



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
VULNERABILIDAD Y RESPUESTA AL CAMBIO GLOBAL

VISUALIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR ACCESO
DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE:
EL CASO DE IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO.

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

PRESENTA:
LUIS ANTONIO CONTRERAS ESTRADA

TUTORA PRINCIPAL

DRA. EFTYCHIA DANAI BOURNAZOU MARCOU
FACULTAD DE ARQUITECTURA

MIEMBROS DE COMITÉ TUTOR

DR. JOSÉ GASCA ZAMORA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

DR. DAVID MANUEL-NAVARRETE
SCHOOL OF SUSTAINABILITY ARIZONA STATE UNIVERSITY

REVISORES

MTRA. FLAVIA TUDELA RIVADENEYRA - FACULTAD DE ARQUITECTURA

DR. ARNOLDO MATUS KRAMER - ITHACA ENVIRONMENTAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2020.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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/016/20
Asunto: Asignación de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

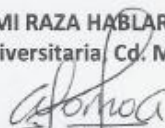
Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su quincuagésima segunda sesión del 12 de noviembre del 2019, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, del alumno **Contreras Estrada Luis Antonio** con número de cuenta **300024522** con la tesis titulada "Visualización de la vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable: el caso de Iztapalapa, Ciudad de México", bajo la dirección de la Dra. Eftychia Danai Bournazou Marcou.

PRESIDENTE: MTRA. FLAVIA TUDELA RIVADENEYRA
VOCAL: DR. ARNOLDO MATUS KRAMER
SECRETARIO: DR. JOSÉ GASCA ZAMORA
VOCAL: DR. DAVID MANUEL-NAVARRETE
VOCAL: DRA. EFTYCHIA D. BOURNAZOU MARCOU

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

ATENTAMENTE,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 27 de enero de 2020.


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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la Universidad Autónoma de México, la casa de estudios que con su noble función mejora la vida de muchas personas, agradezco también al posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad por la oportunidad de formarme en esta nueva carrera, la cual disfruté mucho.

Agradezco a todos y cada uno de los profesores que formaron parte de formación, agradezco, además Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para la realización de mi proyecto.

Agradezco especialmente a mi asesora Eftychia D. Bournazou Marcou por toda la paciencia y apoyo incondicional, a mi comité tutor; el Dr. José Gasca Zamora. y el Dr. David Manuel-Navarrete, gracias por los consejos y valioso asesoramiento. A los miembros de mi sínodo y jurado; la Mtra. Flavia Tudela Rivadeneyra y el Dr. Arnoldo Matus Kramer, gracias por sus recomendaciones y observaciones finales.

Agradezco afectuosamente a mis colegas y compañeros de maestría, los cuales aportaron buena parte de información y ánimos para lograr este trabajo, especialmente a; Juanita Martínez Macedo, Ricardo Garnica, Pablo Leautaud, Alfonso Carbajal, Abril Cid, Emilio Rodríguez, Yutzil Castán, Patricia Ortega, Daniela Figueroa, Alejandro Guerra y Erick Rodríguez.

A todos mis amigos, gracias por todo el apoyo, las enseñanzas y buenos momentos.

Agradezco a toda mi familia, especialmente a mi madre por ser el pilar en mi vida.

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo con todo mi cariño a *Marcela Jiménez Moreno*, simplemente sin tu apoyo y cariño no sería posible, gracias por estar a mi lado en los momentos más importantes.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO	11
1 MARCO DE REFERENCIA	13
1.1 DISPONIBILIDAD, ESCASEZ Y DERECHO AL AGUA	13
1.1.1 <i>Agua segura</i>	14
1.1.2 <i>Agua en las ciudades</i>	15
1.1.3 <i>El contexto global del agua</i>	17
1.2 EL CONTEXTO NACIONAL DEL AGUA	19
1.2.1 <i>Legislación y administración de las aguas nacionales</i>	20
1.2.2 <i>Características del sistema de aguas en la Ciudad de México</i>	23
1.2.3 <i>Procesos y problemáticas relacionadas a la distribución del agua potable en la CDMX</i>	24
1.3 CASO DE ESTUDIO: AGUA POTABLE EN IZTAPALAPA	28
2 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	32
2.1 EL ENFOQUE SISTÉMICO Y LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS	32
2.1.1 <i>Los sistemas complejos</i>	33
2.1.2 <i>Modelación como método científico en sistemas complejos</i>	35
2.2 LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS	36
2.3 VULNERABILIDAD	39
2.3.1 <i>Vulnerabilidad al acceso diferenciado al agua potable</i>	41
3 MÉTODOS	45
3.1 EL MARCO TEÓRICO-ANALÍTICO DE VULNERABILIDAD DE TURNER (TVUL)	45
3.2 COMPONENTES ESENCIALES PARA EL ANÁLISIS AMPLIADO DE VULNERABILIDAD (TVUL)	46
3.2.1 <i>Vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable en Iztapalapa</i>	48
3.3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA	48
3.4 SELECCIÓN DE VARIABLES Y COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN CON BASE EN REVISIÓN CRÍTICA DE BIBLIOGRAFÍA	49
3.4.1 <i>Servicio Intermitente de Agua Potable</i>	49
3.4.2 <i>Falta de Agua Potable</i>	49
3.4.3 <i>Fugas de Agua Potable</i>	49
3.4.4 <i>Calidad y Espacio en la Vivienda (CEV)</i>	50
3.4.5 <i>Acceso a Salud Pública y Seguridad Social (ASSS)</i>	50
3.4.6 <i>Rezago Educativo (RE)</i>	50
3.4.7 <i>Indicador de Bienes durables</i>	50
3.4.8 <i>Indicador de Adecuación Sanitaria</i>	51
3.4.9 <i>Indicador de Adecuación energética</i>	51
3.4.10 <i>Densidad de la infraestructura hídrica (red, pozos, tanques y garzas) (Elaboración propia con datos de SACMEX, 2003)</i>	51
3.4.11 <i>Densidad de comercializadoras de agua purificada (Elaboración propia con datos de OVIE y DENUÉ 2018)</i>	51
3.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	54
3.5.1 <i>Geocodificación y generación de capas de información geográfica</i>	54
3.5.2 <i>Normalización y ajuste de los datos disponibles</i>	54
3.5.3 <i>Asignación de pesos y reclasificación</i>	56
3.5.4 <i>Ponderación de cada componente del modelo de vulnerabilidad</i>	60

3.5.5	Construcción del modelo de vulnerabilidad mediante análisis multicriterio	60
3.5.6	Integración de información y construcción de mapa de vulnerabilidad para la demarcación	61
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1	MAPAS POR COMPONENTE DE VULNERABILIDAD	63
4.1.1	Mapa de exposición.....	63
4.1.2	Mapa de sensibilidad.....	67
4.1.3	Mapa de capacidad adaptativa.....	69
4.1.4	Mapa de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua en la alcaldía de Iztapalapa.	71
	DISCUSIÓN	74
4.2	INFRAESTRUCTURA Y ACCESO AL AGUA	74
4.3	PERFIL SOCIOECONÓMICO Y ACCESO AL AGUA	74
4.4	CAPACIDAD ADAPTATIVA Y TRAMPAS DE POBREZA	74
4.5	PARTICULARIDADES DE LA ALCALDÍA DE IZTAPALAPA FRENTE AL RESTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	75
4.6	REFLEXIONES SOBRE LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD EN TEMAS HÍDRICOS EN CONTEXTOS URBANOS	76
	CONCLUSIONES.....	78
	REFERENCIAS	81
	ANEXOS	92
4.2	ANEXO CARTOGRÁFICO	92
4.3	ACCESO A BASE DE DATOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	92
4.4	LISTADO DE HABITANTES DE LA ALCALDÍA DE IZTAPALAPA QUE PARTICIPARON EN EL PROCESO AHP	92

FIGURAS

FIGURA 1 AGUA RENOVABLE A NIVEL GLOBAL. FUENTE: CONAGUA, 2016.	18
FIGURA 2 GRADO DE PRESIÓN SOBRE EL AGUA EN LAS REGIONES HIDROLÓGICAS ADMINISTRATIVAS DE MÉXICO. FUENTE: LÓPEZ, D., DE REGULES, J., FLORES, D., & MALDONADO K. (2015).	20
FIGURA 3 CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y LÍMITES ADMINISTRATIVOS. FUENTE: SIALT, 2016.	21
FIGURA 4 SISTEMA CUTZAMALA. FUENTE: CONAGUA, 2016	24
FIGURA 5 GASTO DE AGUA POR ALCALDÍA. FUENTE: SACMEX, 2015.	26
FIGURA 6 CALIDAD DE AGUA EN LAS COLONIAS DE LA CDMX. FUENTE: SACMEX, 2015.	27
FIGURA 7 NÚMERO DE HABITANTES POR DÉCADA EN IZTAPALAPA. FUENTE: CONAPO, 2010.	29
FIGURA 8 DIAGRAMA DE VULNERABILIDAD. FUENTE: TURNER ET AL. 2003.	47
FIGURA 9 MARCO DE VULNERABILIDAD POR ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE EN IZTAPALAPA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, ADAPTADO DE TURNER ET AL. 2003.	48
FIGURA 10 LISTA DE VARIABLES INCLUIDAS EN LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.	53
FIGURA 11 PROCESOS EN PLATAFORMA SIG	54
FIGURA 12 MAPA DE VARIABLES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA POR ACCESO AL AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	56
FIGURA 13 ESQUEMA DEL MODELO AHP	60
FIGURA 14 PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE PYTHON PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES MATEMÁTICAS.	61
FIGURA 15 POBLACIÓN POR COLONIA EN NIVEL MEDIO DE EXPOSICIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	66
FIGURA 16 MAPA DEL ÍNDICE DE EXPOSICIÓN AL ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	67
FIGURA 17 MAPA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD AL ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	68
FIGURA 18 NIVELES DE SENSIBILIDAD POR COLONIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	69
FIGURA 19 MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA FRENTE AL ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	70
FIGURA 20 MAPA DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD ADAPTATIVA FRENTE AL ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE (B). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	71
FIGURA 21 MAPA DE VULNERABILIDAD POR ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	72
FIGURA 22 MAPA DEL ÍNDICE DE DESARROLLO SOCIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO. FUENTE: EVALÚA, 2017, CON DATOS DE INEGI, 2010.	76

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación está orientado a la identificación y visualización de los componentes de vulnerabilidad vinculada al acceso diferenciado al agua potable en la alcaldía de Iztapalapa, Ciudad de México, por medio de la aplicación del marco de abordaje de vulnerabilidad ampliada en los sistemas socioecológicos desarrollado por B. L. Turner (2003). Los resultados de este estudio permiten la visualización de los vínculos entre algunos de los elementos que derivan en un acceso inequitativo al agua potable en dicha demarcación. Estudiar la vulnerabilidad, entendida como una condición negativa de los sistemas socioecológicos que representa desventajas políticas, ambientales y económicas, cobra importancia debido a la apremiante necesidad de afrontar con eficiencia sus causas en aras de transitar hacia la sostenibilidad.

Las ciudades son espacios de gran relevancia social debido a la concentración de diversos elementos que contribuyen al bienestar humano. De acuerdo con datos de ONU-Habitat (2016), a partir del año 2007 en las ciudades se asienta la mayor proporción de población a nivel mundial. Lo anterior implica retos importantes, directamente relacionados con las capacidades de planeación, gestión de recursos y organización social en las múltiples escalas espaciales y temporales. Al tiempo que las ciudades contribuyen en aspectos positivos, también son escenarios donde se presentan problemáticas sociales y ambientales complejas. Un ejemplo claro es el acceso al agua potable en cantidad y calidad óptima para todos los ciudadanos de manera equitativa.

El acceso al agua potable es una necesidad básica y un derecho para todo ser humano en cualquier parte del mundo (PNUD, 2016), pero el aprovechamiento está determinado por un volumen máximo que existe en el planeta. A nivel global, se dispone de 12 mil a 14 mil millones de metros cúbicos de agua por año que puede ser usada para consumo humano, esta cifra permitió estimar un promedio de 9 mil metros cúbicos por persona al año, si esta se distribuyera de manera equitativa. Se proyecta que para el año 2025 la disponibilidad de agua a nivel mundial se reduzca significativamente, aproximadamente a 5,100 metros cúbicos al año por habitante, esto principalmente por las tendencias en la dinámica sociodemográfica, en la que se estima se incrementen 2 mil millones de personas. De acuerdo con estos cálculos, dicho volumen de agua sería suficiente para cubrir las necesidades de todos los habitantes del mundo, siempre que esta fuera distribuida equitativamente entre cada persona (CONAGUA, 2016). No obstante, la distribución de agua es desigual en todo el mundo; por ejemplo, el uso medio de agua en la mayoría de los países de

Europa es de 200 a 300 litros por persona al día, mientras que en países como Mozambique es de menos de 10 litros por persona al día (PNUD, 2016; Penco, 2014).

Las características en cuanto a la disponibilidad del agua, así como la cantidad y calidad, están determinadas por factores de diversa índole como rasgos biofísicos y determinantes humanas, asociadas principalmente a cuestiones económicas, culturales, políticas y tecnológicas. Existen estudios desarrollados desde enfoques de las ciencias sociales y territoriales que han detallado eficientemente los distintos problemas en el acceso a diversos bienes y servicios de carácter general, como el acceso y derecho a la vivienda, la educación, el trabajo, los espacios públicos urbanos, el agua potable, etcétera. También analizan las dimensiones de cada una de las problemáticas, dependiendo el espacio y temporalidad específica. Este tipo de análisis ayuda a entender la diferencia que existe entre conceptos como “escasez” y “disponibilidad” de algún recurso específico. Por ejemplo, en el caso del agua potable existen autores como Kloster (2008), que destacan la importancia de realizar una adecuada diferenciación entre *escasez* y *disponibilidad* del agua. Kloster (2008) menciona que la *disponibilidad* está relacionada a cuestiones biofísicas y naturales del medio, como el clima. Por otra parte, la *escasez* es una construcción social de insuficiencia o falta de acceso al agua sufrido por una persona o grupo de personas derivado de procesos, como la distribución de forma inequitativa del recurso.

De acuerdo con el Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (PNUD, 2016), la escasez de agua potable afecta a más del 40% de la población mundial, y se prevé que esta cifra aumente debido a que más de 1,700 millones de personas viven en cuencas fluviales donde el consumo de agua es superior a la capacidad natural de recarga de acuíferos. Además, el acceso al servicio de agua corriente sigue siendo muy desigual en la actualidad, ya que 2,300 millones de personas, es decir una de cada tres personas en el mundo, no tiene acceso a servicios de saneamiento. De acuerdo con el PNUD (2016), los estratos pobres de la población sufren más los efectos de las sequías e inundaciones y son los grupos con menor capacidad de organización para enfrentar dichas ocurrencias, ya que no tienen acceso a herramientas financieras o seguros. Otros autores mencionan una fuerte relación entre la riqueza, la vulnerabilidad y el estrés ambiental, sin embargo, no es simple determinar el nivel en el que esto se presenta (Heltberg et al., 2009; Lemos et al., 2013).

El tema de acceso al agua potable ha sido objeto de análisis, discusión y atención en múltiples niveles de la sociedad. El uso y demanda de agua por parte de la población, aunado a procesos derivados de dinámicas económicas y del mercado global, han generado complejas relaciones en torno a la disposición, control y manejo del agua (Oliver, 2006; Kaika, 2006). Los enfoques dominantes en el estudio de estos temas con

frecuencia reducen los conflictos a sus dimensiones tecnológica y administrativa, y tienden a despolitizarlo y a desplazar el carácter social del centro del análisis (Castro, 2007). En este sentido, las dinámicas económicas globales en las que el agua ha llegado a ser un producto que se comercializa en un contexto de escasez generalizada, las decisiones políticas que favorecen el aprovechamiento y la concesión de reservas de agua a determinados sectores y el imperante déficit en infraestructura que permita sanear, distribuir y aprovechar de manera equitativa el recurso, se convierten en elementos de presión y estrés, identificados como factores causales de la problemática.

Este tipo de problemas generan una cadena de consecuencias negativas para sectores específicos de la población, que tienen que resolver por medios alternativos la dotación de agua potable. Este tipo de carencias contribuyen a generar distintos grados de vulnerabilidad social, que agudizan condiciones negativas y conduce a sectores de la población a *“trampas de pobreza”*, término que de acuerdo con Carpenter & Brock (2008), determina la nula capacidad de consolidación y conectividad, y frena el desarrollo pleno de los individuos. De tal forma, se reconoce que este tipo de problemáticas socio ecológicas son complejas, resultado de dinámicas no lineales, así como retroalimentaciones e interacciones de procesos a distintas escalas temporales y espaciales. Por tanto, existen dificultades para identificar soluciones, elaborar modelos y propuestas que satisfagan y aporten de forma eficiente a la solución de este tipo de problemas (Levin et al., 2013).

Está demostrado que los enfoques disciplinarios son insuficientes para entender y reducir las consecuencias de los retos actuales y futuros que representa la distribución equitativa de agua en las ciudades. El acceso diferenciado al agua potable es un tema que exige enfoques integradores y transdisciplinarios, en los que se considere consolidar distintas perspectivas respecto a la distribución justa y equitativa del agua. Por ello, por medio de análisis para la visualización de aspectos multiescalares, apoyados en el uso e interpretación de datos confiables, se logra generar propuestas y reducir la incertidumbre asociada a las posibles soluciones y a la toma de decisiones.

Esta investigación está orientada a explorar desde un enfoque de ciencias de la sostenibilidad, diversos conceptos relacionados al acceso diferenciado al agua potable en la alcaldía de Iztapalapa en la Ciudad de México. En este análisis, se desarrollan metodologías estadísticas con variables cuantitativas y cualitativas en sistemas de información geográfica para obtener cartografía que permita identificar sitios de atención prioritaria dado el grado de vulnerabilidad.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

En función de los antecedentes revisados, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué determina que el agua potable no se distribuya de forma equitativa en la Alcaldía de Iztapalapa?
- ¿Cómo se configuran los factores que determinan vulnerabilidad social en relación con el acceso diferenciado al agua potable en Alcaldía de Iztapalapa?
- ¿Qué relación existe entre la distribución de la problemática, procesos históricos y políticos, las características sociodemográficas y dinámicas económicas?
- ¿Cómo puede reducirse desde una perspectiva integral el problema de acceso diferenciado al agua potable?

El objetivo general del trabajo es:

- Reconocer y visualizar el grado de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable determinando la distribución espacial y los factores relevantes que configuran esta condición, para evidenciar los campos de acción en la gestión del agua potable en Iztapalapa.

Los objetivos específicos se enlistan a continuación:

- Conocer y recopilar las bases teóricas relacionadas al estudio y análisis de sistemas complejos, sistemas socio-ecológicos, vulnerabilidad y escasez de agua.
- Definir y delimitar el Sistema Socio-Ecológico Tecnológico, con base en la identificación de los actores y elementos de funcionalidad, tomando en cuenta las interacciones y los procesos históricos de urbanización y los antecedentes relacionados con la problemática de acceso al agua potable.
- Diagnosticar el grado de vulnerabilidad social por medio del reconocimiento de las relaciones e interacciones entre los elementos del sistema, y bajo el marco de abordaje de Turner, la relación entre el acceso diferenciado al agua potable y las capacidades técnicas y tecnológicas de las instituciones y las capacidades sociales relacionadas con la distribución de este recurso en la ciudad de México.
- Explicar sistémica y espacialmente el grado de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable, además de exponer los campos de acción en función de la reducción de desigualdad en el acceso al agua potable en la Ciudad de México.



CAPÍTULO 1

Capítulo 1

1 MARCO DE REFERENCIA

1.1 DISPONIBILIDAD, ESCASEZ Y DERECHO AL AGUA.

El agua es, literalmente, la esencia de la vida. Es absolutamente el elemento central para la salud humana, la producción de alimentos y el saneamiento, así como para una gran variedad de otros usos. Todos los países sin excepción deben estar plenamente conscientes de los recursos hídricos actuales y futuros y de las estrategias diseñadas para una eficaz gestión de estos. El desafío es apremiante porque las demandas de la población humana, así como el cambio climático, han hecho que las fuentes que antes eran seguras ya no lo sean (IANAS-UNESCO, 2015). Las características en la disponibilidad del agua como son: la cantidad y calidad, están determinadas por factores de diversa índole que van desde condiciones biofísicas y geográficas, hasta determinantes humanas asociadas principalmente a cuestiones económicas, culturales, políticas y tecnológicas.

Resulta especialmente importante hacer una clara diferenciación entre conceptos relacionados con el agua. Por una parte, la *disponibilidad natural* de agua es una característica biofísica que, a pesar de las evidencias de cambios atmosféricos a nivel global, presenta una importante heterogeneidad, tanto espacial como temporal, en las diversas regiones del mundo; esto explica que algunos países cuentan con mayores proporciones de agua y otros no. Indicadores como la *disponibilidad promedio de agua por habitante*, son en algunos casos útiles para realizar comparativas generales entre países, sin embargo, no reflejan la realidad cuando se analiza la variabilidad en su *distribución espacial y temporal* en el territorio (Guerrero et al., 2009).

Por otra parte, la *escasez de agua* no es una condición natural, sino el resultado de procesos sociales; es decir, una construcción social que está determinada por una distribución desigual en el acceso al agua (Kloster, 2008). Los recursos hídricos y los servicios de agua también se entrelazan con el ejercicio de la ciudadanía, la conexión entre el acceso a los servicios de agua y la ciudadanía debe ser autoexplicativa (Castro, 2004). La escasez de agua tiene múltiples dimensiones: la discursiva, una suma de argumentos que dan la idea de que el agua no es suficiente y que no es posible acceder a ella; la social que se refiere a quien, y como se tiene el control del recurso y como ejerce decisiones respecto a este; y también un componente natural que en algunas ocasiones está relacionado a la calidad y la disponibilidad natural (Bekker, 2000).

Algunas veces la escasez está influenciada por sequías, las cuales, a pesar de ser resultado de variaciones climáticas y atmosféricas, siempre están relacionadas con aspectos de presupuesto, gestión, infraestructura y relaciones de poder.

Por otra parte, el *derecho al agua* es una condición indispensable para llevar una vida digna, es un requisito previo para la realización de otros derechos humanos (ONU, 2002). En primer lugar, está vinculado a la idea de que el agua para el consumo humano es un bien público, un derecho universal, que se encuentra en muchas culturas diferentes y que precede al desarrollo de los sistemas modernos de ciudadanía. De acuerdo con los artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales se concede a todos los seres humanos el derecho a contar con agua suficiente, a precio asequible, físicamente accesible, segura y de calidad aceptable para usos personales y domésticos (ONU, 2002).

1.1.1 Agua segura

Otro concepto que vincula las múltiples dimensiones del tema del agua potable es conocido como *agua segura*, este concepto reciente y de carácter más bien institucional, es la integración de atributos físicos, químicos, tecnológicos y administrativos que permiten tener una estandarización y una idea general de lo que se requiere al momento de realizar gestión y distribución de agua. El término *agua segura* se define como el agua apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genera enfermedades. Frecuentemente es agua que ha experimentado procesos de potabilización o purificación. La definición de *agua segura* también debe incluir factores como la cantidad, la cobertura, la continuidad, el costo y la cultura hídrica. El *agua segura* debe cubrir los siguientes puntos:

- a) **Calidad:** El agua debe ser viable para el consumo humano, química y físicamente libre de contaminantes que comprometan la salud humana.
- b) **Cantidad:** Volumen suficiente que debe ser dotado a cada persona para satisfacer sus necesidades básicas como beber, cocinar, aseo personal, vestimenta y vivienda.
- c) **Cobertura:** Garantizar la existencia de los medios necesarios para llevar a cada persona agua de buena calidad sin ningún tipo de exclusión.
- d) **Continuidad:** La dotación de agua debe ser en forma continua y permanente. Se debe garantizar que cada persona pueda disponer de agua en todo momento sin interrupción.
- e) **Cultura del agua:** Es el conjunto de costumbres, hábitos y valores que un grupo humano tiene respecto al agua considerando el cuidado, el uso, la disponibilidad y repartición entre la población.

- f) **Costo:** El agua es un bien social pero la obtención y distribución implica un costo; este costo incluye el mantenimiento, la reparación de la infraestructura, el tratamiento y los gastos administrativos derivados de ello, y en el mejor de los casos la inversión de nueva infraestructura.

Algunos autores aseguran que, como resultado de las asimetrías y condiciones negativas en torno a los temas del agua, en los sistemas socioecológicos, los grupos de bajos ingresos deben comprar el agua a vendedores privados en muchos casos a precios que sobrepasan hasta cien veces los costos promedio de las empresas oficiales (Bosch et al., 1999). Soluciones como la compra de camiones cisterna tienen un costo alto para este sector, por lo que personas de escasos recursos terminan gastando en proporción a sus ingresos más en agua, que sectores o grupos en mejor situación económica; sin mencionar que esto no garantiza la calidad en el agua obtenida de forma alterna que finalmente repercute en la salud de la población (Jouravlev, 2004). En la medida en que los grupos desfavorecidos pueden definirse espacialmente, la distribución local de las instalaciones públicas ofrece a los planificadores una oportunidad de aliviar la condición de aquellos con menos recursos. (Talen, 1998). A su vez, tendría que ocurrir una redistribución del poder político, económico y cultural, teniendo como base la idea de igualdad (Harvey, 2013).

1.1.2 Agua en las ciudades

Los problemas urbanos de agua han sido el centro de discusión e investigación en todo el mundo, ya que más de 60% de la población mundial vive en ciudades, y este número aumenta cada año. Además, de acuerdo con estadísticas de las Naciones Unidas, América se encuentra entre las regiones más urbanizadas del mundo (> 80%). La urbanización va de la mano con la intensificación del uso de los recursos hídricos para las necesidades humanas, y a su vez, los sistemas hidrológicos juegan un papel en el desarrollo y crecimiento de las ciudades no solo como fuentes de agua potable, sino también para la deposición de residuos (IANAS-UNESCO, 2015).

