freitas, M. A. v., de Berrêdo, D., & Fernandes, L. C. (2012). Evaluation of Vulnerability to Extreme Climatic Events in the Brazilian Amazonia: Methodological Proposal to the Rio Acre Basin. *Water Resources Management*, 26(15), 4553–4568. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0166-2>
- Sheinbaum Pardo, C. (2008). *Problemática ambiental de la Ciudad de México.* Limusa.
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (2012). *Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, Visión 20 años.*
- Solano-Rojas, D., Cabral-Cano, E., Hernández-Espriú, A., Wdowinski, S., DeMets, C., Salazar-Tlaczani, L., Falorni, G., & Bohane, A. (2015). La relación de subsidencia del terreno InSAR-GPS y el abatimiento del nivel estático en pozos de la zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2), 273–283. <https://doi.org/10.18268/bsgm2015v67n2a10>
- The Rockefeller Foundation, & Arup. (2014). *City Resilience Framework.* Ove Arup and Partners International Limited. [http://www.seachangecop.org/files/documents/URF\\_Booklet\\_Final\\_for\\_Bellagio.pdf](http://www.seachangecop.org/files/documents/URF_Booklet_Final_for_Bellagio.pdf) <http://www.rockefellerfoundation.org/uploads/files/0bb537c0-d872-467f-9470-b20f57c32488.pdf> <http://resilient-cities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Image>
- Torres-Berdarnino. (2017). *La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los retos hídricos de la CDMX: Gobernanza y sustentabilidad.* Distrito Federal.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matsone, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensene, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>

- Turner, B. L., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Hovelsrud-Broda, G. K., Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., Luers, A., Martello, M. L., Mathiesen, S., Naylor, R., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A., Selin, H., & Tyler, N. (2003). Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *100*(14), 8080–8085. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231334100>
- USGS. (2021). *USGS Water Data for the Nation*. <https://waterdata.usgs.gov/nwis>
- Valiente, OM. (2001). Sequía: Definiciones, tipología y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas*, *26*, 59–80.
- Velasco, G., Becerra, M., Vazquez, I., Skwierinski, A., Haro, M., & Ortega, M. (2014). *Estrategia Local de Acción Climática: Ciudad de México 2014-2020*. Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.
- Velasco Gutiérrez, M. (2014). *Vulnerabilidad del sector hídrico por efectos del cambio climático en México*.
- Velasco Ruiz, J. (2020, June 16). *El abastecimiento de agua en algunas zonas de Castilla y León no es apta para el consumo humano*. <https://www.gndiario.com/abastecimiento-agua-cyl>
- Vera Pérez, M., & López Blanco, J. (2010). Evaluación de amenazas por inundaciones en el centro de México: el caso de Iztapalapa, Distrito Federal (1998–2005). *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, *73*, 22–40.
- Wakode, H. B., Baier, K., Jha, R., & Azzam, R. (2018). Impact of urbanization on groundwater recharge and urban water balance for the city of Hyderabad, India. *International Soil and Water Conservation Research*, *6*(1), 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.10.003>
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, *10*(3), 111–120.
- World Health Organization. (2011). *Guía para la calidad del agua de consumo humano*. único que genera una percepción de la calidad del agua. En calidad del agua, Estados Unidos tiene uno de los suministros de agua más seguros del mundo (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2020). <http://apps.who.int/>
- Zambrano, L. (2017). *Ríos y lagos en ciudades utópicas | La brújula*. <https://labrujula.nexos.com.mx/?p=1266>
- Zarza, L. F. (2021). *¿Qué son las aguas residuales? | iAgua*. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>
- Zitácuaro Contreras, A., Méndez Pérez, J., & Magaña Rueda, V. (2017, May 29). *Diagnóstico de las Tendencias actuales de fenómenos meteorológicos extremos y proyección de su actividad al clima futuro lejano 2080*. <https://Agua.Org.Mx/Biblioteca/Diagnostico-Las-Tendencias-Actuales-Fenomenos-Meteorologicos-Extremos-Proyeccion-Actividad-al-Clima-Cercano-2030-Clima-Lejano-2080-Considerando-Los-Efectos-Del-Cambio-Ci/>.