Las ciudades han sido escenario de sucesos que significaron avances en el desarrollo humano en diversos aspectos; en ellas se han concentrado espacios que generan conocimiento, proporcionan servicios y permiten las funciones cotidianas de buena parte de la población mundial, además de concentrar poder político y económico (Bettancourt et al., 2007). También, históricamente en las ciudades se aglomeran centros de desarrollo tecnológico que han resultado en cambios revolucionarios y determinantes en las condiciones actuales del mundo, social, económica y ambientalmente.

Existen dos razones por las cuales las áreas urbanas deben tener un eficiente servicio de salud y deben ser mejor servidas por redes de agua y saneamiento, sin que esto signifique un servicio preferencial. La primera es que la densidad en áreas urbanas propicia importantes economías de escala y proximidad para la distribución del agua corriente y la provisión de un servicio de saneamiento y desagüe de buena calidad, de modo que los costos unitarios son más bajos. También son más bajos los costos unitarios de muchos otros servicios que contribuyen a mejorar la salud o reducir las cargas de morbilidad, entre los cuales se pueden citar los servicios de salud y servicios de emergencia. La segunda razón es que muchas ciudades cuentan con una robusta infraestructura planeada y bases económicas más prósperas que las áreas rurales. Sin embargo, hacer uso de estas ventajas urbanas potenciales depende de la competencia y eficacia de los gobiernos locales. Si estas instituciones llegan a fallar, una concentración urbana se transforma en una seria desventaja para la salud. El impacto directo más visible son las enfermedades causadas por las concentraciones de desperdicios en las grandes ciudades.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2007) ha reconocido, que cuando faltan infraestructura y servicios, las áreas urbanas se encuentran entre los ambientes más amenazadores del mundo para los asentamientos humanos. En todo momento, aproximadamente la mitad de la población urbana de África, Asia y América Latina sufre de una o más de las principales enfermedades asociadas con la provisión inadecuada de agua y saneamiento. Algunas están relacionadas especialmente con la mala calidad del agua mientras otras están asociadas con la cantidad insuficiente de agua que disponen los hogares, o con la falta de higiene al preparar los alimentos; otras se relacionan con los servicios de eliminación de excrementos o de eliminación de desagüe de aguas residuales – entre ellas, el grupo de enfermedades para las cuales el agua residual constituye el hábitat de los vectores u hospederos.

Además de los impactos directos, hay muchos otros impactos que deben ser tenidos en cuenta, entre ellos destacan los impactos que refuerzan la desigualdad, la pobreza y la miseria, y se mencionan a continuación:

- El alto costo del agua para muchos grupos de bajos ingresos y la forma en que afecta los ingresos familiares;
- La incidencia en la economía de los hogares de quienes caen enfermos a causa de afecciones relacionadas con la inadecuación de agua y saneamiento, incluyendo el costo del tratamiento y los ingresos no percibidos durante este tiempo;
- Los enormes esfuerzos físicos necesarios para ir a buscar y acarrear el agua, y a menudo, las horas que se deben destinar en las filas para conseguirla;

- El estrés y otras dificultades que enfrentan quienes tienen que arreglárselas con la provisión inadecuada, incluyendo conflictos y acoso sexual al que son sometidas las mujeres y niñas durante la búsqueda del recurso, ya que en muchos casos son ellas las encargadas de dicha tarea.

1.1.3 El contexto global del agua

El planeta alberga aproximadamente 1,435 millones de kilómetros cúbicos de agua, una cifra difícil de asimilar; es una cantidad enorme de agua y eso es gracias a que el 70% de la superficie está cubierta por agua. La gran mayoría de este volumen está contenido en los océanos, (97.5%) y solo el 2.5% del total es agua dulce, a su vez, de este pequeño porcentaje más de la mitad (68.9%) está en bancos de hielo o glaciares y otra parte en la humedad de los suelos. El 30.8% del agua dulce se encuentra en el subsuelo entre los mantos rocosos, finalmente solo un 0.3% del agua dulce se encuentra en la superficie en forma de ríos, lagos, lagunas y humedales (PNUD, 2014). De esta cantidad de agua que hay en el planeta, menos del 1% está disponible para el consumo humano y para el aprovechamiento de los ecosistemas terrestres (PNUD, 2004). El agua del mundo está distribuida de forma desigual, es decir, no está repartida de forma homogénea.

Gracias a la circulación general de la atmósfera, la latitud, el relieve, además del régimen de lluvias es que se definen y se desarrollan distintas regiones biogeográficas. Estas regiones pueden clasificarse en grandes grupos como son: las zonas de bosques tropicales húmedos y subhúmedos, bosques templados, pastizales, sabanas y desiertos. Estas características naturales determinan la cantidad de agua en cada parte del mundo. El continente con mayor proporción y disponibilidad es América con el 47%, después Asia 32%, Europa 9%, África 7% y al final Oceanía 6% (Carabias y Landa, 2005).

Un indicador que proporciona una noción general de la cantidad de agua disponible para el uso es el *agua renovable*, este indicador empleado a nivel internacional, se define como *la cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente*, lo que significa, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y el agua proveniente de otras regiones (CONAGUA, 2016). El cálculo del agua renovable per cápita permite comparar las condiciones hídricas entre los diferentes países, que presentan variación en agua renovable anual y en el tamaño de su población. De acuerdo con estas estimaciones, México ocupa el lugar 94 y las variables que se usan para la estimación son: tamaño de la población y la cantidad de agua renovable (miles de hectómetros cúbicos); la ecuación arroja estimaciones generales y estas cambian dependiendo la escala de análisis (CONAGUA, 2016).

Existe otro indicador que permite conocer las generalidades de la exigencia de agua en el mundo, éste es el *índice de presión sobre los recursos hídricos*. Se mide al dividir la cantidad de agua que se extrae, entre el agua renovable o el agua naturalmente disponible. Las regiones con mayores niveles de presión son el norte de África y gran parte de los países de Medio Oriente. Estos esfuerzos internacionales por conocer la situación general del agua en el mundo se ven reflejados en un proceso de cooperación internacional, que desde la década de los noventa ha tenido mayor importancia en las agendas internacionales. Derivado de ello, han surgido acuerdos y políticas internas que buscan transitar a estados de seguridad hídrica planetaria. Entre los propósitos establecidos desde entonces, han destacado las estrategias para generar condiciones para reducir en 50% el número de personas en el mundo sin acceso a agua potable (CONAGUA, 2016).

Figura 1 Agua renovable a nivel global. Fuente: Conagua, 2016.

No	País	Población (miles de habitantes)	Agua renovable (miles de hm ³)	Agua renovable per cápita (m ³ /hab./año)
1	Islandia	329	170	516,090
2	Guyana	767	271	353,279
3	Suriname	543	99	182,320
4	Congo	4,620	832	180,087
5	Papua Nueva Guinea	7,619	801	105,132
6	Bhután	775	78	100,671
7	Gabón	1,725	166	96,232
8	Canadá	35,940	2,902	80,746
9	Salomón, Islas	584	45	76,594
10	Noruega	5,211	393	75,417
11	Nueva Zelanda	4,529	327	72,201
12	Belice	359	22	60,479
13	Perú	31,377	1,880	59,916
14	Paraguay	6,639	388	58,412
15	Bolivia	10,725	574	53,520
16	Liberia	4,503	232	51,521
17	Chile	17,984	923	51,432
18	Uruguay	3,432	172	50,175
19	República Democrática Popular Lao	6,802	334	49,030
20	Colombia	48,229	2,360	48,933
22	Brasil	207,848	8,647	41,603
61	Estados Unidos de América	321,774	3,069	9,538
94	México	121,006	447	3,692
99	Francia	64,395	211	3,277
109	Turquía	78,666	212	2,690
152	Sudáfrica	54,490	51	942

1.2 EL CONTEXTO NACIONAL DEL AGUA

Pasando a una escala más detallada, en el territorio nacional convergen dos grandes regiones biogeográficas y climáticas, la Neártica y la Neotropical, la zona noroeste y centro del país, que cubre dos terceras partes del territorio, es considerada árida y semiárida, en la que existen precipitaciones anuales menores a los 500 milímetros. Por otra parte, la región sureste, que es considerada húmeda con precipitaciones promedio que superan los 2,000 milímetros por año, por ejemplo. Entre los estados más secos está Baja California, donde se registra un promedio de 199 milímetros por año; en contraste, el estado de Tabasco recibe 2,588 milímetros de agua por precipitación cada año (Carabias y Landa, 2005).

Las características topográficas en todo el país, aunado al tipo de poblamiento registrado a lo largo de la historia, hacen que más de la mitad de la población esté asentada en localidades con una elevación superior a los 1500 metros sobre el nivel del mar (CONAGUA, 2016). Estos datos son importantes ya que nos proporcionan una noción amplia de la distribución natural del agua y la población en el territorio nacional; explican problemas de contaminación de aguas superficiales, entre otras cosas. No obstante, es necesaria la relación con la proporción de población y los usos que se le dan al agua, descripción que se irá explicando gradualmente.

De acuerdo con la encuesta intercensal más reciente de INEGI, el número de habitantes en el país era de 119.5 millones en 2015. Históricamente la proporción de población que vive en zonas rurales y zonas urbanas ha experimentado cambios, desde la década de 1960 esta proporción cambió, las localidades rurales dejaron de tener la mayor proporción de habitantes; después de cinco décadas de esta tendencia, la distribución de la población en contextos rurales sigue siendo muy dispersa lo que obstaculiza la provisión adecuada de servicios (CONAGUA, 2016).

Figura 2 Grado de presión sobre el agua en las Regiones Hidrológicas Administrativas de México. Fuente: López, D., De Regules, J., Flores, D., & Maldonado K. (2015).



En sentido opuesto, otro proceso demográfico significativo es la concentración de la población en núcleos o zonas metropolitanas, actualmente se estima que el 52.5% de la población total del país, se encuentra concentrada en 35 núcleos de población en todo el territorio, la velocidad de estos procesos de concentración de habitantes representa en muchos casos la presión sobre recursos, fuentes de trabajo, demanda de vivienda, servicios de salud, educación, etcétera. Las 5 ciudades o zonas metropolitanas más densamente pobladas suman más de 35 millones de mexicanos (INEGI, 2015).

1.2.1 Legislación y administración de las aguas nacionales

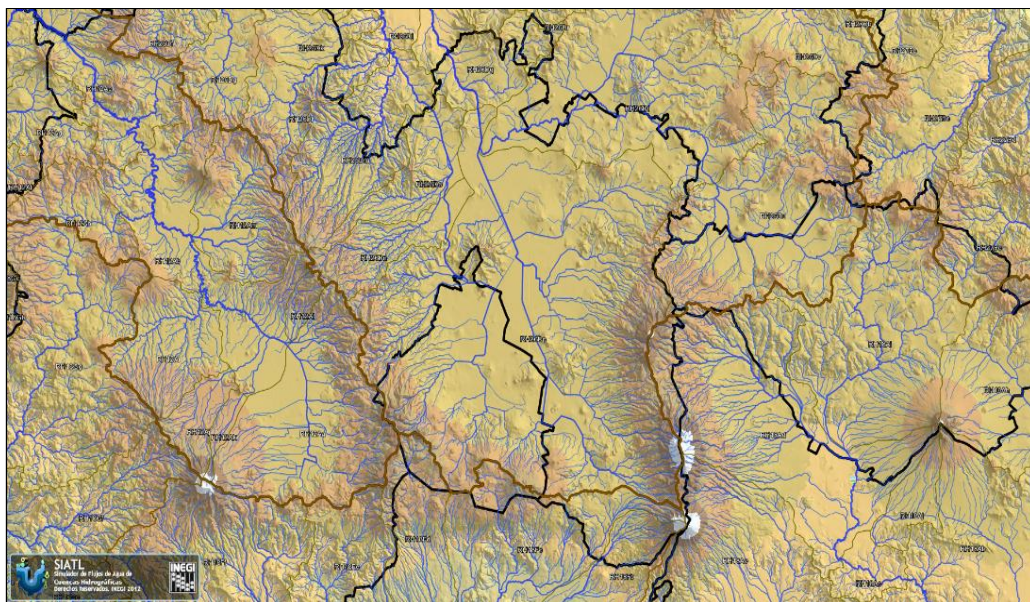
Este apartado tiene como propósito dar a conocer de manera resumida cuál es la forma en la que el agua se administra en México. Se tiene registro de que han existido injusticias en torno a la asignación de los derechos al agua y su gestión desde hace miles de años. Actualmente se vuelve una condición intolerable no sólo por los individuos afectados sino por el sistema político en su conjunto (Barkin, 2006). Como se mencionó anteriormente, desde hace más de dos décadas se ha puesto énfasis en el tema del agua a nivel internacional y esta tendencia ha tenido repercusiones al interior de las decisiones políticas en los estados nación.

México por su parte tuvo una decisiva determinación por cooperar con objetivos mundiales en torno al tema del agua y su gestión; esto no significa que se hayan tomado las mejores decisiones al respecto, la actual gestión del agua nacional tiene una perspectiva político-administrativa que no considera las

interrelaciones existentes entre el ciclo hidrológico y los sistemas naturales, sociales y productivos (Noria, 2012). En 1983 se modificó la constitución en el artículo 27, al artículo 115 fracción III, y se les devolvió a los municipios la responsabilidad sobre el manejo de las aguas nacionales. Sin embargo, con estas modificaciones no existían las capacidades de gestionar y hacer cumplir los objetivos generales (Barkin, 2006). El modelo económico actual da prioridad al valor productivo del agua y por otra parte se deja de lado su disponibilidad y distribución temporal y espacial (Noria, 2012).

Jurídicamente, la gestión del agua en México también tiene relación con la ley general del equilibrio ecológico; además existen una gran cantidad de textos legales en materia de agua, incluyendo tratados internacionales y bilaterales. *“Las aguas son propiedad de la Nación, su gestión, saneamiento y distribución equitativa, sustentable y coordinada son asuntos de seguridad nacional y justicia social”* Ley de Aguas Nacionales (LAN). Sin embargo, lo que se plasma en la legislación nacional, es un esquema con gran dificultad para llevar a cabo cabalmente. Primeramente, porque el arreglo institucional y las competencias entre las instancias y órdenes de gobierno no coinciden. Los estados no intervienen en la gestión del agua y no participan en la toma de decisiones al respecto debido a que no cuentan con atribuciones para ello en la LAN. Por otra parte, los municipios son los que tienen atribuciones como el servicio público, pero no tienen atribuciones para incidir en el esquema de distribución de las aguas nacionales. La excepción es la Ciudad de México, la cual tiene control del agua en las 16 Alcaldías.

Figura 3 Cuencas hidrográficas y límites administrativos. Fuente: SIALT, 2016.



De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales (LAN), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el órgano superior de la federación en materia de recursos hídricos que se organiza a nivel nacional y a nivel regional hidrológico-administrativo, a través de sus Organismos de Cuenca (que son creados por la Ley) y que son los responsables de administrar y preservar las aguas nacionales en trece regiones hidrológicas administrativas en que se ha dividido el país. La CONAGUA está dotada de autonomía técnica y administrativa en el manejo de sus recursos y bienes, así como de autonomía de gestión para el cumplimiento de sus objetivos y metas. Cuenta con un Consejo Técnico presidido por el titular de la SEMARNAT. Por su parte, los Consejos de Cuenca son los instrumentos para la participación ciudadana en la gestión del agua. A nivel municipal, las figuras responsables de proporcionar agua potable y saneamiento a la ciudadanía son para los contextos urbanos los Organismos Operadores de Agua y Saneamiento, y en municipios con localidades rurales son los Comités de Agua o las Juntas Locales de Agua y Alcantarillado.

Otro aspecto que obstaculiza la gestión del agua y lo que literalmente se persigue por las leyes mexicanas, es que la Comisión Nacional del Agua, está organizada en trece regiones hidrológicas, lo cual no necesariamente facilita la articulación en la gestión, al ser un ejercicio acoplado con el esquema municipal, a todo lo anterior hay que sumarle los retos técnicos y tecnológicos que solo pueden ser resueltos con presupuesto asignado a infraestructura, misma que se ha delegado al sector privado. Por lo tanto, debido a la poca claridad de la ley respecto de sus atribuciones, competencias y responsabilidades, pero sobre todo a la falta de capacidades, no han podido cumplir plenamente con sus funciones (Cerami, 2013). La ambigüedad de la normatividad, la duplicidad y el traslape, aunado a la falta de control y la inexistencia de mecanismos que prevengan y solucionen los conflictos, son características de la legislación en torno al agua en México (Noria, 2012).

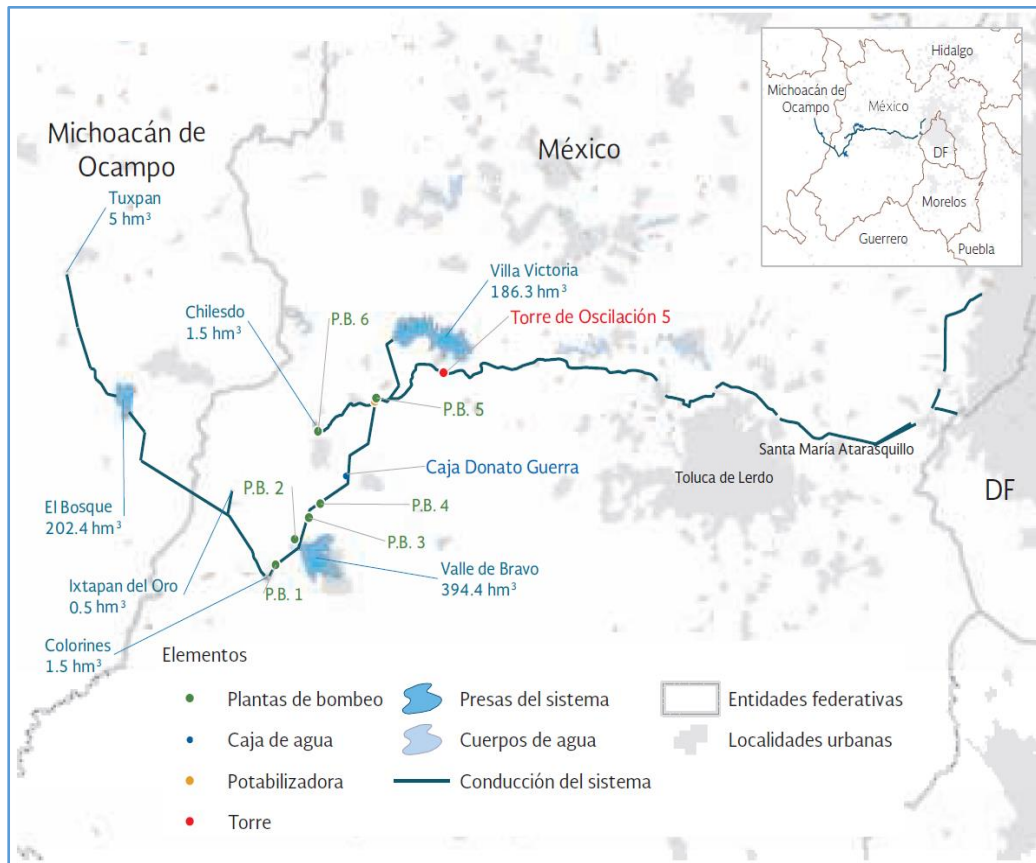
Entre más detallada es la escala de análisis, es posible identificar que la estadística juega un papel determinante para realizar aseveraciones respecto al acceso al agua. Los estudios realizados a nivel nacional son un gran aporte para conocer la situación general a la que se enfrenta cada sector de la población y cada grupo de actores. Las incógnitas van en diversos sentidos, pero el reto es vincular todos los esfuerzos en un mismo sentido, dado que la información permite observar incongruencias en la distribución del agua y en la distribución de los bienes y riquezas que existen en el país.

1.2.2 Características del sistema de aguas en la Ciudad de México.

El sistema Socioecológico y tecnológico de aguas de la Ciudad de México está conformado por cuatro elementos principales: un sustrato físico, un componente tecnológico, un sistema político-administrativo y finalmente por todos los usuarios del servicio. Biofísicamente se trata de una cuenca intermontañosa semicerrada, caracterizada por, valles, mesetas y cañadas, además de terrenos planos que alguna vez fueron grandes lagos como Texcoco, Chalco y Xochimilco. Es un valle con una altitud promedio de 2240 msnm., rodeado de un entorno montañoso que en promedio presenta alturas de 3200 metros y en algunos casos llegan a los 5400 metros de altura. A grandes rasgos y de acuerdo con Jáuregui (2000, en CONAGUA, 2016), el clima en el Valle de México es considerado *tropical* por el régimen de lluvias, sin embargo, localmente es posible reconocer dos tipos de climas debido a la posición geográfica, el relieve, el comportamiento de la atmósfera y las masas de aire localmente. De acuerdo con la clasificación general de Koppen, uno de los climas identificados es el templado subhúmedo (CW), característico de las zonas elevadas que rodean la cuenca; por otro lado, está el clima seco tipo estepa (BS), correspondiente al norte y oriente de la cuenca; finalmente, una variante más del semiárido en la zona central de la cuenca, determinado por la dirección de los vientos y la urbanización que juegan un papel determinante en el clima de la ciudad actualmente. En lo que se refiere al tema administrativo, se puede describir como un órgano desconcentrado de la administración pública de la Ciudad de México. Su principal atribución es la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación de servicio público de agua potable, alcantarillado y drenaje. A su vez, es la instancia encargada del tratamiento y del reúso de las aguas residuales.

La ciudad de México tiene un suministro de agua potable que ronda en los 30.5 metros por segundo. De acuerdo con el gobierno, es una cifra razonable para atender la demanda de 8.8 millones de habitantes y a 4.2 millones de población flotante (INEGI, 2015). El aporte el agua es gracias a fuentes externas como lo es el sistema Lerma-Cutzamala ($9\text{m}^3/\text{s}$) y fuentes internas tanto superficiales como subterráneas como los 600 pozos de extracción. Destacan los manantiales y aguas superficiales de la alcaldía Magdalena Contreras ($1\text{m}^3/\text{s}$), el sistema Chiconautla ($0.8\text{m}^3/\text{s}$) y Barrientos en el norte de la ciudad ($2.3\text{m}^3/\text{s}$), La Caldera ($0.6\text{m}^3/\text{s}$), El Peñón de los Baños y el Cerro de la Estrella son las fuentes más importantes al oriente de la ciudad, y al sur, el sistema Xotepingo.

Figura 4 Sistema Cutzamala. Fuente: CONAGUA, 2016



La infraestructura consta de 13,430 kilómetros de tuberías, que van desde los 10 centímetros hasta los 2 metros de diámetro. Es una compleja red distribuida de manera estratégica y funcional en la ciudad. Otros componentes de gran importancia son las 267 plantas de bombeo que tienen la capacidad de movilizar 5 466 litros por segundo, además de las 51 plantas potabilizadoras que permiten el tratamiento de aproximadamente 4 422 litros por segundo en promedio. En resumen, el agua de la Ciudad de México es obtenida en las fuentes en estas proporciones: 54% del acuífero del valle de México, 43% proviene del sistema Lerma-Cutzamala y otro 3% de los manantiales del poniente de la ciudad (CONAGUA, 2016).

1.2.3 Procesos y problemáticas relacionadas a la distribución del agua potable en la CDMX.

Desde épocas prehispánicas ya se registraban problemas relacionados con agua en el valle de México. La naturaleza lacustre del valle llevó a sus antiguos pobladores a desarrollar distintas obras para resolver dos aspectos principalmente: conseguir agua limpia para beber y por otra parte desalojar los excedentes de agua en épocas de lluvia, tal como ocurre hasta nuestros días. Estas necesidades los llevaron a construir

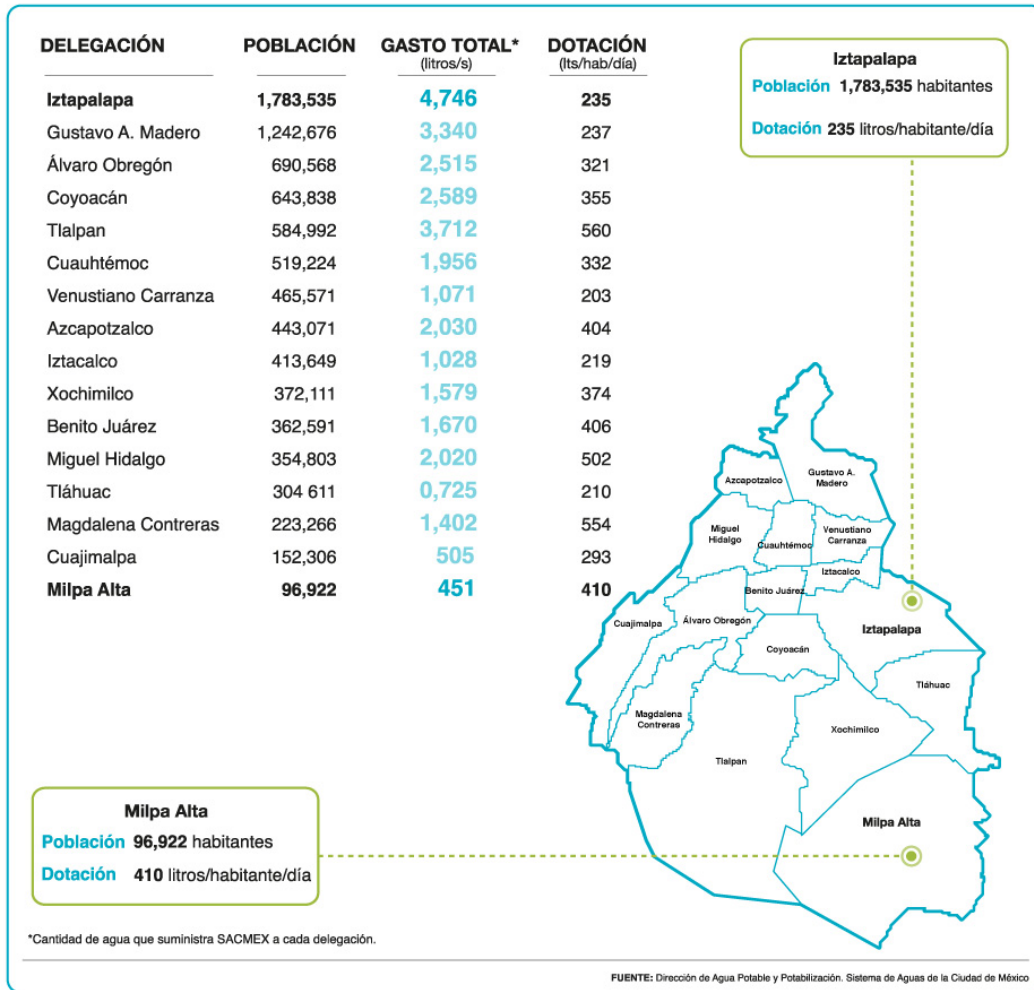
infraestructura como los *aohtli* o “camino de agua”, diseñados por el arquitecto, urbanista e ingeniero Nezahualcoyotl, o el albaradón creado por el mismo personaje, que permitía la separación de agua dulce y salada, al mismo tiempo que evitaba las inundaciones. Otras obras de la época prehispánica fueron la construcción de acueductos que llevaban agua limpia al templo mayor, y que tiempo más tarde los españoles destruyeron para someter a la población que se asentaba en el valle. Posteriormente entre los siglos XVI y XIX suscitaron las mayores modificaciones al entorno lacustre. La población se abastecía de agua de los manantiales cercanos y para ello se construyeron varios acueductos, como el de Arcos de Belén y el de Tlaxpana. *“El agua, a veces tan poco asequible en Mesoamerica, fue de nuevo encausada, almacenada, distribuida y, en ocasiones también fue temida en la muy noble y leal ciudad capital del Virreinato”* (León-Portilla, 2005).

En 1900 se creó el gran canal de desagüe, una importante obra para desalojar toda el agua cargada de residuos producidos por los habitantes. Con ello se identifica un momento crucial en la adaptación del sistema hidráulico de la ciudad. El problema de abastecimiento de agua empezó a complicarse a finales del siglo XIX; se inició con obras de perforación del subsuelo y el manto rocoso para acceder al agua subterránea del acuífero del valle buscando satisfacer la demanda de agua derivado del importante crecimiento del asentamiento humano. Esto llevó a buscar fuentes de agua externas, lo cual representó grandes retos de ingeniería e inversión. La dinámica demográfica y la expansión urbana, en muchos casos sin planeación, trajeron consigo problemas asociados como la subsidencia del suelo, inundaciones y contaminación.

El Sistema Lerma fue construido entre los años 1942 y 1951 para aprovechar el agua de los embalses y pozos de Lerma, trasladándola a la ciudad de México. Estas acciones han tenido repercusiones en los sitios de donde se exportan estos recursos hídricos, cambian el paisaje, crean descontento social ya que no son decisiones del todo consensuadas. Lo anterior pone en evidencia la fuerte influencia y la responsabilidad humana en los problemas ambientales que acontecen histórica y actualmente. Sin embargo, es arriesgado culpar a la humanidad en su totalidad por las acciones que traen consigo degradación y problemas en el ambiente, se puede observar que los modos de producción y consumo son acelerados, el sistema económico basado en el “crecimiento económico y desarrollo”, se tienen documentados los cambios en los modos de vida de las personas que habitaron Lerma y la transición en sus actividades. Históricamente la zona oriente de la Ciudad de México es la que mayores problemas de abastecimiento de agua ha registrado, las alcaldías Iztacalco, Iztapalapa y Tláhuac son las que presentan un problema crónico con el abasto de agua potable. A pesar de que las características en la población y extensión de territorio de las

tres Alcaldías son muy distintas, presentan similitudes en cuanto a los rezagos relacionados con los problemas de agua potable. Se estima que el 40% del agua potable en la Ciudad de México se pierde en fugas, una cantidad de agua que equivale casi al volumen que se importa de otras cuencas.

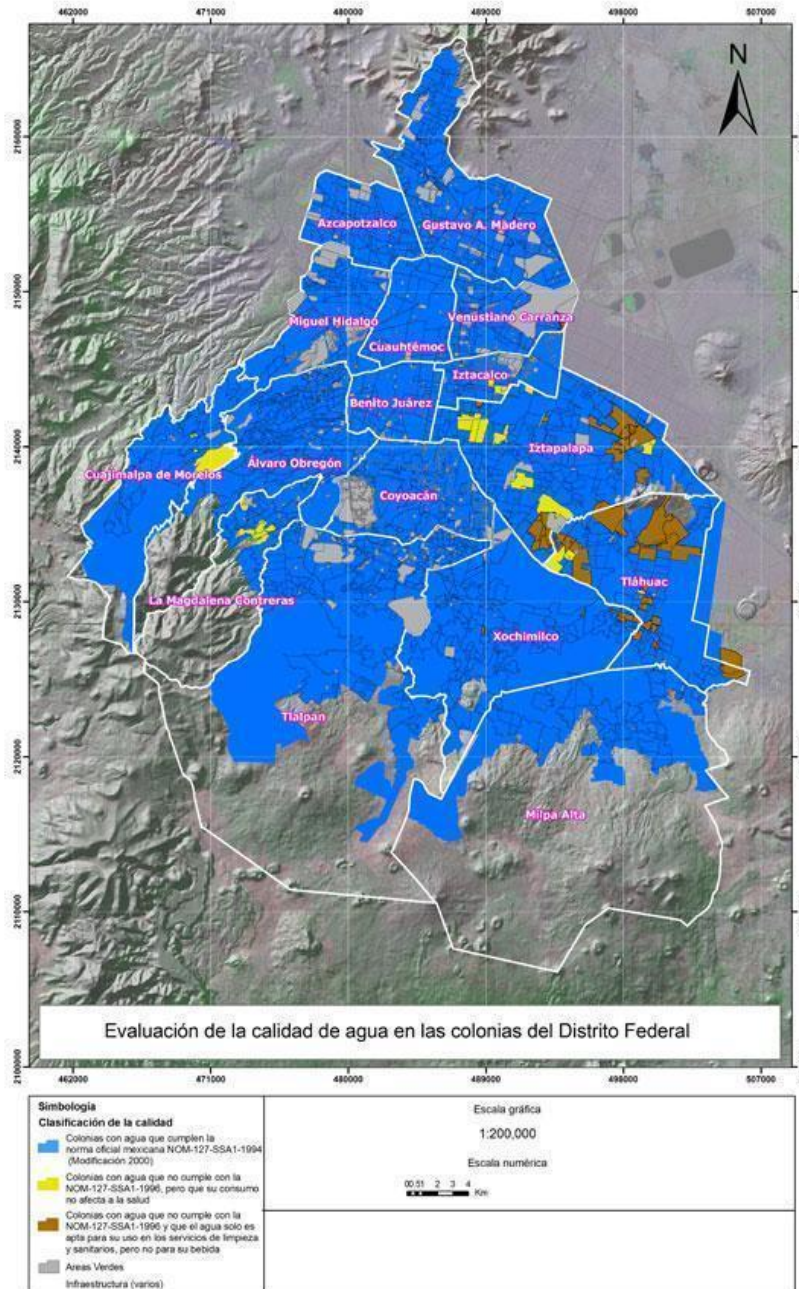
Figura 5 Gasto de agua por alcaldía. Fuente: SACMEX, 2015.



Se tiene el antecedente de fugas que han sido atendidas de manera muy desigual en la red de agua por el SACMEX. Alejandro de Coss en un artículo periodístico, relata la historia de una fuga en un barrio segregado de las barrancas de Santa Fe, que se calcula se tardaron en detectar 15 años. Esta fuga saturó el suelo de agua y se convirtió en importante factor causal para deslizamientos de tierra y derrumbes. En su reportaje, compara este acontecimiento con la fuga ocurrida en otra zona de la ciudad. En este caso la fuga se registró en la avenida paseo de las palmas; el agua de esta fuga en dos días llegó a las instalaciones de un edificio de oficinas donde fue reportada rápidamente, y la fuga fue reparada con eficiencia.

Otro aspecto que agrava la condición del agua potable para los habitantes de la CDMX es la calidad de esta. Como ya se mencionó antes, la calidad es una característica básica, ya que sin esta cualidad es prácticamente igual a no tener agua. En algunos casos el agua no está tan cargada de contaminantes y puede filtrarse y hervirse para el consumo directo, pero en otros es prácticamente inútil, y sus posibilidades de uso se limitan considerablemente.

Figura 6 Calidad de agua en las colonias de la CDMX. Fuente: SACMEX, 2015.



El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) tiene el registro de las colonias con los índices más elevados de contaminantes en el agua suministrada a través de la red. Destacan un número considerable de colonias en la alcaldía Iztapalapa y Tláhuac, por lo tanto, se puede hablar de una doble condición negativa solo en lo que respecta al agua, ya que a esta condición se suma el volumen suministrado a cada alcaldía, en donde nuevamente estas Alcaldías cuentan con los volúmenes menos favorables; Iztapalapa, debido a que cuenta con el número más grande de habitantes, y Tláhuac, porque es la alcaldía con menos dotación por habitante. Otras alcaldías con problemas en la calidad de agua son: Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras, Iztacalco y en algunas zonas muy localizadas en la alcaldía Xochimilco. A estos problemas es imposible quitarles atención porque son los más apremiantes, el punto es que no son problemas aislados, fáciles de resolver. La prevalencia de éstos está infundada en otros aspectos y dinámicas, como la distribución de pipas, las fugas, el proceso de densificación de vivienda por toda la ciudad y, lo más importante, la condición de pobreza multidimensional que prevalece en las Alcaldías más afectadas por la falta de agua. El acceso al agua de manera equitativa es el primer paso para contrarrestar las desigualdades arraigadas en la sociedad mexicana (SACMEX, 2015).

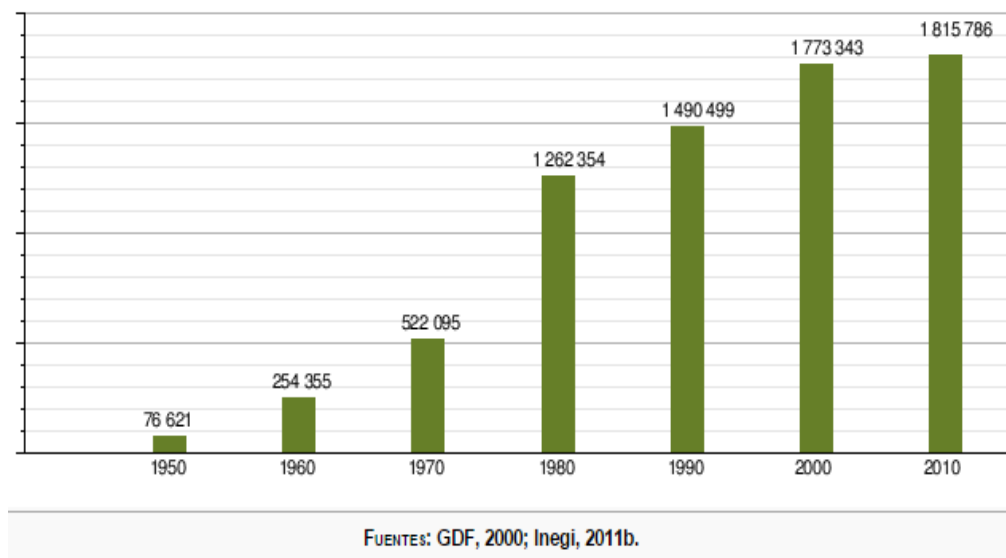
1.3 CASO DE ESTUDIO: AGUA POTABLE EN IZTAPALAPA

A través del proceso histórico de urbanización en la Alcaldía Iztapalapa se han documentado problemáticas de planeación y falta de infraestructura capaz de dotar de agua potable a todos sus habitantes de manera equitativa (Espinoza, 2008). Esta problemática se hace evidente en una amplia gama de formas, desde demandas pacíficas dirigidas a las autoridades a fin de obtener acceso a agua potable, hasta acciones violentas que involucran el daño de infraestructura para el suministro de agua, y confrontaciones armadas entre las fuerzas de seguridad y miembros de la población (Castro, 2007). Con el paso del tiempo, el problema ha permanecido, y en algunos casos se ha agudizado, lo cual lleva a cuestionar las causas que han mantenido esta condición negativa y si lo anterior encuentra una explicación concreta o es resultado de la interacción de distintos factores en determinados contextos. Esta idea deriva en una pregunta central: ¿por qué el agua potable no llega a todos por igual? Misma que me lleva a cuestionarme otros aspectos, ¿las causas se relacionan sólo con cuestiones técnicas y de infraestructura, con cuestiones políticas, o con una combinación de ambas?

Las invasiones de tierra de los años ochenta originaron colonias con escasez de servicios públicos que se ubican sobre todo en la región suroriente de la alcaldía. Ejemplos de ellas son Desarrollo Urbano

Quetzalcóatl (26 mil habitantes) y San Miguel Teotongo (80 mil habitantes). Gradualmente la situación de estas colonias se fue regularizando, tanto en lo que respecta a la tenencia de la tierra, como a la satisfacción parcial de servicios urbanos. Este crecimiento está vinculado en buena medida a procesos históricos de apropiación del espacio. Iztapalapa, cuenta con una extensión de territorio que no hace más de sesenta años era de uso agrícola y contaba con un sistema de comunicación y subsistencia lacustre; ambos elementos de identidad comunitaria. Sin embargo, como otras demarcaciones periféricas de la capital mexicana, Iztapalapa recibió las olas inmigratorias provenientes del resto del país, incluyendo el centro de la Ciudad de México. A su vez, la dinámica demográfica jugó un papel fundamental en la configuración espacial de la alcaldía ya que en la década de 1970 la población aumentó de manera significativa, al incrementar de 522,095 a 1,262,354 habitantes en sólo diez años, un periodo relativamente corto (ilustración 9). En este sentido, Iztapalapa es hoy en día la delimitación político-administrativa más poblada de todo el país (INEGI, 2015). En Iztapalapa habitan actualmente 1,827,868 personas, que cada día tienen necesidades y requerimientos básicos, entre ellos el acceso al agua potable.

Figura 7 Número de habitantes por década en Iztapalapa. Fuente: CONAPO, 2010.



De acuerdo con datos de CONAPO (2010), 34.7% de la población de Iztapalapa vive bajo condiciones de pobreza. Este dato es relevante al momento de entender el conflicto relacionado con el acceso al agua potable, ya que la pobreza es un asunto de privación y puede verse en términos relativos (Salles, 1997). No sólo es necesario el bienestar material, existe negación de oportunidades y opciones básicas para el desarrollo humano. De acuerdo con Amartya Sen (1992), el concepto de pobreza es multidimensional; es

la privación de las capacidades y oportunidades básicas para el desarrollo humano, no sólo la falta de ingresos. Aunado a lo anterior, la alcaldía Iztapalapa presenta el Índice de Desarrollo Humano (IDH) más bajo de todas las Alcaldías de la ciudad de México (PNUD, 2014). Es necesario identificar otras dimensiones sociales que influyen al momento de abordar el acceso diferenciado al agua potable. Entre ellas destacan la desigualdad y marginación. El grado de marginación es el conjunto de desventajas sociales de una comunidad o localidad y hace referencia a grupos de personas o familias; la marginalidad está determinada por la desigualdad, y ambos conceptos sirven de soporte para ubicar el contexto de pobreza. En este sentido, el grado de marginación urbana por habitante calculado por CONAPO con datos del año 2010, señala que 5,489 personas se encontraron en “muy alto” grado de marginación urbana y 364,227 personas con un grado “alto”.

Existe en la actualidad un déficit de 1.50 m³/s en el suministro de agua potable en la alcaldía, el cual se incrementará a 2.00 m³/s, considerando el aumento esperado en la población por la tendencia demográfica observada. En Iztapalapa se registran fugas del orden del 40 % en la red de agua potable, principalmente por rupturas provocadas por el suelo inestable que impera en el territorio. Con el mismo problema que registra la red de agua potable, las redes de drenaje registran fugas y por lo tanto contaminación de los mantos freáticos, de los cuales depende la extracción de agua para el consumo de la población. Otra realidad en la alcaldía es que en 30 % de su territorio cubierto por redes de agua potable, principalmente en la zona de San Lorenzo y Santa Catarina, las personas han respondido ante la deficiencia en el suministro recurriendo al servicio de tandeo por pipas (GDF, 2011).

La alcaldía Iztapalapa presenta un alto nivel de tomas clandestinas en los servicios de agua potable, a pesar de que del suministro de 35.17 m³/s que se destina para la ciudad de México, 4.63 m³/s son repartidos en Iztapalapa. De los 4.63 m³/s, 1.03 m³/s son usados para la actividad industrial y 3.60 m³/s para uso doméstico. Los cálculos oficiales resaltan que la alcaldía cuenta con un 96 % de cobertura en red hidráulica y que con esto se atiende a aproximadamente el 75 % de su población, es decir, 1'330.000 habitantes, que se surten de 376,803 tomas domiciliarias, de las cuales 216 son de gran consumo. Sin embargo, lo cierto es que en Iztapalapa sigue existiendo una gran deficiencia en el abastecimiento de agua, y que además existe una diferenciación en el acceso al recurso, que hace que en ciertas colonias la situación sea más crítica (GDF, 2011).



CAPÍTULO 2

Capítulo 2

2 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1 EL ENFOQUE SISTÉMICO Y LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS.

El enfoque sistémico es una aproximación de diversas disciplinas para entendimiento de un hecho, fenómeno o problema. Es una abstracción de la realidad, una noción que surge por la necesidad de comprender la interacción, procesos y funciones de los elementos que componen el sistema. Para comprender de manera más clara el enfoque de los sistemas, es importante hacer una breve revisión al concepto de “sistema”. Si bien es un término discutido desde la antigüedad en Grecia desde siglo IV a.C., en la actualidad la palabra sistema es frecuentemente utilizada en diversas y cotidianas situaciones para explicar o describir lo que ocurre en nuestro entorno, por ejemplo, al referirnos al sistema productivo, al sistema político, al sistema bancario, entre otros. Spedding (1979), considera que un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para llevar a cabo un propósito en común, tienen la capacidad de reaccionar en conjunto si reciben estímulos externos, que tienen límites específicos tomando en cuenta sus mecanismos de retroalimentación significativos, atributo que es el más importante.

Años posteriores a la segunda guerra mundial, se retoma el interés por la generación de conocimientos bajo la premisa de comprender los procesos y la relación que tienen las cosas entre sí. En 1950 L. Von Bertalanffy propone la teoría general de sistemas (TGS), que surge como una alternativa al enfoque tradicional analítico. Este modo de pensamiento considera la existencia de ciclos intrínsecos al sistema determinados por oscilaciones de energía e información ocurridas dentro, fuera y a través del mismo sistema; en conocer estos detalles radica el enfoque de sistemas, en el enfoque de los sistemas se busca comprender los mecanismos de autogestión que mantienen estados de equilibrio. A diferencia del proceso lineal basado en la fórmula “causa-efecto” donde se concentran en el estudio de los elementos por separado.

La base del pensamiento sistémico radica en reconocer una lista de conceptos generales aplicables y usados en distintos estudios o disciplinas (Rosnay, 1977). Conceptos como flujos, energía, retroalimentación, recursos, equilibrio, estabilidad, evolución, jerarquía, son aplicables sin importar la disciplina ni el tipo de sistema, es un vocabulario compartido y aceptado por la aproximación común a los problemas expresados anteriormente y que se puede definir como complejidad. Por lo tanto, bajo estos supuestos, por ejemplo,

los problemas sociales vistos exclusivamente desde enfoques aislados corresponden a los procesos de planificación, gestión, organización, control. Por el contrario, el enfoque de sistemas surge para abordar el problema de la complejidad basado en un pensamiento a través de considerar la totalidad y sus propiedades. Además, se considera la relevancia de reconocer el análisis de procesos históricos que determinaron el tipo de organización (estructura) de un sistema en un momento específico, para obtener un entendimiento del funcionamiento del sistema.

2.1.1 Los sistemas complejos

El origen de la teoría de los sistemas complejos surge de la evolución de la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1987) aplicada a la necesidad de conocer el comportamiento atmosférico para anticipar situaciones climáticas adversas por fenómenos meteorológicos extremos (García, 2006). Uno de los principales e importantes autores en el tema es Rolando García que junto con Jean Piaget desarrollaron trabajos en estrecha colaboración desde la década de los 70. Algunos de los temas que desarrollaron se basaron en analizar los componentes de catástrofes dentro de los sistemas agrícolas mundiales y determinar los factores que influyeron en hambrunas. En este caso, por ejemplo, García concluyó que la catástrofe estaba cimentada en la estructura socioeconómica erigida durante décadas y que, por consiguiente, no se podía culpar a un único factor: la sequía.

La teoría de los sistemas complejos (García, 2006) se fue robusteciendo, al punto de escalar los temas relacionados con fenómenos naturales y ser aplicada en diversos objetos de estudio como historia, cultura y tecnología. Al respecto del componente metodológico, debido a las dificultades de acceso a los trabajos dispersos surgió la necesidad de realizar una compilación que explicara de manera concreta los resultados de estas investigaciones epistemológicas en una etapa histórica en el que esta asociación (teoría y práctica) parecían tener una distancia cada vez mayor, en la que el método científico fue fuertemente criticado, además de no difundirse alternativas lo bastante sólidas en las cuales desarrollar investigaciones, particularmente aquellas en las que se involucraban aspectos sociales.

En este sentido, las nociones históricas de la ciencia son reemplazadas con una visión del conocimiento que toma en cuenta la incertidumbre con la que nos enfrentamos, y es capaz de responder con flexibilidad a las circunstancias cambiantes en las que nos encontramos de manera permanente. El término complejidad hace alusión a todo aquello que no puede ser entendido por qué existe un gran número de interacciones ocurriendo en un fenómeno (Roe, 1998). Además, se refiere a aquello que no puede ser simplificado, lo que no puede explicarse ni entenderse desde el desmembramiento de sus componentes, no de forma aislada. La complejidad también se refiere a la poca o nula certidumbre en las identidades y causalidades

de los fenómenos, la no linealidad de los acontecimientos; la complejidad es cuando y donde ocurren fuera de orden hechos inesperados poco predecibles y a su vez surgen reacciones e interacciones nuevas. Sin embargo, existen otras aseveraciones al respecto, puntos de vista alternativos. Por ejemplo, los trabajos de Holling (2001) y Gunderson y Holling (2002), mencionan que dentro de los sistemas vivos humano-naturaleza no necesariamente la complejidad es el resultado de muchas interacciones en los elementos, estos autores sugieren que estos sistemas son auto-organizados y que pueden ser definidos por un menor número de procesos de control, mismo que mantienen esta autoorganización, y que además están ligados. Están en función y son resultado de “accidentes” o acontecimientos de la historia.

En este sentido, la teoría de los sistemas complejos señala que los cambios experimentados por un sistema, sometido a modificaciones en su entorno son continuos y que en muchos casos representan una sucesiva y nueva configuración estructural que corresponde a distintos niveles de autoorganización dentro del sistema. El análisis de la historia de los procesos que resultan en un determinado tipo de estructura es elemental para el entendimiento fiel del funcionamiento de los sistemas (García, 2006). Por ejemplo, la mayoría de los problemas relacionados con la planificación a gran escala en los que se involucran bienes comunes o recursos naturales se han convertido en polémica a nivel global, y pueden considerarse sistemas complejos. De acuerdo con Leff (1994), los problemas ambientales son claramente una cuestión de índole social tanto en el origen como en las consecuencias. La destrucción masiva de ecosistemas, las transformaciones en el paisaje y el consumo excesivo de recursos, todo ello aunado a la degradación social consolidada en pobreza, marginación, desnutrición o miseria extrema, es producto del desvinculamiento entre campos y conceptos como, *conocimiento, poder y racionalidades sociales*. Los recursos naturales, las condiciones sociales y las dinámicas económicas, se combinan con problemas de incertidumbre científica y la escala geográfica para crear problemas complejos.

Salwasser (2002), describe que la naturaleza y futuro de los problemas relacionados con los recursos naturales se refieren al entorno de las decisiones del presente y los distingue por:

- **Su complejidad y desorden:** ninguna declaración definitiva del problema, y múltiples problemas con múltiples objetivos;
- **La existencia de grupos de interés fragmentados:** tanto en los intereses y en las tácticas utilizadas para perseguir sus intereses;
- **Desorden científico:** múltiples factores que influyen en cada área del problema u objetivo, y el coordinador o responsable sólo puede influir en algunos de estos factores;

- **Dos tipos de incertidumbre:** (1) que no conocemos, pero con el tiempo se puede aprender, y (2) que no podemos saber hasta que se produce; se añade una tercera, lo que no sabemos que no sabemos;
- **Riesgos de conflictos:** existen riesgos de conflictos entre objetivos y entre los objetivos a corto y largo plazo; y la dinámica social, económica, conocimiento y sistemas tecnológicos.

Desde esta perspectiva, se pone énfasis entonces en el estudio de la complejidad: ¿Quién y cómo puede ser estudiada la complejidad? ¿Cuál es la relación entre el objeto de estudio (problemas complejos) y las disciplinas que ayudan al estudio de esto? En sentido estricto, la complejidad es una serie de acontecimientos continuos que no pueden clasificarse de acuerdo con el objeto de cada disciplina; la realidad es compleja y por tanto sería un error ser estudiada por separado, se debe estar consciente que estos cambios representan la confrontación de ideas e intereses entre actores y grupos sociales, por lo que resulta difícil de manejar.

Conviene destacar que, aunque los sistemas complejos carecen de límites precisos, pueden ser definibles en un contexto dado. La definición y delimitación surge a lo largo de la investigación de acuerdo con los objetivos y casos particulares. En el caso de investigaciones como esta, el sistema puede ser definido bajo criterios que faciliten la investigación, considerando atributos, espaciales, políticos, temporales y a los actores que están involucrados e incluyendo los elementos que influyen en la problemática bajo estudio. En algunos casos es una delimitación arbitraria pero consciente, un recorte de la totalidad reconociendo los motivos por los que se delimita de una manera específica. De tal manera, es necesario encontrar formas de aprovechar estos esfuerzos teóricos y metodológicos, maneras de operacionalizar caracterizaciones en estudios de caso que permitan el desarrollo de la gestión ambiental, especialmente en la delimitación de unidades ambientales y de manejo de los recursos ambientales y sociales.

2.1.2 Modelación como método científico en sistemas complejos

Los modelos son herramientas que aportan al entendimiento de los sistemas complejos, además de contribuir a detectar estrategias y mecanismos para la mejor toma de decisiones. En todo proceso de toma de decisiones es imprescindible contar con un conocimiento profundo del comportamiento del sistema que “el modelo” representa. Los sistemas complejos son representaciones de conjuntos de procesos y fenómenos, que pueden ser modeladas como una totalidad organizada, con un tipo de funcionamiento específico. Se identifican distintas etapas en el desarrollo y entendimiento de los sistemas complejos, derivada de dos características, el reconocimiento de “niveles de organización” de acuerdo con el acomodo

o disposición de sus elementos con dinámicas propias, y a la capacidad de evolucionar por la reorganización continua. Partiendo de esto es posible separar datos provenientes de distintas fuentes o procesos, lo cual permite analizar aspectos cuantitativos que describen parcialmente un fenómeno.

Otro momento importante en la modelización es identificar las etapas dentro de un fenómeno proceso específico que se pretende analizar. Estas etapas pueden ser la guía de hipótesis y suposiciones contundentes relacionadas con la causalidad de los problemas, la confirmación de estas suposiciones da validez al marco metodológico, de tal forma que las aproximaciones preliminares son importantes. Por otra parte, el análisis de la reorganización continua tiene implícita la noción de no ser una entidad aislada, sino que es resultado de una conceptualización separada del resto, de acuerdo con determinados criterios. Por lo tanto, no es posible estudiar un sistema definido sin tomar en cuenta sus interacciones con los elementos que hemos dejado fuera de los límites establecidos. Esta resulta una de las complicaciones más frecuentes de la investigación y que a su vez presenta mayores complicaciones. La importancia radica en que las transformaciones estructurales vistas desde la perspectiva de no linealidad están fuertemente condicionadas por la interacción entre elementos fuera de los límites establecidos arbitrariamente. Lo anterior describe un proceso de generación de conocimiento; es, además, la sucesión de abstracciones continuas. Bajo este enfoque, los sistemas complejos en muchas ocasiones son una expresión ambigua, debido a que no se refieren solamente a una entidad específica, la cual pueda ser descrita después de una observación detallada. Es una modelización teórica derivada de datos empíricos. Bajo este enfoque las investigaciones consisten en la construcción de sucesivas modelizaciones, lo que explica las relaciones involucradas, los fenómenos causales y por lo tanto el funcionamiento del sistema.

2.2 LOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS

La forma en la que importantes segmentos de la población mundial se ha relacionado con el entorno, aunado al modelo de producción y consumo cada vez más generalizado en los últimos doscientos años han provocado importantes consecuencias en el equilibrio de los sistemas naturales. El interés por desarrollar nuevas formas de análisis y estudio deriva de ello, la preocupación de grupos de especialistas de diversas disciplinas científicas es cada vez mayor y esto exige nuevos marcos conceptuales, teóricos, herramientas innovadoras de investigación y colaboración que integren y permitan el análisis holístico y permitan la comprensión de las relaciones entre todos los elementos (Moberg y Simonsen, 2011).

De esta manera tiene su inicio la teoría de los sistemas Socioecológicos, en el que Berkes y Folke (1998) describen que se trata de un concepto integrador, holístico, que busca estudiar las relaciones humano-

naturaleza de una forma sistémica, tomando en cuenta las características de complejidad, condicionante intrínseca en los problemas ambientales desde esta perspectiva. De acuerdo con lo anterior los SSE “Sistema Socioecológico” o SES “Social Ecological System” se conforman por tres elementos principalmente, agentes¹, acciones² y sustrato físico³. Son comunidades naturales o conjuntos humanos (1) que se relacionan e interactúan (2), hacen uso y son parte del territorio (3) y viceversa, (Anderies et al., 2006) -en este punto es posible identificar a las ciudades, también como ambientes naturales, modificados y codificados con elementos tecnológicos pero que se incluyen dentro de la noción de territorio-. Entre sus principales características (Holling, 2001; Folke, Colding y Berkes, 2002) se incluyen:

- Presentan una importante red de interrelaciones en aspectos ecológicos, culturales, tecnológicos y sociales.
- Son sistemas con auto-organización
- Presentan reacciones que corresponden a la no linealidad
- Tienen niveles considerables de incertidumbre

La *Resilience Alliance* (2016) considera que los SSE son complejos y adaptativos, y que uno de los principales objetivos bajo estos argumentos teóricos es el estudio de sus interacciones y retroalimentaciones, que deben ser considerados sistemas abiertos bajo una estructura anidada, con múltiples escalas y dimensiones, que tienen distintas dinámicas y velocidad en los procesos que experimentan. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los SSE son también unidades de estudio definidas por cada investigador o especialista, en función del interés particular o del proyecto de investigación (Ostrom, 2009).

Haciendo énfasis en las características de los SSE, se pueden mencionar distintas capacidades o cualidades. Algunos ciclos, períodos, escalas espaciales y patrones están en función de elementos y procesos biofísicos, tal es el caso del relieve o el clima. Sin embargo, no están exentos de ser modificados por fenómenos que son resultado de la existencia de prácticas humanas, formas de organización o modos de gobierno, que pueden ser identificados como sistemas de gobierno, formas de gestión y planeación o instituciones (Carpenter et al., 2001; Turner et al., 2003). De manera simultánea los componentes antrópicos de los SSE también se encuentran bajo la influencia y son modelados por las características y ritmos ambientales definidos por el lugar donde surgen (Cronon 1983, Diamond 1997, Dove and Kammen 1997, Ostrom 1990, Berkes y Folke 1998, en Redman y Kinzig, 2003).

La estabilidad que presenta un sistema Socioecológico está determinada por el concepto de equilibrio dinámico, lo que significa el acomodo o configuración de sus elementos, así como por la inercia no lineal

de las interacciones entre sus componentes. Es por estos motivos y por la bidireccionalidad de las interacciones entre los elementos que no es posible realizar análisis efectivos de sistemas humanos y ambientales de forma separada. De acuerdo con esta teoría es necesario analizarlos de forma conjunta (Redman y Kinzig, 2003).

En la teoría de los SSE, la adaptación es un término que sirve para entender mejor las capacidades de un sistema para organizarse y emprender acciones que le permitan encontrar nuevos estados de equilibrio. Esto puede ser visto como lograr la continuidad en las funciones conservando la identidad del sistema, es decir, seguir proporcionando beneficios o seguir siendo productivo. La adaptación es bajo esta perspectiva, la manera de manejar la resiliencia de forma exitosa de acuerdo con trayectorias específicas deseadas. Resiliencia entonces, es la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones y reorganizarse mientras se somete a un cambio, de modo que aún conserve esencialmente la misma función, estructura, identidad y retroalimentación (Resilience Alliance, 2015), además de ser una capacidad de renovación, reorganización, y de desarrollo (Walker et al., 2006).

En el manejo de la resiliencia se incluyen atributos como modelar y definir la trayectoria en la que se desea transitar y la cualidad de modificar el entorno, tener control de atributos ambientales y sociales permite a los SSE ser mayor o menormente resilientes. Por una parte, en los ecosistemas, las capacidades adaptativas están relacionadas con cuestiones como la diversidad biológica, que generan mosaicos heterogéneos en los paisajes, y que a su vez está relacionada también con la diversidad genética (Carpenter et al., 2001). Por otra parte, los sistemas sociales se adaptan en todo proceso mediante mecanismos sociales como, normas, conductas individuales o colectivas, organización y administración de recursos para hacer frente a factores de estrés y amenazas (Manuel-Navarrete et al., 2015).

El pensamiento de la resiliencia desde la teoría de los SSE ha crecido en notable aislamiento de la literatura crítica de las ciencias sociales sobre las dimensiones humanas del cambio ambiental considerando las superposiciones en los intereses de investigación (Cote y Nightingale, 2012). Esto es tanto un síntoma como un resultado de la falta de atención a los procesos de cambio social y político en la dinámica adaptativa. Sin embargo, la ecología política y los enfoques relacionados que se centran en los mecanismos de afrontamiento para el cambio ambiental y la variabilidad climática han demostrado que examinar los contextos socioculturales y el poder ayuda a captar las heterogeneidades subyacentes a través de diferentes dinámicas de sistemas socio-ecológicos (Cote y Nightingale, 2012).

Derivado de lo anterior, surge el concepto de acoplamiento, que es otra característica importante dentro del estudio de los SSE. El acoplamiento se refiere a las formas en que los grandes componentes (social-natural-tecnológico) se organizan y relacionan, sea materialmente o por medio de acciones o conductas. Recientemente se han explorado innovadoras y complementarias formas de conceptualizar el acoplamiento. Manuel-Navarrete et al. (2015) incorporan la noción de un *dobles acoplamiento* que se explica debido a que la organización de los SSE es “asimétrica”, dado que la esfera y dinámica social depende de procesos subjetivos (creencias, ideales, tendencias) a través de los cuales los agentes humanos pueden dirigir conscientemente el sistema general. Estas nuevas perspectivas obligan a los investigadores a crear nuevas herramientas para el análisis. Las propuestas resultantes pueden ser analogías combinadas con métodos que han funcionado en otras disciplinas como la ecología, la psicología, la sociología o la geografía, y aportan a generar distintas formas de medir las variables consideradas en una investigación. De este modo es posible identificar algunas configuraciones deseables en los SSE desde una perspectiva humana y otras que no son deseables.

Tomar decisiones sobre el manejo de SSE ignorando las características que sustentan su complejidad puede conducir a resultados indeseables, no obstante, lo anterior no significa que los modelos deben incluir todas las características de los SSE, sino más bien, incorporar detalles esenciales y lograr un equilibrio en el que el análisis no deje fuera elementos clave que expliquen el comportamiento del sistema. Añadir elementos complejos a modelos simples puede arrojar resultados novedosos (Levin et al., 2013).

2.3 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es un concepto amplio, complejo y con múltiples acepciones. Se ha utilizado con el objeto de comprender las formas en que un sujeto, lugar o sistema es susceptible a experimentar daños en su estructura primordial, y en general a condiciones negativas que impidan desarrollar sus funciones con normalidad y plenitud (Liverman, 2001). No obstante, actualmente continúan las discusiones en torno a las características y los elementos que deben considerarse al momento de determinar la vulnerabilidad. Es conveniente hacer la diferenciación de ideas y otros conceptos, por ejemplo, la vulnerabilidad de un grupo social no es lo mismo que sus necesidades; éstas tienen un carácter inmediato, mientras que la vulnerabilidad está determinada además por factores de más largo plazo, muchos de ellos estructurales. En este sentido, la ayuda ante emergencias tradicional frecuentemente se limita a satisfacer las necesidades básicas para la supervivencia y mitigar las consecuencias ante una perturbación, pero apenas incide en los factores que causan la vulnerabilidad.

De manera general, se han identificado las principales corrientes que abordan y analizan el concepto de vulnerabilidad. La primera y más antigua, relacionada a los peligros y riesgos estudiados desde la geografía, donde se determina la vulnerabilidad como la suma de tres elementos: peligro, exposición y probabilidad (Burton et al., 1978; Stoltman et al., 2004). Con este enfoque se realizaron estudios relacionados con los desastres. Esta connotación también fue adoptada y se emplea en contextos políticos y económicos, basada en la probabilidad de que ocurra un colapso económico o una situación adversa a los mercados. Por otra parte, el concepto de vulnerabilidad contextualizado desde el enfoque de ecología política tiene como característica principal, que se trata de una condición mas no como una propiedad, de esta manera se hace referencia a que es un proceso acumulativo con múltiples causas que determina el potencial de los efectos negativos que pueden experimentar los sujetos, grupos y ambientes (Cardona, 2004).

En este orden de ideas la vulnerabilidad social, tiene sus raíces en la ecología política, analiza las causas y consecuencias, analiza las relaciones de poder, la distribución de los recursos, el conocimiento y el desarrollo tecnológico, noción donde se entrelazan aspectos biofísicos y cuestiones sociales que en lo concreto se territorializan de modo desigual, pues no toda la población de un asentamiento está expuesta de modo similar. Para algunos autores estas diferencias derivan, además de las estructuras de poder imperantes y de factores tan diversos como la densidad poblacional, los niveles de ingreso, la educación, el uso del suelo, la capacidad de los gobiernos o grado de gobernanza, entre otros (Aguilar, 2004). La concepción de vulnerabilidad en este sentido toma poco en cuenta patrones en las condiciones objetivas de riesgo o en los patrones sociodemográficos de las poblaciones y grupos sociales afectados; y, en cambio, da una enorme importancia a la relación contextualmente específica entre los fenómenos políticos, culturales y físicos subyacentes, y a la manera en que éstos desencadenan desastres, sean estos crónicos o catastróficos (Pelling, 2003:15).

Sin embargo, recientemente otra corriente que ha puesto énfasis en el análisis y medición de la vulnerabilidad es la entendida desde el enfoque de los sistemas socioecológicos acoplados, vinculada al concepto de resiliencia, donde Crawford S. Holling sobresale como pionero en esta perspectiva. Bajo el enfoque de ciencias de la sostenibilidad y de acuerdo con Turner (2003), el estudio de la vulnerabilidad está estrechamente relacionado con la noción de “cambio” como una constante, es decir, se reconoce el dinamismo como elemento que determina las condiciones de un sujeto, grupo o sistema bajo algún grado de vulnerabilidad, también se incorpora la noción de la escala en la que ocurren las diversas interacciones entre los elementos que constituyen la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad social es una condición multidimensional, multiescalar y relativa. Todas las personas somos vulnerables en distinto grado a distintas amenazas o peligros; cada individuo en función de circunstancias socioeconómicas y condicionantes personales tiene un propio nivel de vulnerabilidad, así como un tipo de vulnerabilidad. Esto significa que uno puede ser más vulnerable a un tipo de catástrofe potencial, pero poco a otra, ya que cada una de ellas se manifiesta e incide de forma diferente. A su vez cada persona cuenta con capacidades a su alcance para hacer frente a estas afectaciones, estas capacidades están determinadas por una serie de características que son el resultado de sus recursos, relaciones, información o experiencia con la que cuentan. Estas variaciones o características se identifican como grado de sensibilidad, nivel de exposición ante una amenaza y capacidades de adaptación, y bajo ciertos enfoques son componentes esenciales en el estudio de la vulnerabilidad. Lo anterior permite reconocer que la vulnerabilidad tiene dos componentes: uno biofísico ante el cual hay que desarrollar capacidades; y otro social o socioeconómico, es decir, donde se expresan las asimetrías sociales, mismas que derivan en grados desiguales de exposición y sensibilidad ante contingencias (Delgado et al., 2015).

Si bien los abordajes referidos no se orientan exactamente hacia un mismo sentido, Eakin y Luers (2006) defienden la postura en la que la diversidad de enfoques es necesaria para hacer frente a la complejidad del concepto, y que éstos actúan de forma complementaria. De tal forma, un reto significativo al estudiar este concepto es realizar comparativas que ilustren de forma eficiente los grados de vulnerabilidad con relación a una determinada problemática. En este sentido, la calidad de los datos recabados y el uso e interpretación de indicadores adquieren gran relevancia (Eakin y Luers, 2006). Por tanto, es un concepto esencial para poder diseñar y orientar adecuadamente las políticas públicas en materia de desarrollo socioeconómico, así como las intervenciones de acción humana. De acuerdo con lo anterior existen estudios que identifican elementos clave que deben considerarse para la medición y análisis de la vulnerabilidad.

2.3.1 Vulnerabilidad al acceso diferenciado al agua potable

Retomando el caso específico del agua en las ciudades y la relación con el concepto de escasez es pertinente mencionar la relevancia ya que se trata de un elemento natural imprescindible para la vida y para toda clase de actividad humana, la importancia que tiene en el imaginario colectivo e individual es diversa. En algunos casos esta importancia es muy significativa debido a que, en la mayoría de los contextos, es un elemento con altos niveles de rivalidad y sometido a importantes grados de presión y demanda en cualquier ámbito, sobre todo en contextos urbanos, donde se requiere que sea distribuido bajo criterios

específicos relacionados con el volumen la continuidad y la calidad, que garanticen el uso doméstico y sobre todo el consumo humano. No obstante, en la mayoría de los ambientes urbanos el agua adquiere connotaciones distintas, se agregan ciertos atributos que derivan del proceso de *gestión*; el agua deja de ser sólo un recurso natural de uso común y libre acceso, para convertirse en *agua potable*, la cual se distribuye bajo condiciones determinadas por múltiples y complejos factores, pero sobre todo por decisiones humanas.

Antes de realizar aseveraciones respecto al significado de *escasez* o *acceso diferenciado* al agua o cualquier otro recurso, es pertinente hacer una breve exploración a un concepto considerablemente más amplio y en cierto modo abstracto, que es la *equidad*. La definición de equidad, sin considerar el estatus socioeconómico, se refiere a la igualdad de oportunidades. Este concepto es una noción relativa a lo que es *justo* entre los individuos; representa el otorgar a cada individuo lo que requiere para tener condiciones de bienestar, igualdad y justicia social. En este sentido es imposible tener solo una definición de lo que esto significa, debido a que cada grupo o persona lo define de acuerdo con sus principios, necesidades y criterios racionales. Sin embargo, algunos autores identifican ciertas categorías que describen la *equidad* en cuanto al acceso a servicios públicos.

Estas clasificaciones corresponden a los siguientes aspectos: a) igualdad sin importar condición y capacidad de pago. Es decir, todos deberían acceder a los beneficios de forma idéntica; b) compensatorio, relacionado con la pobreza, es un equilibrio de permitir el acceso a beneficios a las personas menos favorecidas y sin capacidad para acceder de manera convencional; c) Por la demanda, en este tipo, se mezclan la participación activa, la exigencia política además de argumentos de uso demostrado; d) equidad por criterios de mercado, cuantas más personas pueden pagar y demandan el recurso, este se les suministra. Este tipo de distribución necesariamente debe realizarse bajo la premisa del conflicto entre eficiencia y equidad (Crompton y Wicks, 1988; Crompton y Lue, 1992). La equidad también se puede definir con base en la distribución espacial de la igualdad entre la población y los recursos (Talen, 2002 y Talen, 1996); la equidad espacial es esencialmente igual al acceso a los servicios públicos básicos que se mide por un índice de distancia (Kinman, 1999; Ogryczak, 2000; Smith, 1994; Talen y Anselin, 1998).

Históricamente se ha buscado entender el cómo y por qué las ciudades presentan características que reflejan división social, en específico los patrones de distribución que tiene que ver con la diferenciación urbana. Este tipo de estudios tienen una relación estrecha con la identificación de componentes de la división social, uno de ellos es el reconocimiento de disputas entre ocupantes de la ciudad por recursos de interés común. De acuerdo con Schapira Prévôt (2001) la segregación espacial es un proceso de unión y

diferenciación socioeconómica y cultural, basado en las fuerzas de producción y en la división social del trabajo que territorialmente son evidentes a través de los componentes de la estructura urbana como el uso del suelo, el equipamiento y la infraestructura. Asimismo, algunos autores identificaron el proceso de la asignación de recursos públicos como una “función oculta de los gobiernos” (Jones, Geenberg y Drew, 1980 en Padilla, 2012). No obstante, actualmente recibe gran atención por parte de las organizaciones sociales no gubernamentales, empresas privadas y grupos sociales, dependiendo del recurso en cuestión, ya sea por intereses creados o por la necesidad de gestionar los recursos de manera distinta.

Las complejidades involucradas en la asignación equitativa de recursos públicos incluyen una multitud de juicios de valor sobre quién debe beneficiarse, la naturaleza de la justicia social y la definición de consenso político. Desde el análisis político se explora la moralidad de las elecciones políticas en la asignación de recursos, la estructura preferida del gobierno para satisfacer las necesidades de servicios, los requisitos fiscales y la administración de la prestación de servicios (Merget 1979 en Talen, 1998). La relevancia de estos temas es debido a que los recursos públicos son, en cierto sentido, parte de los ingresos de cada individuo, su distribución espacial afecta directamente a la distribución del bienestar público (Pahl, 1971; Harvey, 1973 en Talen, 1998). Lo anterior permite entonces, hacer una relación entre los conceptos anteriormente mencionados (equidad-recursos). Por tanto, la definición de *acceso diferenciado* puede ser entendida como la dotación o distribución irregular e inequitativa de un servicio o bien a la población por ejemplo agua potable.

La distribución desigual de agua potable abre un abanico amplio de ideas y conceptos que se encuentran entrelazados, es necesario tener una perspectiva general e identificar que se trata de un problema complejo, que es posible analizar desde diversos enfoques. El avance tecnológico actualmente permite hacer frente desde distintos ángulos a este tipo de problemática; las bases teóricas y estudios especializados son abundantes, por lo tanto, es pertinente buscar integrar esa información, generar mecanismos para que la información fluya eficientemente entre las distintas escalas, estructuras y actores relacionados.



CAPÍTULO 3

Capítulo 3

3 MÉTODOS

3.1 EL MARCO TEÓRICO-ANALÍTICO DE VULNERABILIDAD DE TURNER (TVUL)

Dado que este trabajo es una aplicación ajustada y se sustenta en el marco teórico-metodológico para determinar vulnerabilidad desarrollado por Billie L. Turner y colaboradores (2003), es pertinente detallar algunos aspectos en cuanto a la conceptualización del mismo. Este marco tiene como objetivo hacer coherente el análisis de la vulnerabilidad con las preocupaciones de la sostenibilidad y la ciencia del cambio ambiental global (Turner et al., 2003), además de resaltar la importancia en el diálogo entre la parte científico-académico y la toma de decisiones. Bajo este marco de análisis, la vulnerabilidad debe ser entendida como algo más que la exposición a los peligros o perturbaciones, el autor hace énfasis en la incorporación de conceptos amplios, que juegan un papel importante en el entendimiento de la vulnerabilidad. Dentro de este enfoque se deben considerar también las habilidades y capacidades técnicas y conceptuales para tratar temas relacionados con los sistemas Socioecológicos acoplados, así como revisiones amplias en el diseño básico del análisis, tomando en cuenta los vínculos dentro y fuera, los cuales se relacionan con la vulnerabilidad del SSE.

Los autores de este marco teórico-metodológico identifican a la vulnerabilidad como un concepto central para los objetivos de las ciencias de la sostenibilidad, debido a un doble propósito, que significa por una parte satisfacer las necesidades de la sociedad, simultáneamente a mantener estables los sistemas que dan soporte a la vida en todas sus dimensiones. En cuanto a la sensibilidad, los distintos grupos sociales o individuos en cuestión presentan distintos grados de sensibilidad ante un estresor, y de acuerdo con Amartya Sen (1992), es una condición ligada fuertemente a los derechos y la posibilidad de ejercer control sobre ciertos recursos o bienes, característica que ejemplifica fácilmente las diferencias entre grupos sociales. A su vez, esta condición de derechos se combina con los mecanismos de defensa contra las amenazas, ya que las unidades sociales no son un componente pasivo. Sin embargo, las estrategias para hacer frente a las amenazas también se encuentran en las estructuras sociales, instituciones y formas de organización política.

Por otra parte, el concepto de resiliencia ha resultado relevante debido a la noción de capacidad adaptativa; la flexibilidad de los ecosistemas y la habilidad de los sistemas sociales para aprender al responder ante

perturbaciones. En este contexto, la resiliencia se entiende como la capacidad de un sistema de absorber los disturbios y reorganizarse, y mientras que cambia, mantiene esencialmente la misma función, estructura, identidad y sus retroalimentaciones (Walker et al., 2006). Los cambios sociales son esenciales para la resiliencia de los sistemas socioecológicos, es por esta razón que se reconocen a la capacidad adaptativa y transformativa como clave dentro de la resiliencia. De acuerdo con este concepto, las amenazas pueden significar simultáneamente oportunidades de ajustes, diagnóstico y reorganización de las condiciones actuales; a su vez pueden traer como consecuencia cambios deliberados o forzados, como: movilizaciones sociales, aprendizaje social y fuentes e innovación para construir nuevas formas de adaptación, o en su caso el diseño de rutas para la transformación. A menudo estos cambios implican variaciones en las percepciones y significados de redes sociales, patrones de interacción entre los diversos actores y relaciones de poder, así como los arreglos institucionales y organizativos.

3.2 COMPONENTES ESENCIALES PARA EL ANÁLISIS AMPLIADO DE VULNERABILIDAD (TVUL)

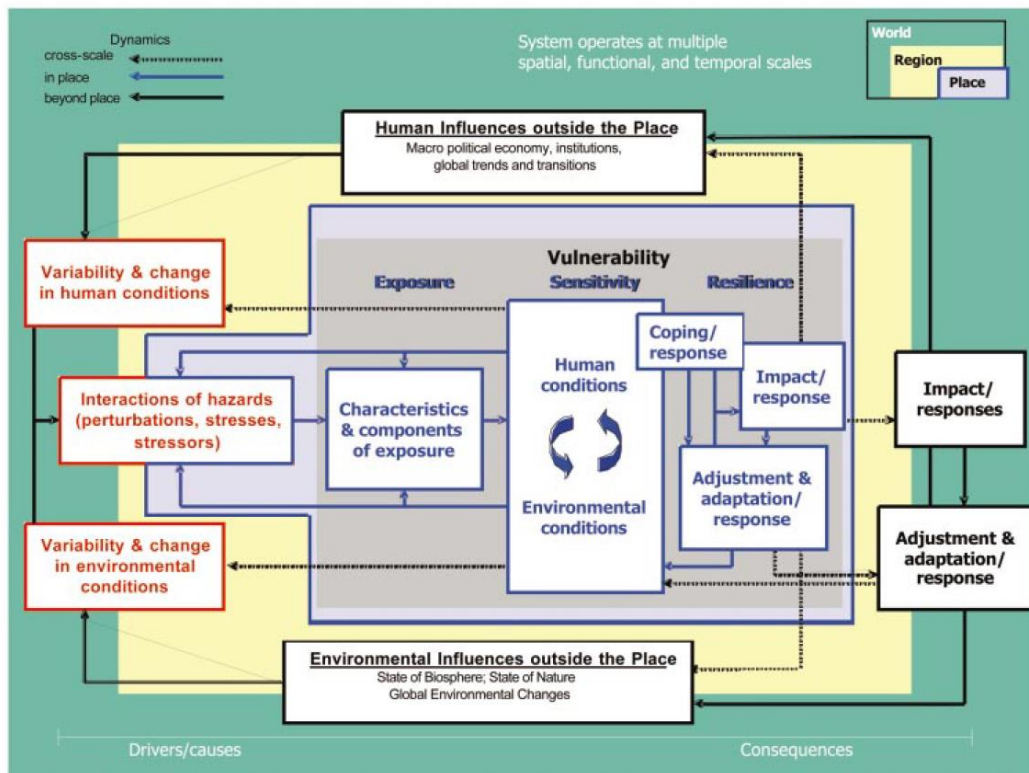
Otras consideraciones relevantes respecto a este marco tienen que ver con integrar el análisis de vulnerabilidad con la toma de decisiones, creando vínculos y capacidades institucionales, desarrollando métricas e indicadores para el modelaje y evaluación, y determinando la escala de análisis más adecuada, de acuerdo con la problemática. En este sentido, toma relevancia la diversidad de contextos que determinan las respuestas de los sistemas y se hace evidente la importancia y la necesidad de realizar análisis basados en escalas locales. A continuación, se mencionan los elementos más relevantes a considerar bajo este marco de análisis de vulnerabilidad (ilustración 10);

- a) Considerar la interacción de múltiples perturbaciones o estresores.
- b) La exposición va más allá de la presencia de un estresor.
- c) La sensibilidad de los SSE a la exposición.
- d) Las capacidades de los SSE para lidiar y ajustarse ante un estresor (resiliencia).
- e) La reorganización del SSE después de responder o estar sometido a un estresor.
- f) Las escalas anidadas de los SSE, las amenazas y las respuestas.

Con base en estos antecedentes, es presentado el marco de análisis de vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos de manera sintetizada, en el que se consideran las características sistémicas y amplias del problema, enfatizando las interacciones y los componentes principales que generan vulnerabilidad en los SSE. La construcción elemental de este marco teórico-metodológico incluye:

1. Las relaciones a partir de las dinámicas o procesos entre los sistemas social, biofísico y tecnológico.
2. Identificar las perturbaciones o estresores que surgen en el SSE a partir de los vínculos entre los subsistemas.
3. Las características específicas de los SSE en cuestión de exposición y respuestas ante los estresores.

Figura 8 Diagrama de vulnerabilidad. Fuente: Turner et al. 2003.



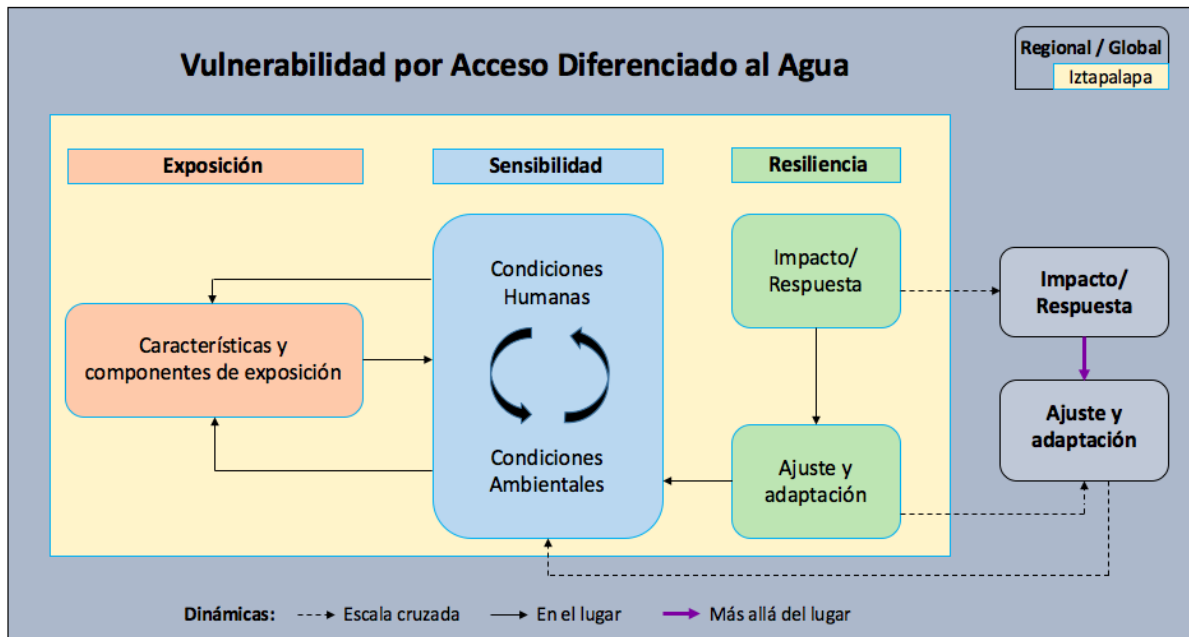
Independientemente del tamaño y las dimensiones representadas por el SSE en cuestión, los SSE constituyen un lugar de análisis donde se considera a las amenazas como un componente, tanto externo como interno, y donde las características o condiciones sociales y ambientales del sistema en general, determinan su sensibilidad y mecanismos de ajuste. Frecuentemente estos mecanismos dan paso a la adaptación; finalmente, las respuestas y sus productos determinan la resiliencia del sistema, que es capaz de trascender escalas (hacia arriba y hacia abajo) del problema en cuestión. Este marco ilustra la complejidad e interacciones involucradas en el análisis de la vulnerabilidad, enfocándose en los actores y las relaciones que potencialmente inciden en la vulnerabilidad de los SSE en una escala dada. No obstante, poco se ha explorado por integrar el peso de factores como las relaciones de poder, en medida que se

logren integrar de forma objetiva, se enriquecerá el análisis de problemas sociales.

3.2.1 Vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable en Iztapalapa

Para realizar el análisis de los componentes de la vulnerabilidad en torno al acceso diferenciado al agua potable en la alcaldía Iztapalapa, se realizó una simplificación del marco de vulnerabilidad propuesto por Turner et al., 2003 (Ilustración 10). Los componentes asociados con la escala regional fueron fusionados con el contexto global debido a la naturaleza de los datos disponibles. Sin embargo, debido a los objetivos del presente trabajo, la escala “lugar” es en la que se centró el esfuerzo de análisis. Los componentes de la vulnerabilidad “exposición”, “sensibilidad” y “resiliencia o capacidad adaptativa” fueron definidos con los datos oficiales disponibles en las distintas plataformas académicas y gubernamentales.

Figura 9 Marco de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable en Iztapalapa. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Turner et al. 2003.



3.3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La estrategia metodológica diseñada en esta investigación, consistió en los siguientes pasos: selección de variables con base en revisión crítica de bibliografía; construcción de bases de datos, resultado de investigación documental en dependencias y referencias específicas; construcción de capas de información geográfica para cada componente lo cual implicó las siguientes tareas específicas: normalización de los datos disponibles, ponderación de cada componente del modelo de vulnerabilidad y la construcción del

modelo de vulnerabilidad mediante análisis multicriterio; por último, la integración e interpretación final de la información y la construcción del mapa de vulnerabilidad para la demarcación. A continuación, se describe cada uno de ellos.

3.4 SELECCIÓN DE VARIABLES Y COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN CON BASE EN REVISIÓN CRÍTICA DE BIBLIOGRAFÍA.

Con base en la revisión crítica de bibliografía sobre el ciclo urbano del agua, agua potable, desigualdad social y urbana, conflictos socioambientales, recursos comunes, gestión y gobernanza del agua y sistemas de infraestructura hídrica, y la información disponible para la demarcación de estudio, se seleccionaron las variables que constituyen cada uno de los componentes del modelo de vulnerabilidad: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. A continuación, se describe la lista de variables y su relación con el acceso diferenciado al agua potable en la alcaldía de Iztapalapa.

Los elementos considerados para evaluar la exposición fueron:

3.4.1 Servicio Intermitente de Agua Potable

Se refiere al número de horas a la semana en las que las viviendas reciben dotación de agua potable por medio de la red de infraestructura hidráulica. Se asume una relación positiva entre el número de horas semanales con dotación de agua potable y el acceso a la misma, señalando que más horas de dotación resultan en mayor acceso. Esta información se obtuvo del Plan Hídrico de Iztapalapa, para el año 2007. La unidad de medición es horas a la semana (h/sem.). Los datos originales se encuentran a escala colonia; para este trabajo se ajustó a escala manzana.

3.4.2 Falta de Agua Potable

Se refiere al número de reportes por falta de agua potable estimados por cada 10 viviendas por manzana. Se asume una relación negativa entre número de reportes y el acceso al agua potable, señalando que más reportes resultan en menor acceso. Esta información se obtuvo del Plan Hídrico de Iztapalapa, para el año 2007. La unidad de medición es número de reportes por cada diez viviendas (rep. /10 v.). Los datos originales se encuentran a escala colonia; para este trabajo se ajustó a escala manzana.

3.4.3 Fugas de Agua Potable

Se refiere al número de reportes por fugas en la red de agua potable por cada diez viviendas. Se asume una relación negativa entre el número de reportes por fugas y el acceso al agua potable, señalando que más reportes resultan en menor acceso. Esta información se obtuvo del Plan Hídrico de Iztapalapa, para el año

2007. La unidad de medición es número de reportes por cada diez viviendas (rep. /10 v.). Los datos originales se encuentran a escala colonia; para este trabajo se ajustó a escala manzana.

Para evaluar sensibilidad, se consideraron los siguientes elementos:

Fueron consideradas algunas variables del Índice de desarrollo Social, elaborado por el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (Evalúa-CDMX, 2010). Si bien, los datos originalmente provienen del Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010), estas variables fueron seleccionadas por su naturaleza y por el manejo previo de los datos que tiene por resultado una escala de información que se acopla a esta investigación, las variables tomadas en cuenta son:

3.4.4 Calidad y Espacio en la Vivienda (CEV)

Se asume que el nivel en la *Calidad y Espacio en la Vivienda* (CEV) se relaciona con el componente de manera negativa, asumiendo que, entre menor es el nivel de calidad y espacio en la vivienda, será mayor la sensibilidad ante el acceso de agua potable.

3.4.5 Acceso a Salud Pública y Seguridad Social (ASSS)

En cuanto al *Acceso a Salud Pública y Seguridad Social* (ASSS) se asume la misma relación, entre menor sea el grado de ASSS, mayor será la sensibilidad. Esta variable abstrae la condición en la que se encuentra la población, derivada de las condiciones generales de otros sistemas más amplios y complejos como lo es el sistema de salud y lo que esto implica en infraestructura, inventarios de recursos humanos y política pública.

3.4.6 Rezago Educativo (RE)

Esta variable se relaciona con el componente, asumiendo que entre mayor sea el *Rezago Educativo* (RE), mayor será la sensibilidad de la población. De la misma forma que las variables anteriores, esta variable se tomó en cuenta con la intención de abstraer la condición de un sistema más amplio y complejo que implica políticas públicas, recursos humanos, económicos e infraestructura, así como las necesidades de la población. La relación entre la funcionalidad del sistema educativo y las condiciones en las que la población vive están directamente relacionadas.

Finalmente, para evaluar capacidad adaptativa, se incluyó:

3.4.7 Indicador de Bienes durables

La relación de esta variable con el componente está vinculada positivamente y en función de la capacidad adquisitiva. Se asume que entre mayor sea la capacidad de adquirir bienes durables, mayor es la capacidad adaptativa ante el acceso al agua potable.

3.4.8 Indicador de Adecuación Sanitaria

La relación entre la condición en la adecuación sanitaria se asume que está vinculada positivamente con las capacidades adaptativas, dado que entre mayor sea la adecuación sanitaria, mayor será la capacidad adaptativa, debido a que no estarían en directa competencia los recursos destinados de la población.

3.4.9 Indicador de Adecuación energética

La relación de adecuación energética con capacidad adaptativa es positiva, debido a que se asume que entre mejor sea la adecuación energética, mayor capacidad para resolver problemáticas en otros ámbitos.

3.4.10 Densidad de la infraestructura hídrica (red, pozos, tanques y garzas) (Elaboración propia con datos de SACMEX, 2003).

Esta variable es considerada en esta investigación con una relación positiva a la Capacidad Adaptativa ante la problemática debido a que se asume que entre mayor sea la densidad de la infraestructura hídrica, mayor será la posibilidad de dotar a la población de agua. Es decir, representa una mejor condición frente a zonas en las que no se cuenta con red hidráulica. No obstante, la selección de esta variable también puede servir para identificar el mal funcionamiento del sistema hidráulico en la alcaldía.

3.4.11 Densidad de comercializadoras de agua purificada (Elaboración propia con datos de OVIE y DENUE 2018).

Se asume que entre mayor sea el número de purificadoras mayor será el número de posibilidades para acceder a agua de buena calidad. Sin embargo, en esta investigación esta variable ha sido considerada como “mala adaptación”, debido a que, si bien representa una opción para obtener agua de calidad, el tener que adquirirla a costos comerciales, tiene una afectación directa en la economía de las familias, por lo tanto, resta en las capacidades generales para hacer frente al problema de manera contundente y definitiva.

La justificación para la selección de estas variables en la construcción de este componente responde a los siguientes criterios:

- Identificación de sitios en los que se tiene abasto por medios alternativos a la red hidráulica como: Captación de agua pluvial, autos cisterna y comercializadoras de agua. Específicamente, esta evidencia permite reconocer cuáles son las manzanas con mayores capacidades adaptativas ante la problemática general.

- Insumos para la planeación que permita resolver el problema.

Una de las vertientes de este componente indica que, entre la densidad de la red hidráulica, las fuentes de extracción, y las zonas con mayor problemática, hay una relación directa en el espacio.

- Tipologías para planes de adaptación acorde y de largo plazo.

Este criterio a su vez está fundamentado en la aseveración de que sería más eficiente una intervención a la problemática en las manzanas con pocas alternativas relacionadas con adecuación hídrica, conectividad, accesibilidad, etcétera.

Cabe mencionar que el listado anterior de variables para estimar la vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable en Iztapalapa deriva de una revisión crítica de bibliografía, así como una investigación prospectiva de datos e índices demográficos, ambientales y de infraestructura. La tabla 1 sintetiza la lista de variables y sus especificaciones.

Figura 10 Lista de variables incluidas en la evaluación de vulnerabilidad

Componente	Variable	Relación al componente	Tipo / Métrica	Escala (original / ajustada)	Origen
Exposición	Servicio Intermitente de Agua Potable	Negativa	Gestión / Horas a la semana con dotación de agua (hrs por semana)	Colonia	Plan Hídrico de Iztapalapa, 2007
	Falta de Agua potable	Positiva	Gestión / Número de reportes (Colonia x1000 viviendas) (Manzana x10 viviendas)	Colonia por cada 1000 viviendas/ Manzana	Plan Hídrico de Iztapalapa, 2007
	Fugas de Agua Potable	Positiva	Gestión / Número de reportes (Colonia x1000 viviendas) (Manzana x10 viviendas)	Colonia/ Manzana	Plan Hídrico de Iztapalapa, 2007
Sensibilidad	Calidad en el Espacio y la Vivienda (CEV)	Negativa	Condición / Grado	Localidad / Manzana	EVALUA, 2015
	Acceso a Servicios de Salud y Seguridad Social (ASSS)	Negativa	Condición / Grado	Localidad / Manzana	EVALUA, 2015
	Rezago Educativo (RE)	positiva	Condición / Grado	Localidad / Manzana	EVALUA, 2015
Cap. Adaptación	Bienes durables	Positiva	Condición / Grado	Localidad / Manzana	EVALUA, 2015
	Adecuación sanitaria	Positiva	Condición / Grado	Localidad / Manzana	EVALUA, 2015
	Adecuación energética	Positiva	Condición / Grado	Localidad / Manzana	EVALUA, 2015
	Densidad de infraestructura hídrica (red, pozos y tanques)	Positiva	Infraestructura / Gradiente en metros lineales	15 m / Pixel	Sacmex, 2001
	Densidad de comercializadoras de agua purificada	Positivo/ Negativa	Infraestructura / Gradiente en metros lineales	15 m / Pixel	OVIE - DENUE, 2010

3.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.

La información recopilada se organizó en una base de datos que comparte atributos espaciales de manera ordenada y coherente, corrigiendo incompatibilidades y errores de origen. La construcción de capas de información geográfica para cada componente, a partir de la base de datos, se llevó mediante los siguientes pasos:

Figura 11 Procesos en plataforma SIG



3.5.1 Geocodificación y generación de capas de información geográfica:

Procesar las bases de datos capturadas anteriormente con el fin de generar atributos (claves) que facilitarán el vínculo con un marco geoestadístico acorde al tipo de datos, con el fin de lograr la representación espacial más adecuada. Se realizaron procesos de ajuste de la información entre los que destacan la asignación de información espacial a la base de datos.

3.5.2 Normalización y ajuste de los datos disponibles

Para que los datos sean comparables de manera espacial, se realizó un proceso de estandarización el cual se realizó de manera específica en consideración a la naturaleza del dato original de la variable.

Para el caso del componente de **exposición** sus variables se procesaron de la siguiente manera:

1. Servicio Intermitente de Agua Potable. Se transformaron los valores de periodicidad a valores de horas con dotación de agua a la semana por colonia y posteriormente, a nivel manzana, por medio de una categorización y procesos de estadística zonal en SIGs.

2. Falta de Agua Potable. Se transformó el dato de reportes totales por colonia a número de reportes por cada 1000 viviendas para el caso de las colonias y número de reportes por cada 10 viviendas para el caso de las manzanas.
3. Fugas de Agua Potable. Se transformó el dato de número total de reportes por colonia a número de reportes por cada 1000 viviendas por colonia y para la columna de manzanas se generó el número de reportes por cada 10 viviendas por manzana.

Para el caso del componente de **sensibilidad** sus variables se procesaron de la siguiente manera:

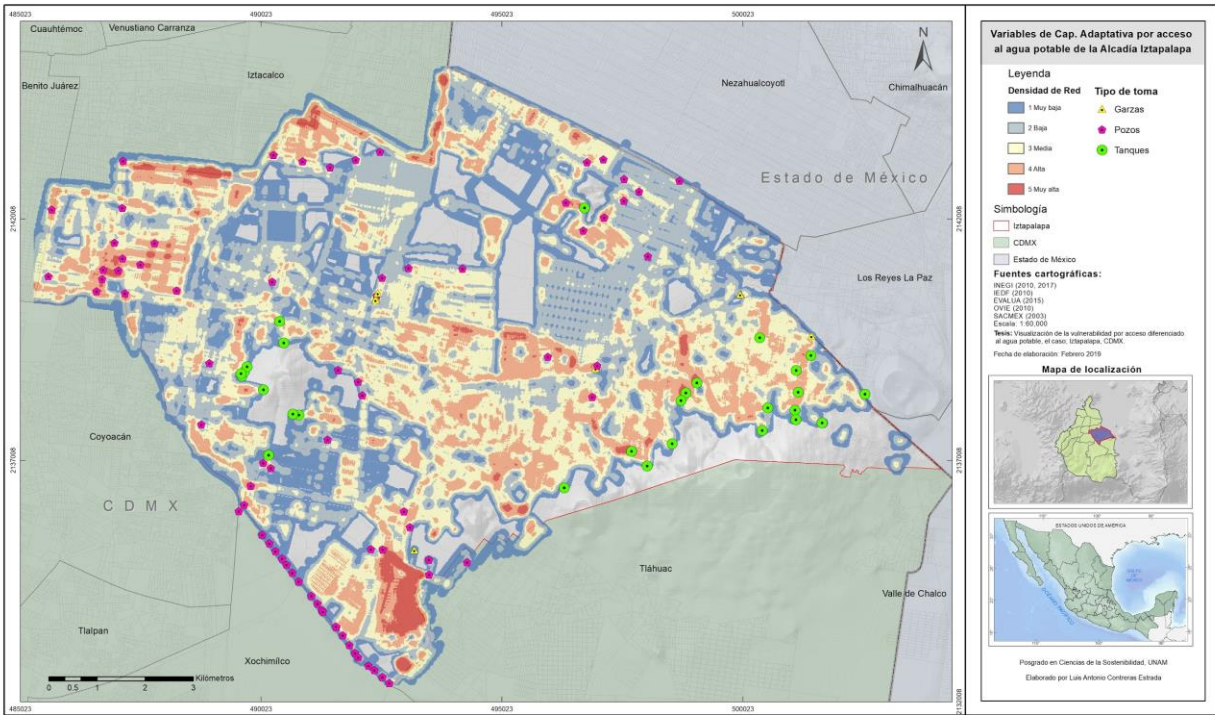
Dado que la base de datos es posible obteniéndola directo de una descargar digital; y en formato de hoja de cálculo, la cual ya cuenta con un orden a escala manzana; el proceso que se tuvo que realizar para cada una de las variables; fue una concatenación de columnas y atributos con la base de datos construida anteriormente por AGEBS, colonias y manzanas.

Este tipo de uniones requiere que las bases de datos tengan por lo menos alguna columna igual a la que se pretende unir. Si bien es un proceso automatizado, que realizándose de manera cuidadosa no implica gran inversión de tiempo. Es un proceso clave que requiere de correr procesos de comprobación por medio de supervisiones asistidas y por medio de comparativas automatizadas. Finalmente, se verificaron los datos por visualización directa de la capa, la distribución de las categorías ya estimadas en los mapas.

Para el caso de las variables del componente **Capacidad Adaptativa**, fueron procesadas de la siguiente manera:

1. El tratamiento correspondiente para las capas de información de infraestructura hidráulica, *red de tuberías, red de pozos y red de tanques y garzas*, y de la capa de puntos de establecimientos de *Comercializadoras de Agua Potable*, el cual es una variable clave en este componente, se obtuvieron métricas relativas a la distancia y densidad, a partir de las capas originales, las cuales fueron integradas a las unidades de análisis territorial (Manzana y colonia), mediante el procesamiento de “Estadística Zonal”. El resultado es el mapa que se muestra a continuación.

Figura 12 Mapa de variables de capacidad adaptativa por acceso al agua potable de la Alcaldía Iztapalapa. Fuente: elaboración propia.



- El caso de las variables *Bienes Durables*, *Adecuación Energética* y *Adecuación Sanitaria*, los datos ya se encuentran estandarizados y con una clasificación. No obstante, para la ponderación entre las variables de este componente, se reasignaron valores de peso; el proceso general para cada variable y cada componente se explica a continuación.

3.5.3 Asignación de pesos y reclasificación.

Exposición

Para lograr la integración de variables de distinta naturaleza, se realizó delimitación de umbrales mediante la segmentación de *Jenks*, con el fin de establecer una clasificación ordinal (gradiente) y compartida entre todas las variables. La siguiente tabla describe los umbrales asignados para el componente de exposición.

1Tabla 2. Umbrales asignados para las variables que integran el componente de exposición.

Nivel Ordinal	Servicio Intermitente /Colonia	FAP / Colonia	FAP / Mnz.	FUG / Colonia	FUG / Mnz.
1	4 -10	0 - 10	0 - 5	0 - 5	0 - 2
2	10.1 - 15	10.1 - 25	5.1 - 20	5.1 - 10	2.1 - 10
3	15.1 - 30	25.1 - 50	20.1 - 45	10.1 - 25	10.1 - 30
4	30.1 - 70	50.1 - 100	45.1 - 90	25.1 - 40	30.1 - 70
5	70.1 - 168	100.1 - 204	90.1 - 244	40.1 - 128	70.1 - 162

Posteriormente, se definieron atributos que jerarquizan las tres variables por medio de un análisis multicriterio. El resultado fue que la intermitencia del servicio era la problemática que se considera más relevante, por el hecho de ser un factor de incertidumbre constantemente cambiante y el que presenta la condición más negativa en la demarcación. Posteriormente, en este proceso, se estableció que, tanto los reportes de falta de agua, como los reportes de fugas de agua se ponderarán de la misma forma, ya que, a pesar de ser un problema serio, comparten formato de información y están estrechamente relacionados.

Para la cuantificación de la Exposición se definieron los siguientes pesos específicos por variable:

$$\text{Exposición} = (\text{SI} * 0.50) + (\text{FAP} * 0.25) + (\text{FUG} * 0.25)$$

SI= Servicio Intermitente

FAP= Falta de Agua Potable

FUG= Fugas de Agua Potable

Sensibilidad

Los umbrales asignados para el componente de sensibilidad consisten en el inverso de la escala ordinal definida por el Índice de Desarrollo Social elaborado por el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (Evalúa-CDMX, 2015). No obstante, se definieron los pesos específicos de sus subcomponentes, para realizar la integración del componente de sensibilidad de este análisis. La ponderación se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Sensibilidad} = (\text{CEV} * 0.33) + (\text{ASSS} * 0.33) + (\text{RE} * 0.33)$$

CEV= Calidad y Espacio en la Vivienda

ASSS= Acceso a Salud Pública y Seguridad Social

RE= Rezago Educativo

Capacidad Adaptativa

Para la cuantificación del componente de “*Capacidad Adaptativa*” se definieron los siguientes pesos específicos por variable:

$$\text{Capacidad Adaptativa} = (\text{BD} * 0.4) + (\text{AS} * 0.15) + (\text{AE} * 0.05) + (\text{DIH} * 0.20) + (\text{DCAP} * 0.20)$$

BD= Bienes Durables

AS= Adecuación Sanitaria

AE= Adecuación Energética

DIH= Densidad de Infraestructura Hidráulica

DCAP= Distancia a Comercializadoras de Agua Potable

2Tabla 3. Umbrales asignados para las variables que integran el componente de Capacidad Adaptativa.

Nivel Ordinal	Bienes Durables (categorización del IDS)	Adecuación Sanitaria (categorización del IDS)	Adecuación Energética (categorización del IDS)	Densidad de Infraestructura Hídrica (km/km ²)	Densidad de Comercializadoras de Agua Potable (núm. purif./km ²)
1	0 - 0.7	0 - 0.7	0.64 - 0.68	0 - 0.1	0.4
2	0.71 - 0.8	0.71 - 0.8	ND	0.011 - 0.02	4.1 - 8
3	0.81 - 0.9	0.81 - 0.9	0.85 - 0.89	0.021 - 0.035	8 - 1
4	0.91 - 1	0.91 - 1	0.9 - 1	0.036 - 0.05	2.1 - 16
5	ND	ND	ND	0.051 - 0.1	16.1 - 29.5

La definición de los pesos para este componente se determinó por medio de ejercicios reflexivos sobre la relevancia de cada variable en un contexto de problemas en el acceso al agua potable en la Alcaldía de Iztapalapa. Así como por procesos de jerarquización multicriterio. En el proceso participaron ocho habitantes de cuatro colonias de la demarcación. Cabe mencionar que, además, se realizaron observaciones y revisiones directas y reiterativas de los datos y su distribución en el espacio-mapa.

Durante el proceso de ponderación se concluyó que los datos recabados y previamente seleccionados eran limitados y que partiendo de esta limitante no sería posible abstraer la dinámica que la población experimentaba. No obstante, entre los participantes de este ejercicio, se logró un consenso en el que se reconoció que cada una de las variables respaldan y aportan a las capacidades adaptativas del sistema en general a distintas escalas.

Dos de las variables (DIH y DCAP) del componente Capacidad Adaptativa, si bien, no son un dato directo de acciones de adaptación, señalan el potencial que existe para ella, en este sentido, la densidad de la red hidráulica fue una de las variables usadas para estimar el potencial de adaptación que tiene el sistema de manera general. Un punto de partida fue asumir que, ante la problemática, la existencia o ausencia de la red repercute directamente en esta capacidad, ya que por mayor que sea la irregularidad del problema, se asume que las viviendas que tienen disponible este tipo de equipamiento cuentan con una ventaja en relación con el resto que no cuenten con esta adecuación.

Por otra parte, la variable relacionada con la presencia de potabilizadoras de agua (comercializadoras privadas), representó un grado importante de divergencia entre las posturas y opiniones, por esta razón, se realizó un planteamiento alternativo, en el que la presencia de potabilizadoras de agua se considera como

lo que en la teoría de sistemas socioecológicos adaptativos se reconoce como *Mala Adaptación* (Carpenter & Brock, 2008).

Al finalizar la construcción de este componente, se reconoció la necesidad de estimar por separado cada una de las versiones del mapa de Capacidad Adaptativa, una de ellas con la variable de Densidad de Comercializadoras de Agua Potable como una condición inversa por considerarse *Mala Adaptación*.

3.5.4 Ponderación de cada componente del modelo de vulnerabilidad

A partir de la interpretación del mapa de cada componente, se determinó la siguiente ponderación:

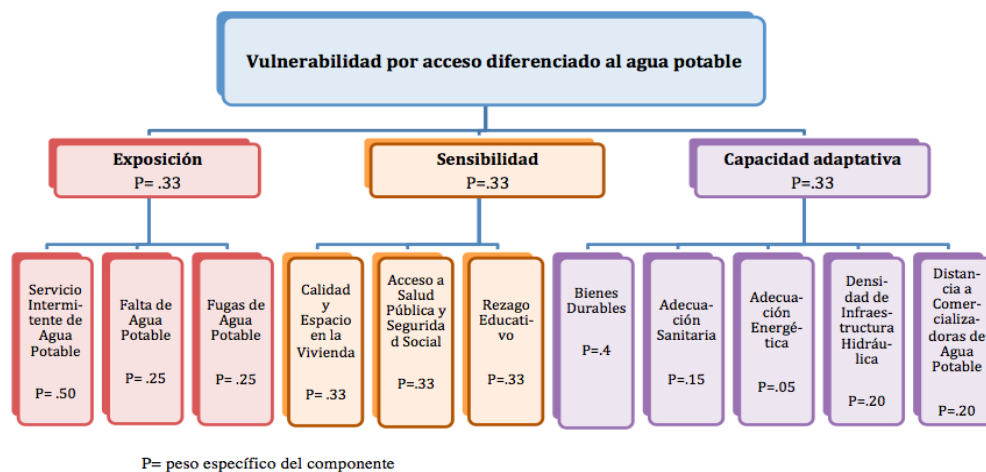
$$\text{Vulnerabilidad hídrica en Iztapalapa} = (\text{Exp.} * 0.33) + (\text{Sen.} * 0.33) + (\text{C. Adap.} * 0.33)$$

3.5.5 Construcción del modelo de vulnerabilidad mediante análisis multicriterio

Una vez cuantificados los tres componentes que integrarán el modelo de vulnerabilidad, se procedió a realizar un análisis multicriterio basado en un proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) empleando la herramienta “*Super Decisions*”. Este instrumento permitió traducir el conocimiento empírico de ocho habitantes y cuatro expertos en materia de gestión hídrica, a una serie de pesos específicos asignados a cada componente del modelo de vulnerabilidad, los cuales sirvieron como niveles de ponderación al integrar dicho modelo.

En función de las consideraciones previas, el modelo de vulnerabilidad quedó conformado como muestra la Figura 12.

Figura 13 Esquema del modelo AHP



3.5.6 Integración de información y construcción de mapa de vulnerabilidad para la demarcación

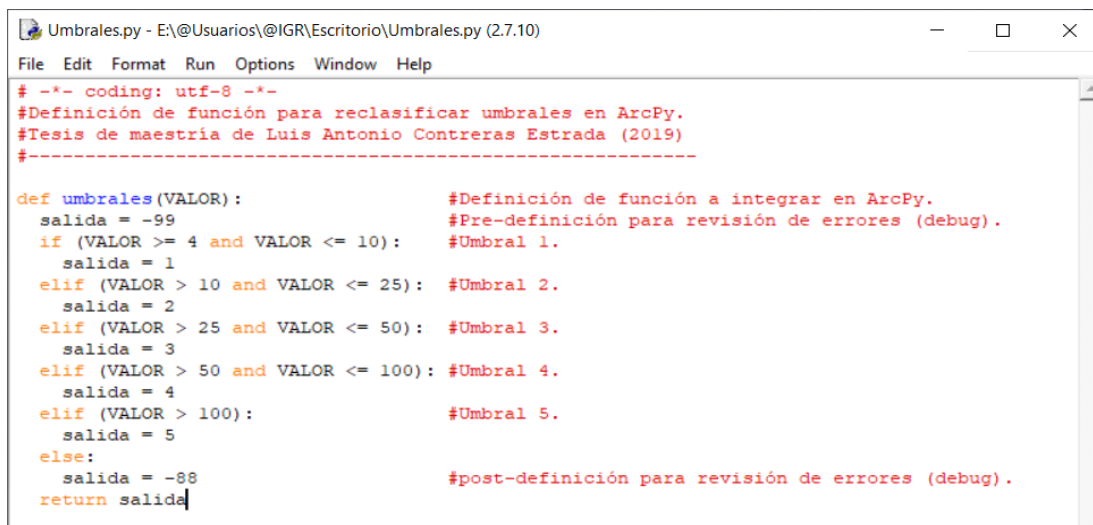
En este apartado se describe el proceso de integración; este consistió en la tarea constante de robustecer la base de datos de manera gradual y ordenada. Este proceso fue transversal a lo largo de la investigación y permitió representar espacialmente cada uno de los elementos que conforman el índice.

La base de datos tiene como algunas de sus características más relevantes, la información espacial y demográfica del total de la alcaldía Iztapalapa, 14,394 manzanas, esta información está desagregada en rubros como: población total, población económicamente activa, población con capacidades distintas, características básicas de la vivienda, superficie. Así como los indicadores de cada uno de los componentes como son: calidad de espacios en la vivienda, rezago educativo, acceso a servicios de salud y seguridad social, población con acceso a bienes durables, adecuación sanitaria y energética, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, la base de datos también integra información espacial referente a la distancia promedio y densidad de infraestructura hidráulica como la red de tuberías, tanques, pozos y garzas.

Uno de los pasos con mayor relevancia fue la generación de *scripts* o programación en lenguaje *Python* para la automatización de las operaciones matemáticas entre las columnas que conforman el índice de vulnerabilidad. Como se muestra en la figura 13, fueron generadas las operaciones para los mapas de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Figura 14 Programación en lenguaje Python para la automatización de operaciones matemáticas.



```
Umbrales.py - E:\Usuarios\@IGR\Escritorio\Umbrales.py (2.7.10)
File Edit Format Run Options Window Help
# -*- coding: utf-8 -*-
#Definición de función para reclasificar umbrales en ArcPy.
#Tesis de maestría de Luis Antonio Contreras Estrada (2019)
#-----
def umbrales(VALOR):
    salida = -99
    if (VALOR >= 4 and VALOR <= 10):
        salida = 1
    elif (VALOR > 10 and VALOR <= 25):
        salida = 2
    elif (VALOR > 25 and VALOR <= 50):
        salida = 3
    elif (VALOR > 50 and VALOR <= 100):
        salida = 4
    elif (VALOR > 100):
        salida = 5
    else:
        salida = -88
    return salida
```

Posteriormente, se diseñó el *script* de la ecuación que da por resultado la estimación de los rangos y niveles del mapa de vulnerabilidad.



CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

4.1 MAPAS POR COMPONENTE DE VULNERABILIDAD.

4.1.1 Mapa de exposición

El mapa de exposición, como se mencionó anteriormente, concentra la información relacionada al problema de abasto y dotación de agua potable, en este mapa se pueden identificar las manzanas en las que la problemática es más grave. La utilidad de este mapa recae en el hecho de que puede ser usado como insumo para diseñar estrategias de intervenciones hídricas puntuales, la base de datos permite enlistar las AGEBs, colonias y manzanas en las que se deba actuar de manera urgente o más intensamente.

El listado de colonias con el rango más elevado (muy alto) en el índice de exposición son las siguientes:

Colonia	Núm. Habitantes
CITLALLI	13631
DESARROLLO URBANO QUETZALCOATL I	51242
LA POLVORILLA (AMPL)	5131
SAN JOSE	4804
BUENAVISTA	7810
XALPA I	13631

Las colonias y número de habitantes en el nivel Alto del componente de exposición corresponden al listado siguiente:

Colonia	Núm. Habitantes
BENITO JUAREZ	1471
BUENAVISTA I	26009
CONSEJO AGRARISTA MEXICANO I	16823
EJTO CONSTITUCIONALISTA II (U HAB)	924
EL TRIANGULO	5518
HUITZICO-LA POBLANITA	1823
IXTLAHUACAN	17510
LA POLVORILLA	4182
LOMAS DE LA ESTANCIA I	21898
LOMAS ESTRELLA 1A SECC (FRACC)	1648
MIRAVALLE	13456
MONTE ALBAN	1373

PALMITAS	10226
RICARDO FLORES MAGON	1620
SAN JUAN XALPA I	12514
SAN PABLO I, II Y V-LOMAS DEL PARAISO	6143
SANTIAGO ACAHUALTEPEC (PBLO)	6259
TENORIOS	12973
TULA (BARR)	873
Total general	163243

El nivel “medio” del grado de exposición lo ocupan las colonias que se enlistan a continuación; suma un total de 406,448 habitantes y su distribución espacial es dispersa, con una ligera carga al sur de la alcaldía.

Colonia	Núm. Habitantes
2A AMPLIACION SANTIAGO ACAHUALTEPEC I	7931
BANJIDAL	3092
BARRANCAS DE GUADALUPE	897
CACAMA	1884
CAMPESTRE POTRERO	14027
CERRO DE LA ESTRELLA I	10930
CONSTITUCION DE 1917 I	8769
CULHUACAN (PBLO)	5482
EJERCITO DE ORIENTE (U HAB) II	9957
EL PRADO	2173
EL RODEO	2821
EL SANTUARIO	6520
EL SANTUARIO (AMPL)	3934
EL SIFON	10648
EL TRIUNFO	3326
EMILIANO ZAPATA (AMPL)	8880
ERMITA ZARAGOZA (U HAB) I	24079
ESTRELLA CULHUACAN	1981
ESTRELLA DEL SUR	6785
GRANJAS ESMERALDA	2306
GRANJAS SAN ANTONIO	3240
HEROES DE CHURUBUSCO	6417
JUSTO SIERRA	975
LEYES DE REFORMA 1A SECCIÓN	6810
LOMAS DE SAN LORENZO I	43829
LOMAS DE SANTA CRUZ MEYEHUALCO	5923
LOMAS DE ZARAGOZA	16369

LOMAS ESTRELLA 2A SECC I	9596
LOS REYES (AMPL)	7524
LOS REYES (PBLO)	6638
MEXICALTZINGO (PBLO)	965
MIGUEL DE LA MADRID HURTADO	14974
MIXCOATL	6933
MODELO (U)	6062
PARAJES BUENAVISTA (TETECON)	8065
PREDIO DEGOLLADO	7580
PROGRESO DEL SUR	2051
REFORMA POLITICA I	16212
SAN ANDRES TOMATLAN (PBLO)	5079
SAN MIGUEL TEOTONGO I	13493
SAN NICOLAS TOLENTINO I	5248
SAN SEBASTIAN TECOLOXTITLAN (PBLO)	7459
SAN SIMON CULHUACAN (BARR)	4274
SANTA MARIA TOMATLAN	2503
SANTA MARTHA ACATITLA SUR (AMPL)	6263
SANTA MARTHA ACATITLA_(PBLO)	18253
SECTOR POPULAR	9252
SINATEL	2445
SINATEL (AMPL)	2796
STA ISABEL INDUSTRIAL	1673
STA MA AZTAHUACAN (PBLO)	13497
VALLE DE LUCES I	7628
Total general	406448

La siguiente gráfica (Figura 14) indica el número de habitantes por colonia en la categoría media de factores de exposición.

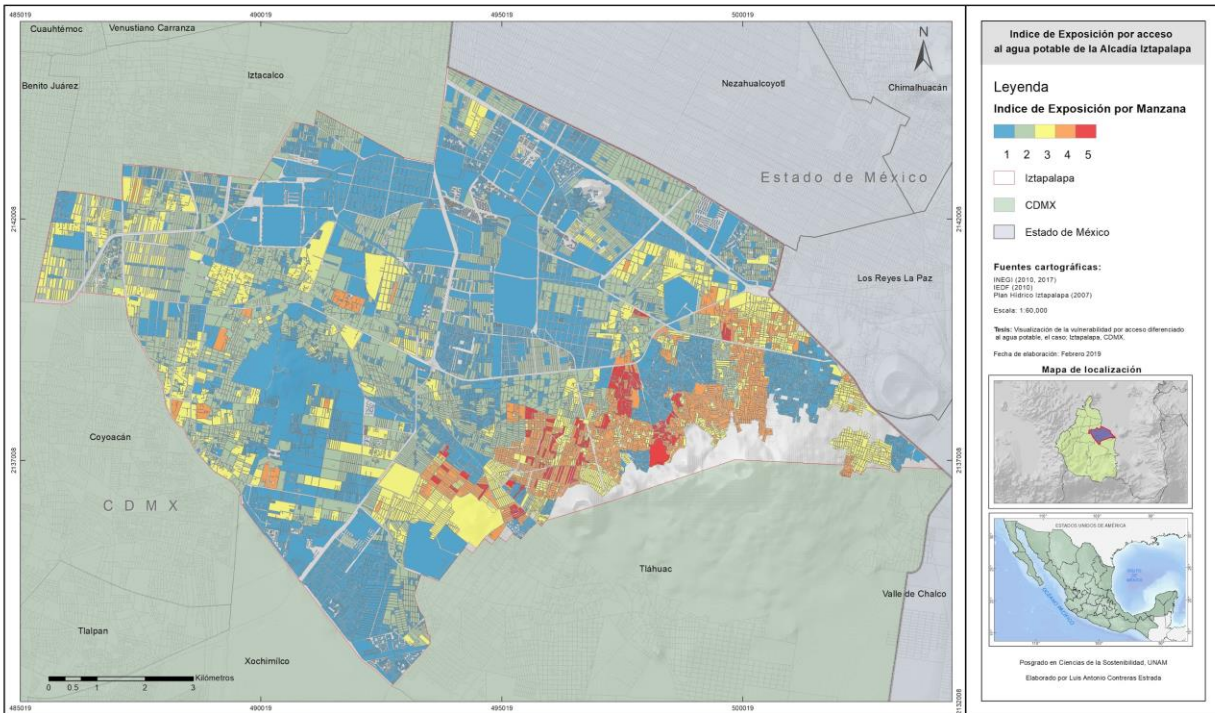
Figura 15 Población por colonia en nivel medio de exposición. Fuente: elaboración propia.



El resto de la población, 1,163,477 habitantes, se encuentran en un nivel bajo o nulo de exposición. Cabe mencionar que esto no significa que no afronten algún tipo de problemática, sino que no están expuestos de manera simultánea a varias de ellas. Lo anterior, es un hallazgo relevante, dado que significa que 36% de toda la población de la alcaldía tiene un nivel entre medio y muy alto de exposición a algún tipo de problema relacionado con el acceso al agua potable.

En resumen, el mapa de exposición muestra claramente las manzanas en las que el sistema de aguas de la Ciudad de México puede y debe realizar mejoras en la red, implementar protocolos que eviten momentos de crisis en cuanto al abasto de agua. Este mapa puede considerarse una aproximación seria, sin embargo, es necesario reconocer la necesidad de robustecerlo y actualizarlo con más y mejores datos. Este resultado cartográfico tiene que ser interpretado con responsabilidad ya que está construido a partir de informes y datos sobre el número de reportes generados en la alcaldía.

Figura 16 Mapa del índice de exposición al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.

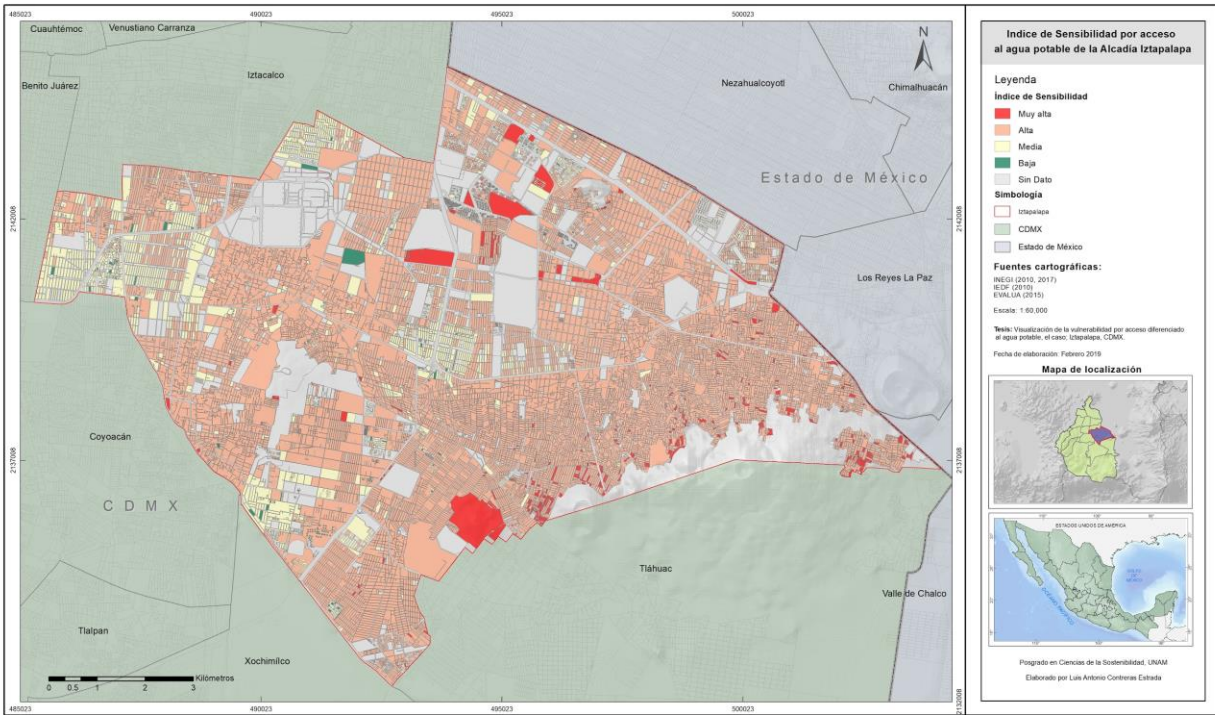


4.1.2 Mapa de sensibilidad

Dada la naturaleza de la información y los procesos de construcción para la elaboración de este mapa, se puede reconocer la consistencia de los resultados, esta base de datos se ha comparado con otros indicadores y se identifican importantes similitudes y correspondencias. Los datos y resultados de este mapa pueden tomarse en cuenta repetidamente para formar parte en evaluaciones de vulnerabilidad, ya que es información sometida a procesos sistemáticos de actualización.

La sensibilidad en análisis de vulnerabilidad de sistemas socioecológicos debe ser complementada con indicadores ambientales que sean integrales. En el caso de esta investigación se visualizan de manera clara las porciones de la alcaldía que acumulan inequidades en el ámbito social y económico, sin embargo, debe generarse información que incluya las diferencias en el ámbito ambiental. La evidencia espacial de procesos complejos que provocan desigualdad se plasma en este resultado. Por otra parte, las manzanas en las que la afectación por mala dotación de servicios básicos repercute de manera más intensa es identificada de manera clara.

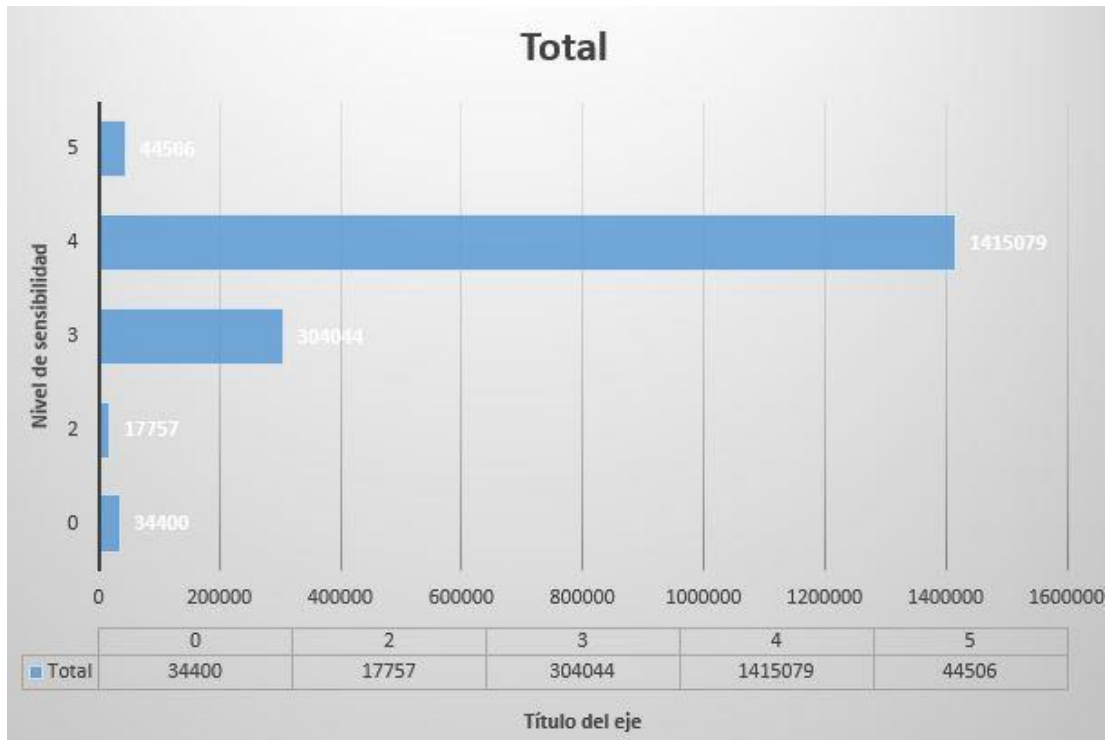
Figura 17 Mapa del índice de sensibilidad al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.



Existen 349 manzanas de 71 colonias en un nivel muy sensible de afectación; 44,506 habitantes de Iztapalapa que representan el grupo más sensible. Otras 9,102 manzanas tienen una sensibilidad Alta lo que representa la mayoría de la población en Iztapalapa con el 78% de la población de la Alcaldía, Otro 17% de la población, distribuida en 201 colonias presentan un grado medio de sensibilidad. Finalmente, el 1% de la población de Iztapalapa (17,757 hab.) se encuentra en una situación menos sensible a esta problemática.

A continuación, se muestra una gráfica que resume los niveles de sensibilidad en Iztapalapa (Figura 17).

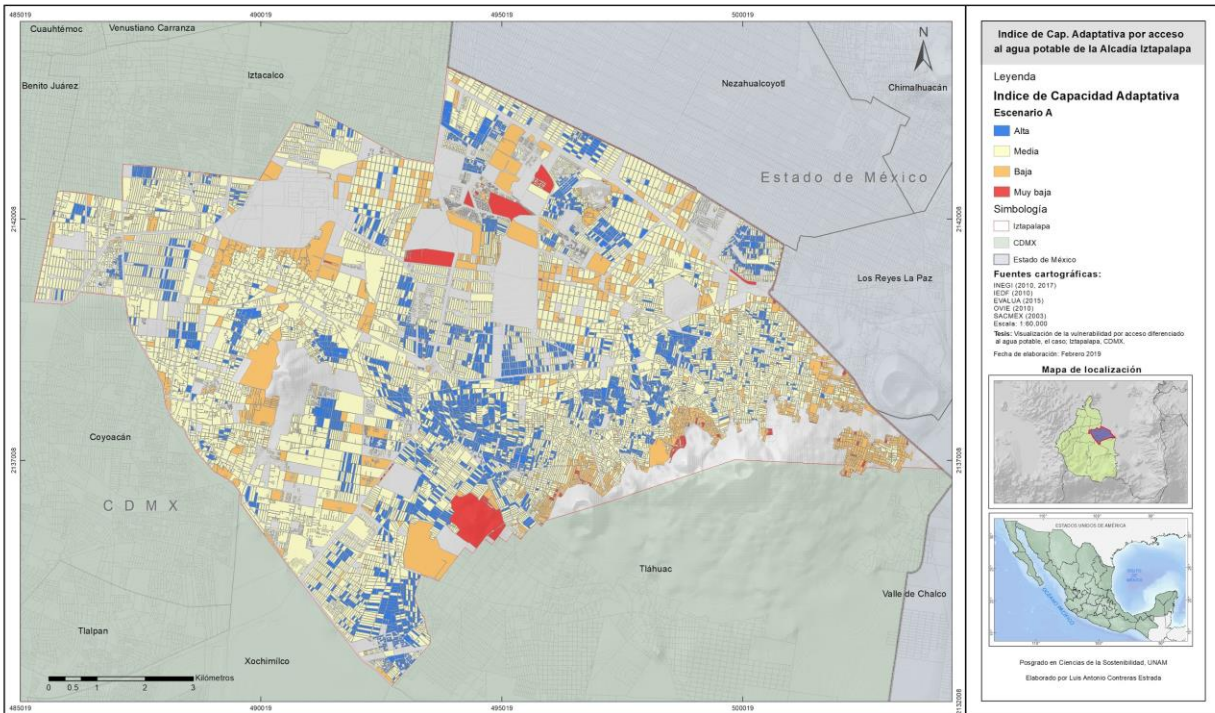
Figura 18 Niveles de sensibilidad por colonia. Fuente: elaboración propia.



4.1.3 Mapa de capacidad adaptativa

Es indispensable señalar, que este componente puede considerarse el de mayor incertidumbre, debido al tipo de elementos que se consideraron para la medición de las estrategias de adaptación; no obstante, el mapa señala de manera clara la existencia de un patrón consistente de mala adaptación. La proliferación de establecimientos que venden agua sometida a algún proceso de purificación es indicador de una respuesta general al problema. Si bien esta alternativa representa una forma de acceder a agua de mejor calidad, no aporta a la mejora del sistema hidráulico de la ciudad; por el contrario, apuesta por la dependencia y normalización de la mala gestión del agua potable en la demarcación. No obstante, la interpretación del mapa (escenario A), arroja niveles elevados en las capacidades adaptativas en la porción sur-oriente, con una disposición alineada con la presencia de potabilizadoras.

Figura 19 Mapa del índice de capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.

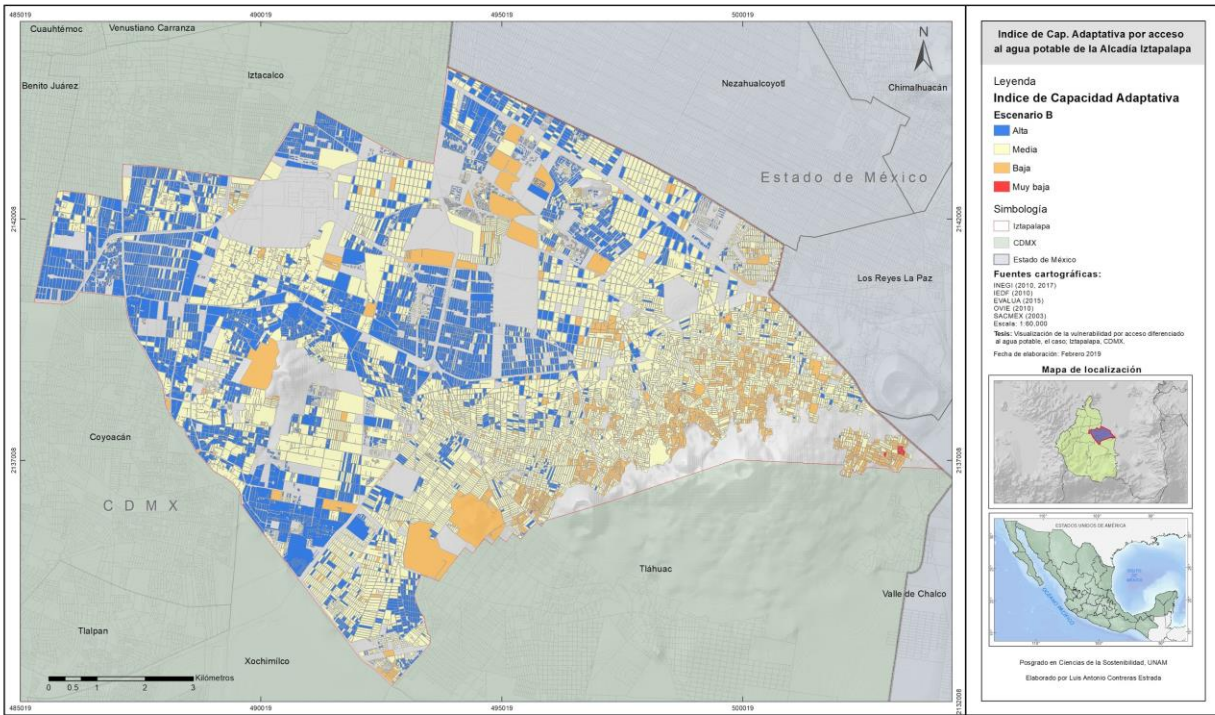


Por otra parte, se reconoce como una necesidad emergente en esta investigación, la construcción del mapa de Capacidad Adaptativa (escenario B). Los hallazgos obtenidos del proceso analítico señalaron la necesidad de replantear el componente.

Los resultados más relevantes son en primer lugar, que, en comparativa, el nivel de capacidad adaptativa se concentró en la zona poniente de la demarcación, principalmente en colonias que comparten límite con las alcaldías Benito Juárez, Coyoacán y Xochimilco. Esta distribución también está asociada, con patrones vinculados a la presencia de intersecciones de avenidas importantes en la alcaldía.

Finalmente, la menor concentración de capacidades adaptativas se identificó en la porción sur y oriente de la alcaldía. En esta versión del mapa de capacidades adaptativas (escenario B) disminuyó el número de manzanas con nivel “Muy bajo”, sin embargo, las que aún prevalecieron en esa categoría señalan una nula capacidad de lidiar con esta problemática.

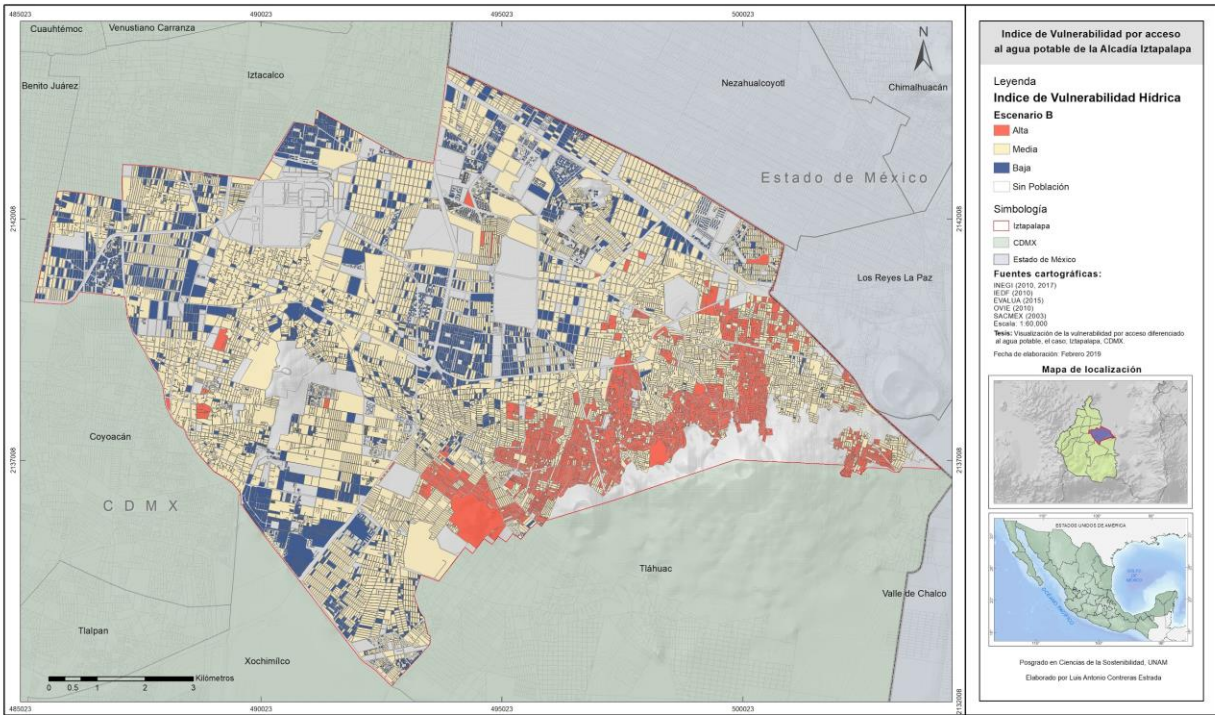
Figura 20 Mapa del índice de capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua potable (b). Fuente: elaboración propia.



4.1.4 Mapa de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua en la alcaldía de Iztapalapa.

A continuación, se muestra el mapa de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua en la alcaldía de Iztapalapa. El grado de vulnerabilidad se clasificó en cuatro categorías: Alta, Media, Baja y Sin Población. Noventa colonias en las que habitan 259,409 personas, el 14.28 % de la población total de la alcaldía, se ubicaron en el rango Alto de vulnerabilidad hídrica. El 63.07 % de la población en el rango Medio, lo que son 1,145,397 habitantes de Iztapalapa; el 20.73 (%) en el rango Bajo que son 376,580 habitantes; 34,400 personas (1.8%) en la clasificación Sin Población, ya que, de acuerdo con el criterio de Clasificación del INEGI, menos de 20 en una manzana, no se reportan en los metadatos “desagregados por manzana”. No obstante, en esta descripción se contabilizan y señalan de manera puntual.

Figura 21 Mapa de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.



Este mapa concentra los resultados más relevantes de la investigación, el diseño considera la capacidad de abstraer información disponible la cual incluye aspectos de las dimensiones: social, económica y física, específicamente lo relacionado con la densidad de urbanización, infraestructura hídrica y la disponibilidad de agua potable.

El diseño de la investigación y la representación cartográfica considera distintos aspectos del territorio con la finalidad de sintetizar y visualizar la problemática general, la desigualdad social. No obstante, es pertinente reconocer las limitaciones metodológicas y en cuanto a las características de los datos como temporalidad y precisión. Lo anterior permite identificar e implementar mejoras en este campo de investigación. Por ejemplo, en los mapas resultado de esta investigación, la delimitación territorial corresponde a una frontera político-administrativa, esta característica representa uno de los principales cuestionamientos que se pueden generar, debido a que los procesos socio-territoriales no se generan e interrumpen aisladamente.

En la dimensión social, los mapas resaltan algunas tipologías de la desigualdad social, reconociendo que solo representan una parte de la complejidad y que en resulta necesario profundizar en estudios, métricas

y aplicaciones que se enfoquen en el origen o detonadores de la desigualdad. De forma similar ocurre con el componente físico correspondiente a la infraestructura, los resultados obtenidos, solo integran una porción de la complejidad que implica la responsabilidad de dar acceso a miles de usuarios de agua potable en la ciudad.

No obstante, los resultados permiten reconocer evidencias contundentes en la visualización de la desigualdad, el traslape y coincidencias espaciales es clara, lo que da pauta a focalizar las estrategias que afronten los agentes causantes, al mismo tiempo que planear las acciones de corto plazo que permitan una transformación exitosa de la condición negativa en la que viven miles de personas.

Las oportunidades para generar estrategias y acciones para la mitigación, adaptación o transformación son amplias, que van desde estimaciones simples, por ejemplo, el potencial de captación de agua pluvial en las 2 mil hectáreas con las que se cuenta en la sierra Santa Catarina y su cercanía, hasta en estrategias complejas que demandan la indiscutible necesidad de enfoques transdisciplinarios, que reduzcan la incertidumbre y aporten al consenso y la sostenibilidad.

DISCUSIÓN

1.2 INFRAESTRUCTURA Y ACCESO AL AGUA

La presencia de infraestructura no determina el acceso al agua, debido a problemas como la presión hídrica diferencial, la irregularidad en el abasto y el mal estado de la red. Lo anterior reitera que, en el caso de la Ciudad de México, evaluar el acceso de la población al agua potable utilizando como indicador la cobertura de la red hidráulica es incongruente y de escasa utilidad para ilustrar la realidad de la problemática. Es de llamar la atención que actualmente no existe información de acceso público que permita detectar las irregularidades señaladas a escala alcaldía.

1.3 PERFIL SOCIOECONÓMICO Y ACCESO AL AGUA

El perfil socioeconómico se vincula con el acceso al agua al condicionar factores como la regularidad de la propiedad de la vivienda, que oficialmente legitima el acceso a servicios públicos de abasto de agua. Asimismo, un perfil socioeconómico “alto” puede garantizar el acceso continuo a este recurso, independientemente de la fuente de abastecimiento. Es importante considerar que la proporción del ingreso que se destine al abasto de agua tendrá un efecto de retroalimentación significativo en la economía de los hogares, de manera que, en los hogares con menos recursos, la inversión en adaptación frente a este problema específico restará recursos que podrían ser necesarios para atender otros problemas o necesidades (Eakin et al., 2014).

1.4 CAPACIDAD ADAPTATIVA Y TRAMPAS DE POBREZA

Al evaluar la capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua, es posible distinguir entre adaptaciones “positivas” y “negativas”, en función de si éstas, más allá de subsanar la falta de agua en el corto plazo, contribuyen o no a remediar el problema de manera permanente y atendiendo sus causas profundas, o si éstas actúan como un paliativo que incluso contribuye a la perpetuación o magnificación del problema en el mediano y largo plazo. De acuerdo con Adger et al. (2003), las primeras corresponden a adaptaciones que contribuyen a la transformación de la dinámica que ha generado el problema; mientras que las segundas, disminuyen el impacto de un problema particular en un momento dado, pero transfieren el riesgo a otros ámbitos, generan nuevas vulnerabilidades o magnifican la vulnerabilidad inicial en el largo plazo.

En este mismo sentido, conviene reflexionar acerca del papel de las capacidades de adaptación en la perpetuación de las deficiencias del sistema en una escala más amplia, como es la Ciudad de México: ¿hasta dónde el hecho de que la población sea capaz de adaptarse a una condición indeseable promueve que las instituciones oficiales sean negligentes ante el problema?

Otro aspecto relevante resulta de cuestionarse ¿quiénes ganan y quiénes pierden en que el sistema opere en su configuración actual? No debe perderse de vista que el agua es indispensable para todo ser humano y, por tanto, es un recurso altamente disputado en arenas de poder social, económico y político. Como sugieren Ericksen y colaboradores (2015), la transformación del sistema implica cambios significativos en las relaciones de poder entre los distintos actores participantes, resultando convenientes para algunos, pero no tanto para otros. En el contexto de la alcaldía de Iztapalapa, seguramente, aquellos beneficiados de que gran parte de la población no cuente con acceso regular a agua potable son, por un lado, aquellos que lucran directamente con el recurso, como servicios privados de provisión de agua mediante pipas y las potabilizadoras; y por otro, quienes se benefician indirectamente de la apremiante necesidad de la gente por acceder a este recurso, como organizaciones sociales o grupos políticos que capitalizan en peso político la posibilidad, o al menos la promesa, de solucionar este problema.

1.5 PARTICULARIDADES DE LA ALCALDÍA DE IZTAPALAPA FRENTE AL RESTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

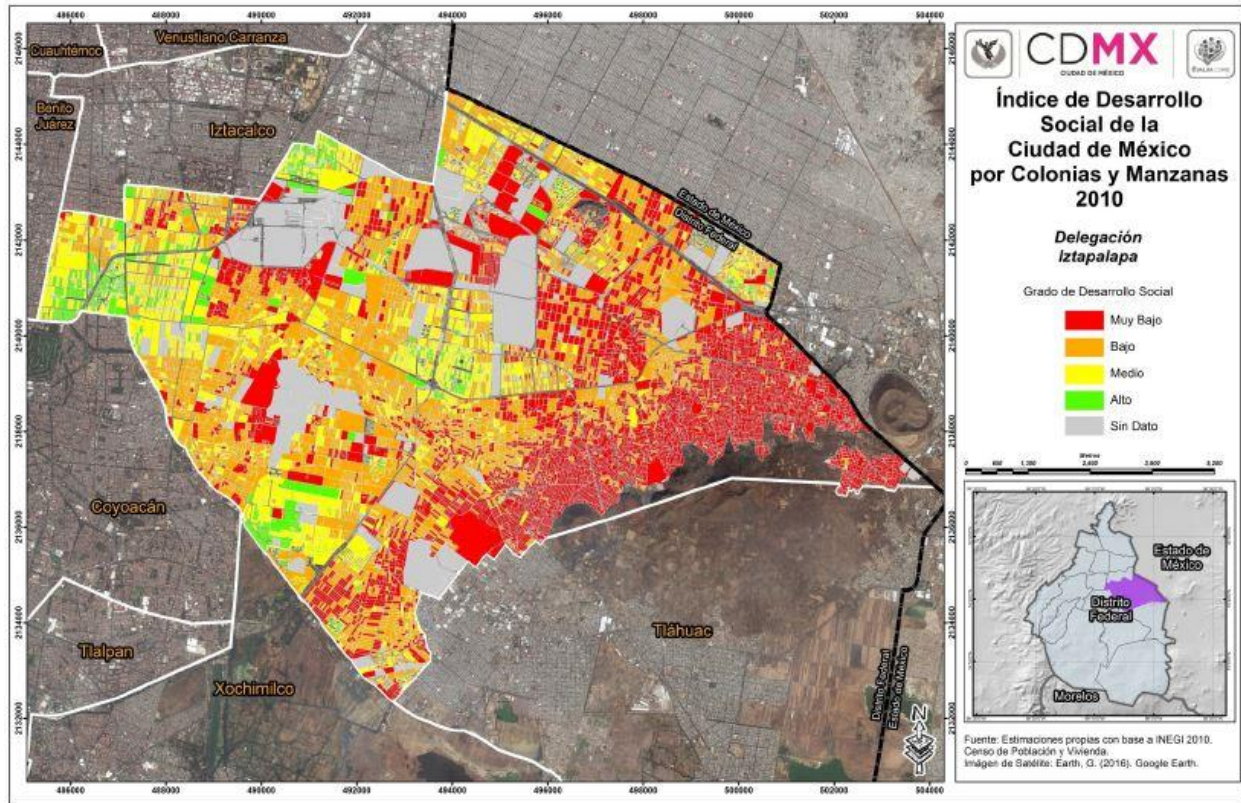
Número de habitantes: Iztapalapa cuenta con una población de 1,857,786 habitantes, lo que la convierte en la alcaldía más poblada de la Ciudad de México. Lo anterior supone un reto para el abasto de agua, en función de la alta demanda del líquido.

Densidad poblacional: Esta demarcación tiene una densidad poblacional de 15,635,80 hab/km², siendo la más densamente poblada de la Ciudad. Esta característica implica un reto para el abasto de agua mediante diferentes vías, ya que la red de abasto mediante tuberías, si bien es proporcionalmente densa, no se ha desarrollado en cuanto a presión del líquido a la par de las necesidades de la población de la alcaldía. Por el contrario, es de las zonas de la ciudad con mayor número de reportes por fugas y con el problema más recurrente.

Índice de desarrollo social: La alcaldía presenta de acuerdo con estimaciones del Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (Evalúa-CDMX) niveles muy bajos de desarrollo en la mayoría de las manzanas de sur poniente de la alcaldía como se muestra en la Figura 21 elaborada en el estudio antes mencionado. Esto señala las condiciones precarias en que se encuentra gran parte de la población y, a su

vez, señala una negativa evolución de la problemática social y de gestión que ha prevalecido en la Alcaldía, durante más de dos décadas.

Figura 22 Mapa del Índice de Desarrollo Social de la Ciudad de México. Fuente: Evalúa, 2017, con datos de INEGI, 2010.



1.6 REFLEXIONES SOBRE LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD EN TEMAS HÍDRICOS EN CONTEXTOS URBANOS

Sería arriesgado asegurar la ausencia de información y datos acerca de la problemática, implicaría no reconocer el trabajo de diversos sectores por atender una de las más agudas crisis que existen en la ciudad. Lo que es alarmante, es la falta de sistematización de la información, además del acceso a la misma. Los obstáculos en este sentido generan la proliferación de análisis y aproximaciones duplicadas, con bajo nivel de actualización y rigurosidad. La democratización de datos sobre los sistemas de infraestructura es un paso esencial en la estrategia de mejora de los servicios públicos en las ciudades. Información de este tipo permitiría conocer y reconocer la disparidad en la disposición de recursos como el agua.

Dada la naturaleza de los sistemas de infraestructura como el sistema de aguas de la Ciudad de México, se reconocen relaciones muy complejas entre sus componentes, que no son evidentes. Por lo tanto, es necesario asumir e inferir relaciones entre variables a partir del conocimiento previo del sistema, ya que los datos, por sí mismos, no muestran la complejidad de la realidad. Hay relaciones que no se pueden cartografiar, sin embargo, se considera interesante pensar en la posibilidad de cartografiar relaciones alternativas entre variables como una herramienta para la reflexión crítica sobre la manera en que funciona el sistema socioecológico.

Existen otros elementos que son vinculantes y deben ser considerados en el escenario para hacer frente a la problemática, por ejemplo. Existe un marco legal y de política pública que no se atiende: la política de desarrollo social de la Ciudad de México responde a lo dictaminado en la Ley de Desarrollo Social para el Distrito Federal (LDS-DF 2000) que prevé doce Principios fundamentales: 1) Universalidad, 2) Igualdad, 3) Equidad de Género, 4) Equidad Social, 5) Justicia Distributiva, 6) Diversidad, 7) Integralidad, 8) Territorialidad, 9) Exigibilidad, 10) Participación, 11) Transparencia y, 12) Efectividad. Si bien se realizan esfuerzos en el sentido de incorporar estos principios, el problema de acceso a agua de buena calidad y en cantidades suficientes es un tema en el que no se cumplen.

CONCLUSIONES

- La presencia y densidad de infraestructura hidráulica no garantiza el acceso al agua en cantidad y calidad suficiente en los hogares de Iztapalapa.
- La existencia de purificadoras es una alternativa que puede considerarse conceptualmente como mala adaptación, ya que funciona como un mecanismo que favorece el estancamiento en una trampa de pobreza. Puntualmente, estos establecimientos ponen al alcance de la población agua de mejor calidad, pero a un precio muy elevado. Esta situación, si bien es una alternativa, debe ser considerada como una responsabilidad de gobiernos locales y del propio gobierno de la ciudad.
- Se observó una relación positiva entre el número de purificadoras y la problemática de carencia de agua. Sin embargo, otra relación que resulta necesario y apremiante explorar es si el agua de la que se abastecen estas purificadoras tiene origen en las fuentes de abastecimiento localizadas en la misma demarcación, ya que esto indicaría de un fenómeno de acaparamiento. Si no es así, de igual forma es relevante entender el origen, los kilómetros que recorre el agua en camiones cisterna para que a pesar de ello su comercialización sea rentable. La información aquí mostrada, por medio de mapas y tablas, sugiere una fuerte correlación entre los pozos y tanques, y las purificadoras. Entre los factores más importantes de relación está la cercanía y la densidad de purificadoras, y densidad de fuentes de abastecimiento.
- Existe una relación estrecha entre falta de acceso al agua potable y condiciones de pobreza en la población. Las condiciones negativas en cuanto a niveles de bienestar social y servicios urbanos que han prevalecido durante décadas en la alcaldía de Iztapalapa es una acumulación de una ineficiente planeación y gestión del territorio, con consecuencias no sólo a nivel local sino regional y nacional.
- El problema es de un nivel de complejidad alto, no depende únicamente de la cantidad de agua que pueda ser captada y trasladada a los hogares, ni de las condiciones físicas de las tuberías e infraestructura. El problema es multicausal y multiescalar; sólo con una gestión integral y

coordinada de los recursos naturales, económicos y humanos, en la que no exista espacio para privilegios de grupo, será que el abasto de agua en la ciudad logre transitar a condiciones de equidad y equilibrio entre las personas y los subsistemas.

- Los sistemas de los que depende el reto de cambiar la condición negativa en el abasto de agua están además en condición de amenaza y estrés. Algunos de los temas prioritarios para atender, relacionados con esta problemática, son: el crecimiento urbano en suelo de conservación, la contaminación y sobreexplotación del acuífero, la reducción de zonas lacustres y de regulación hidrológica, el manejo de residuos sobre todo los que contaminan suelo, atmósfera y agua.
- Se infiere que el sistema que requiere cambios con mayor profundidad, en unos casos mitigar, en otros adaptar, pero en otros, transformaciones, como es el caso del subsistema político administrativo, debido a que en éste recaen varios aspectos generadores de desigualdad socioespacial. El diseño de políticas públicas dirigidas a combatir, injusticia, corrupción y acciones fuera del estado de derecho serían elementales para la mejora de este y otros problemas complejos.
- El acceso a la información necesaria para esta investigación ha sido metodológicamente el obstáculo más relevante, debido a tres factores principales:
 1. Es información sensible o reservada dado que es un componente estratégico para el funcionamiento de la ciudad y el bienestar de sus habitantes. La localización de cada elemento de infraestructura implica zonas de gran importancia en cuanto a inversión y seguridad. Sin embargo, el tener esta información reservada puede ser interpretado como un acto de corrupción. Esta aseveración implica reconocer que la condición negativa que prevalece no puede quedar expuesta ante otros sectores con capacidad de acción ante el problema. Además de representar una estrategia opuesta a la gestión y gobernanza multiactor que en numerosas investigaciones se reconoce como una vía para la solución de problemas vinculados con recursos naturales.

2. La temporalidad y vigencia de los datos es un factor que considerar, ya que la falta de actualización y acceso a estos repercute directamente en los resultados de las investigaciones. En este sentido, la actualización y sistematización de la información toma un peso importante para la eficiencia en la toma de decisiones. Si bien la información del volumen de agua en los tanques de la alcaldía de Iztapalapa se puede consultar en “tiempo real”, este dato no es de gran precisión para las personas afectadas por el problema, simplemente funciona como un indicador que señala los posibles momentos en los que será más aguda la problemática.

3. Para el diagnóstico a detalle de la vulnerabilidad con enfoques como el que se propone en esta investigación, es relevante reconocer la necesidad de información de campo, dado que es una fuente que no puede ser sustituida por información oficial o por información adquirida remotamente, simplemente por la naturaleza de la problemática que se está abordando. Puntualmente, en esta investigación es importante reconocer la falta de información recabada directamente en campo, si bien se realizaron los ejercicios de ponderaciones en los que participaron personas de la demarcación, se considera de gran importancia la corroboración de información de manera sistémica y estadísticamente representativa.

- De ser comprobados los nuevos cuestionamientos e hipótesis derivados de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede afirmar que la problemática relacionada con acceso a agua potable en Iztapalapa está asociada a varias formas de corrupción y negligencia en torno al agua potable que, de manera general, mantienen una condición negativa y constituyen un factor de constante estrés entre la población, mantienen a la demarcación con bajos niveles de valor del suelo y propician la concentración de pobreza y desigualdades, por lo tanto de población en latente condición de clientelismo político.

REFERENCIAS

- Aguilar, A. (2004). Los asentamientos humanos y el cambio climático global. En: Martínez, J., & Fernández, A. (comp.). *Cambio climático: una visión desde México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología.
- Anderies, J. M., (2006) Robustness, Institutions, and Large-Scale Change in Social-Ecological Systems: The Hohokam of the Phoenix Basin. *Journal of Institutional Economics*, 2(2), 133-155.
- Anderies, J. M., Walker, B. H., & Kinzig, A. P. (2006). Fifteen weddings and a funeral: case studies and resilience-based management. *Ecology and society*, 11(1), 21.
- Apparicio, P., Fournier, É., & Apparicio, D. (2012). Geo-Segregation Analyzer: a multi-platform application (version 1.0). *Montréal, Laboratoire d'analyse spatiale et d'économie régionale (LASER), INRS Urbanisation culture société*.
- Ávila García, P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias*, 90, abril-junio, 46-57.
- Bakker, K. J. (2000), Privatizing Water, Producing Scarcity: The Yorkshire Drought of 1995. *Economic Geography*, 76, 4–27.
- Barkin, D. (Comp.) (2006). *La nueva gestión del agua urbana en México: retos, debates y bienestar*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara (U de G).
- Berkes, F., & C. Folke (eds.). (1998). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bertalanffy, L. V. (1987). *Teoría general de sistemas*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

- Bosch, C., Hommann, K., Sadoff, C., & Travers, L. (1999). *Agua, saneamiento y la pobreza*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Burton, I., White, G., & Kates, R. (1978). *Environment as Hazard*. New York: Oxford University Press.
- Carabias, J. & Landa, R. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Ciudad de México: UNAM/El Colegio de México/Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Cardona, O. (2004), The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. En: Bankoff, G. (ed.), *Mapping vulnerability. Disasters, development & people* (pp. 37–51). Londres: Earthscan.
- Carpenter, S., & Brock, W. (2008). Adaptive capacity and traps. *Ecology and society*, 13(2).
- Carpenter, S., B. Walker, J. M. Anderies, & N. Abel. (2001). From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems*, 4(8), 765-781.
- Castro, J. E. (2007). El estudio interdisciplinario de los conflictos por el agua en el medio urbano: una contribución desde la sociología. *Cuadernos del CENDES*, (66), 21-46.
- Castro J. E. (2004). Urban water and the politics of citizenship: the case of the Mexico City Metropolitan Area during the 1980s and 1990s. *Environment and Planning*, 36, 327-346.
- Cerami, A. (2013) *El derecho a participar directamente en la toma de decisiones sobre asuntos públicos como mecanismos para la protección ambiental*. Comisión de Nacional de los Derechos Humanos. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1257-participacion-ciudadana>
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México. Edición 2016*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Comisión Nacional del Agua.

- CONAGUA. (2010). *El agua en México, cauces y encauces*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua y Academia Mexicana de Ciencias.
- CONAPO. (2010). *Índice de marginación por localidad 2010*. Ciudad de México: Consejo Nacional de Población. Recuperado de: http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010
- Cote, M., & A. J. Nightingale. (2012). Resilience thinking meets social theory: situating social change in socio-ecological systems (SES) research. *Progress in Human Geography*, 36(4), 475-489.
- Crompton, J. L., & Lue, C. C. (1992). Patterns of equity preferences among Californians for allocating park and recreation resources. *Leisure Sciences*, 14(3), 227-246.
- Crompton, J. L., & Wicks, B. E. (1988). Implementing a preferred equity model for the delivery of leisure services in the US context. *Leisure Studies*, 7(3), 287-304.
- Cumming, G. S., D. H. M. Cumming, & C. L. Redman. (2006). Scale mismatches in social-ecological systems: causes, consequences, and solutions. *Ecology and Society*, 11(1), 14.
- Delgado Ramos G. C., De Luca Zuria A., & Vázquez Zentella V. (2015). *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México*. Ciudad de México: CEIICH-UNAM.
- Eakin, H. C., Lemos, M. C., & Nelson, D. R. (2014). Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change*, 27, 1-8.
- Eakin, H., & Luers, A. L. (2006). Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), 365.
- Eriksen, S. H., Nightingale, A. J., & Eakin, H. (2015). Reframing adaptation: The political nature of climate change adaptation. *Global Environmental Change*, 35, 523-533.

- Folke, C., J. Colding & F. Berkes. (2002). Building resilience for adaptive capacity in social-ecological systems. En: Berkes F., J. Colding & C. Folke (eds.), *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Folke, C., L. Pritchard, Jr., F. Berkes, J. Colding, & U. Svedin. (2007). The problem of fit between ecosystems and institutions: ten years later. *Ecology and Society*, 12(1): 30.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- GDF. (2011). *Atlas de Riesgos de la Delegación Iztapalapa, 2011*. Ciudad de México: Delegación Iztapalapa - Gobierno del Distrito Federal - Secretaría de Desarrollo Social. Recuperado de: http://www.normateca.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas_Estados/09007_IZTAPALAPA/1_ATLAS_DE_RIESGOS.pdf
- Guerrero, T., Rives, C., Rodríguez, A., Saldívar, Y., & Cervantes, V. (2009). El agua en la Ciudad de México. *Ciencias*, 94(94).
- Gunderson, L. & C. S. Holling. (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington: Island Press.
- Harvey, D. (2013). *Ciudades rebeldes Del derecho de la ciudad a la revolución urbana*. Madrid: Ediciones Akal.
- Heltberg, R., Siegel, P. B., & Jorgensen, S. L. (2009). Addressing human vulnerability to climate change: toward a 'no-regrets' approach. *Global Environmental Change*, 19(1), 89-99.
- Holling C. S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. In Schulze, P. ed., *Engineering Within Ecological Constraints* (pp. 31–44). Washington, DC: Natl. Acad. Sci.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405.

- IANAS-UNESCO. (2015) *Desafíos del agua urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias*. Ciudad de México: The Inter-American Network of Academies of Sciences - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Ingram, J., Ericksen, P., & Liverman, D. (2012). *Food security and global environmental change*. Routledge.
- Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Kaika, M. (2006). The political ecology of water scarcity: the 1989–1991 Athenian drought, en: Heynen, N. C., Kaika, M., & Swyngedouw (Eds.) *In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism* (pp.157-152). New York: Taylor & Francis.
- Kinman, E. L. (1999). Evaluating health service equity at a primary care clinic in Chilimarca, Bolivia. *Social Science & Medicine*, 49(5), 663-678.
- Kloster, K. (2008). *La determinación de lucha por el agua en México: un análisis de los procesos nacionales y locales*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Leach, M., Scoones, I., & Stirling, A., (2010). Governing epidemics in an age of complexity: narratives, politics and pathways to sustainability. *Global Environmental Change*, 20(3), 369–377.
- Leff, E. (1994). Sociología y ambiente: formación socioeconómica, racionalidad ambiental y transformaciones del conocimiento. En: Leff, E. (coord.) *Ciencias sociales y formación ambiental* (pp. 17-84). Barcelona: Gedisa.

- Lemos, M. C., Agrawal, A., Eakin, H., Nelson, D. R., Engle, N. L., & Johns, O. (2013). Building adaptive capacity to climate change in less developed countries. In *Climate science for serving society* (pp. 437-457). Dordrecht: Springer.
- León-Portilla, M. (2005). *Aztecas-Mexicas: desarrollo de una civilización originaria*. Madrid: Algaba.
- Levin, S., Xepapadeas, T., Crépin, A. S., Norberg, J., De Zeeuw, A., Folke, C., ... & Ehrlich, P. (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18(02), 111-132.
- Liverman, D. (2001). Vulnerability to drought and climate change in Mexico. *Global environmental risk*, 158-77.
- Liverman, D. (1990). Vulnerability to global environmental change. En: Kasperson, R. E., Dow, K., Golding, D., & Kasperson, J. X. (eds.), *Understanding global environmental change: The contributions of risk analysis and management* (pp. 27-44). Worcester: Clark University, The Earth Transformed Program.
- López, D., De Regules, J., Flores, D., & Maldonado K. (2015). *Agua y medio ambiente. Un prontuario para la correcta toma de decisiones*. México: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental.
- Manuel-Navarrete, D., Pelling, M., & Redclift, M. (2011). Critical adaptation to hurricanes in the Mexican Caribbean: Development visions, governance structures, and coping strategies. *Global Environmental Change*, 21(1), 249-258.
- Moberg, F. & S. H. Simonsen. (2011). What is resilience? An introduction to social-ecological research. Stockholm Resilience Centre. Recuperado de: http://www.stockholmresilience.org/download/18.5ea7abe0139d0dada521ac/resilience_summary_lowX.pdf

- Noria, D. G. (2012). *Guía para Legisladores en Recursos Hídricos*. Ciudad de México: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C. - Centro Virtual de Información del agua. Recuperado de: http://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos_hidraulicos/docs/doc2.pdf
- Ogryczak, W. (2000). Inequality measures and equitable approaches to location problems. *European Journal of Operational Research*, 122(2), 374-391.
- Oliver, S. (2006). The desire to metabolize nature, en: Heynen, N. C., Kaika, M., & Swyngedouw (Eds.) *In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism* (pp.93-109). New York: Taylor & Francis.
- OMS-UNICEF. (2015). *Progresos en materia de saneamiento y agua potable: Informe de actualización 2015 y evaluación del ODM*. Ginebra: Programa Conjunto de Monitoreo de la Organización Mundial de la Salud - Fondo para la infancia de las Naciones Unidas. Recuperado de: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204485/9789243509143_spa.pdf;jsessionid=234B1789692494A093B0A27B1C7D5313?sequence=1
- ONU. (2002). Observación General N°15. El derecho al Agua. 2002. - Comité de derechos Económicos, Sociales y Culturales. Recuperado de: http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/general/docugral/ONU_comentariogeneralagua.pdf
- ONU-Habitat. (2016). *World Cities Report 2016: Urbanization and Development – Emerging Futures*. Organización de las Naciones Unidas. recuperado de: <https://unhabitat.org/books/world-cities-report/>
- ONU-Habitat. (2010). *State of the World's Cities 2010/2011, Bridging the Urban Divide*. Nairobi: Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de: <https://unhabitat.org/books/state-of-the-worlds-cities-20102011-cities-for-all-bridging-the-urban-divide/>

- OPS. (2007). *Salud en Las Américas 2007*. Volumen I. Regional. Publicación Científica y Técnica No. 622. Washington, D. C.: Organización Panamericana de la Salud.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Padilla, E. (2012). La construcción social de la escasez de agua: Una perspectiva teórica anclada en la construcción territorial. *Región y sociedad*, 24(SPE3), 91-116.
- Pelling, M. (2003). *Natural disaster and development in a globalizing world*. Routledge.
- Penco, A. (director). (2014). *Estudios jurídicos de aproximación del derecho latinoamericano y europeo*. Madrid: Dykinson.
- Pérez Matos, N. E., & Setién Quesada, E. (2008). La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en las ciencias: una mirada a la teoría bibliológico-informativa. *Acimed*, 18(4).
- Perló Cohen, M. (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal:1880 -1987*. Research Workshop 6. Ciudad de México:Universidad Nacional Autónoma de México.
- PNUD. (2016). *Apoyo del PNUD a la implementación del objetivo de desarrollo sostenible 6. Gestión sostenible del agua y el saneamiento*. Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado de: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/poverty-reduction/undp-support-to-the-implementation-of-the-2030-agenda.html>
- PNUD. (2014). *Índice de Desarrollo Humano Municipal en México: nueva metodología*. Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado de: <http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesReduccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/UNDP-MX-PovRed-IDHmunicipalMexico-032014.pdf>
- Redman, C. L. & A. P. Kinzig. (2003). Resilience of past landscapes: resilience theory, society, and the longue durée. *Conservation Ecology*, 7.

- Rosnay, J. de. (1977), *El Macroscopio*. Madrid: Editorial AC.
- Ruiz Rivera, N. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones geográficas*, 77, 63-74.
- Salwasser, H. (2002). Navigating through the wicked messiness of natural resource problems: roles for science, coping strategies, and decision analysis. *Sierra Science Summit*, 10(08).
- Schapira, M. F. P. (2001). Fragmentación espacial y social: conceptos y realidades. *Perfiles latinoamericanos: revista de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México*, (19), 33-56.
- Sen, A. (1992). *Inequality reexamined*. Oxford: Clarendon Press.
- Stoltman, J., J. Lidstone & L. Dechano. (2004). *International perspectives on natural disasters: occurrence, mitigation and consequences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Talen, E. (2002). The social goals of new urbanism. *Housing policy debate*, 13(1), 165-188.
- Talen, E. (1998). Visualizing fairness: Equity maps for planners. *Journal of the American Planning Association*, 64(1), 22-38.
- Talen, E. (1996). After the plans: Methods to evaluate the implementation success of plans. *Journal of Planning Education and Research*, 16(2), 79-91.
- Talen, E., & Anselin, L. (1998). Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. *Environment and planning A*, 30(4), 595-613.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... & Polsky, C. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science En: *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.

Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and society*, 11(1).

Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N. Abel, G. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G.D. Peterson, y R. Pritchard. (2002). Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology*, 6(1):14.



ANEXOS

ANEXOS

4.2 ANEXO CARTOGRÁFICO

1. Mapa del índice de exposición al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.
2. Mapa del índice de sensibilidad al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.
3. Mapa del índice de capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.
4. Mapa del índice de capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua potable (b). Fuente: elaboración propia.
5. Mapa de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.

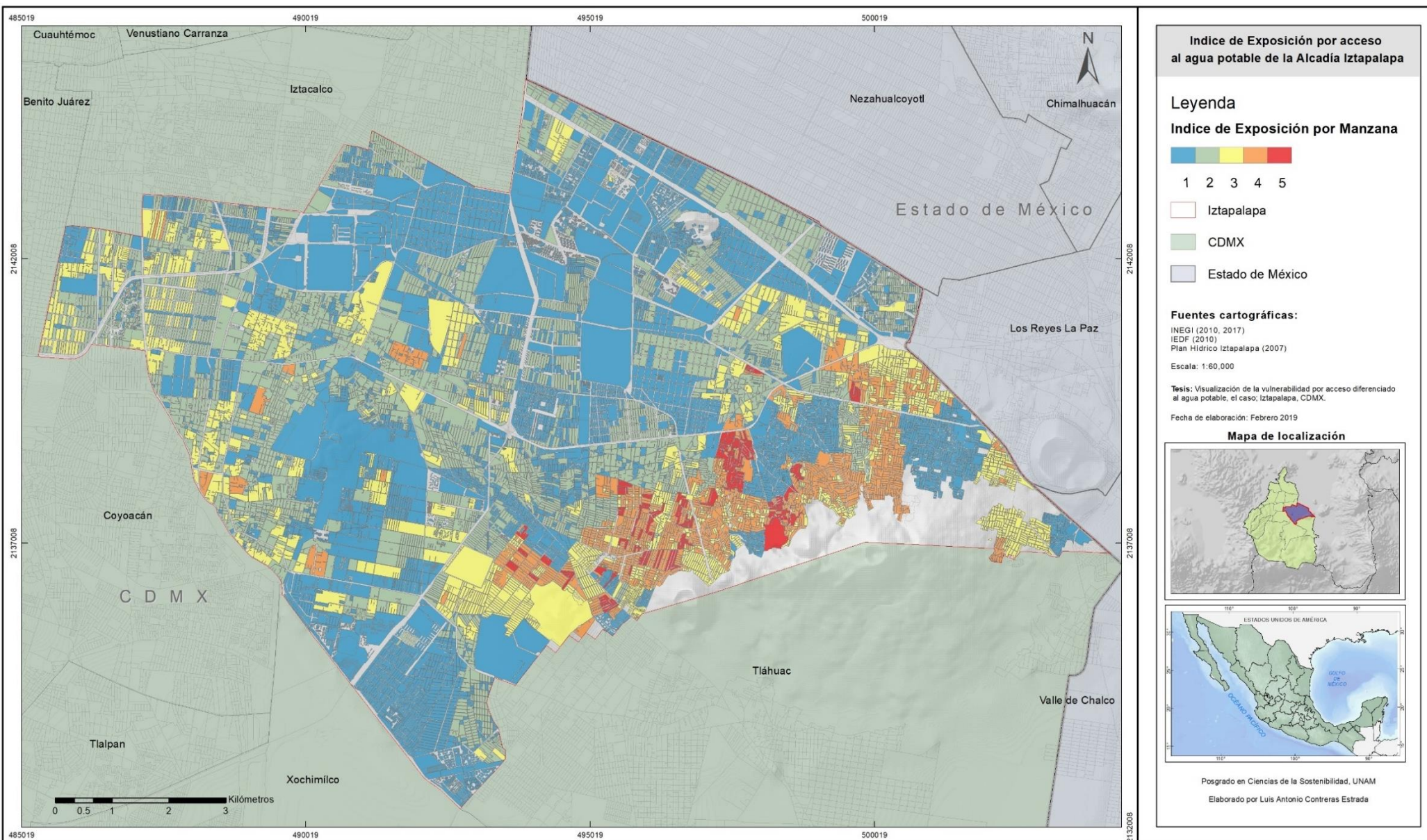
4.3 ACCESO A BASE DE DATOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- (<https://drive.google.com/drive/folders/1KbAQOZTUtyntSFjefXPwphs5ZNY3fuf0?usp=sharing>)

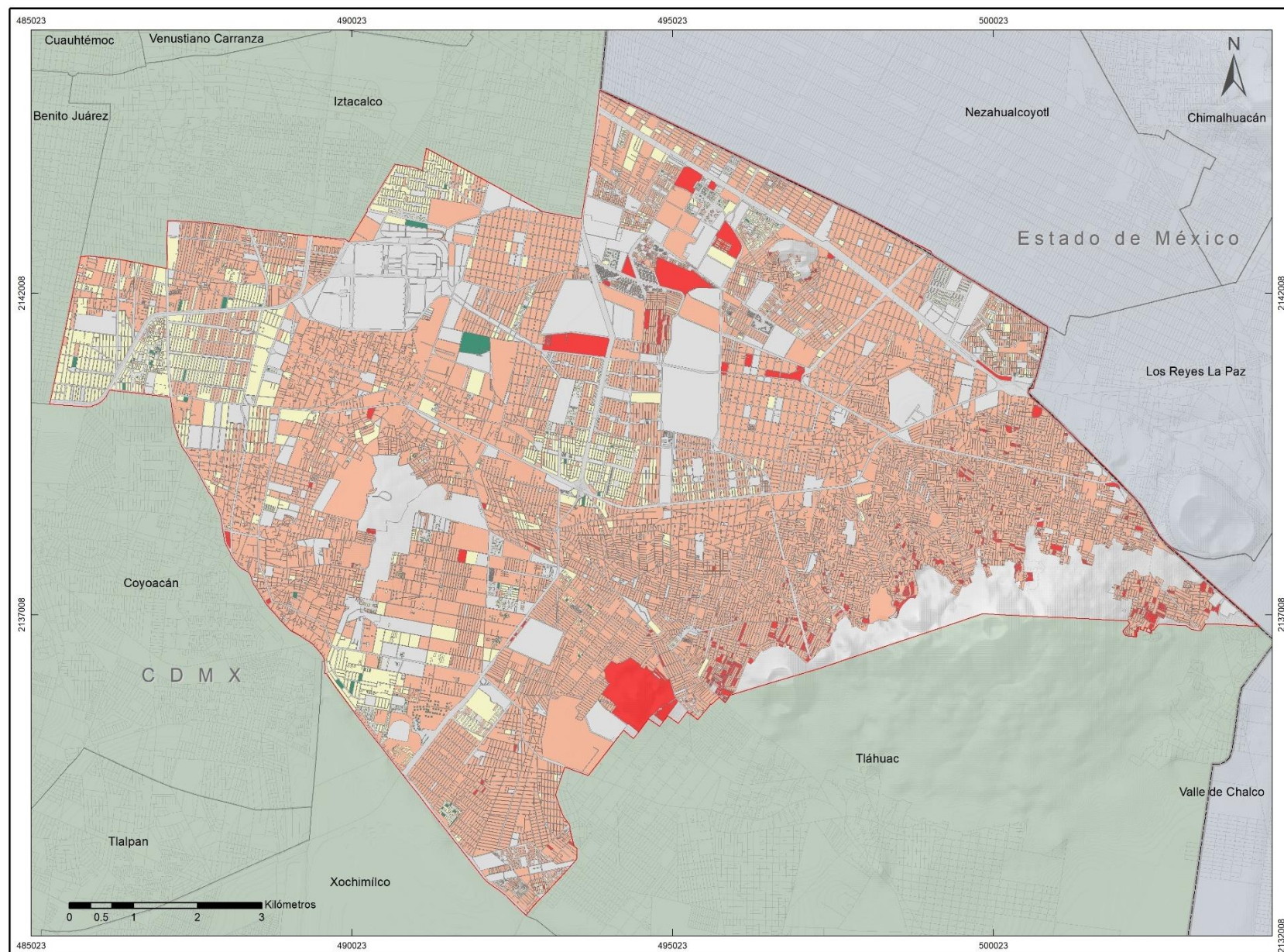
4.4 LISTADO DE HABITANTES DE LA ALCALDÍA DE IZTAPALAPA QUE PARTICIPARON EN EL PROCESO AHP

- Teresa Estrada García
- Marisol Montes de Oca
- Gibran Rubén Figueroa
- Daniel Salazar
- Jessica de Jesús Abazan
- Frida Barbara Monjarás

Mapa del índice de exposición al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.



Mapa del índice de sensibilidad al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.



Índice de Sensibilidad por acceso al agua potable de la Alcaldía Iztapalapa

Legenda

Índice de Sensibilidad

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja
- Sin Dato

Simbología

- Iztapalapa
- CDMX
- Estado de México

Fuentes cartográficas:

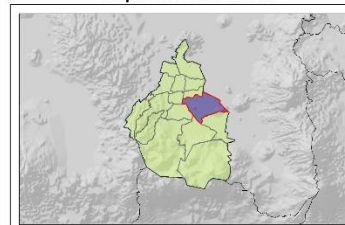
INEGI (2010, 2017)
 IEDF (2010)
 EVALUA (2015)

Escala: 1:60,000

Tesis: Visualización de la vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable, el caso: Iztapalapa, CDMX.

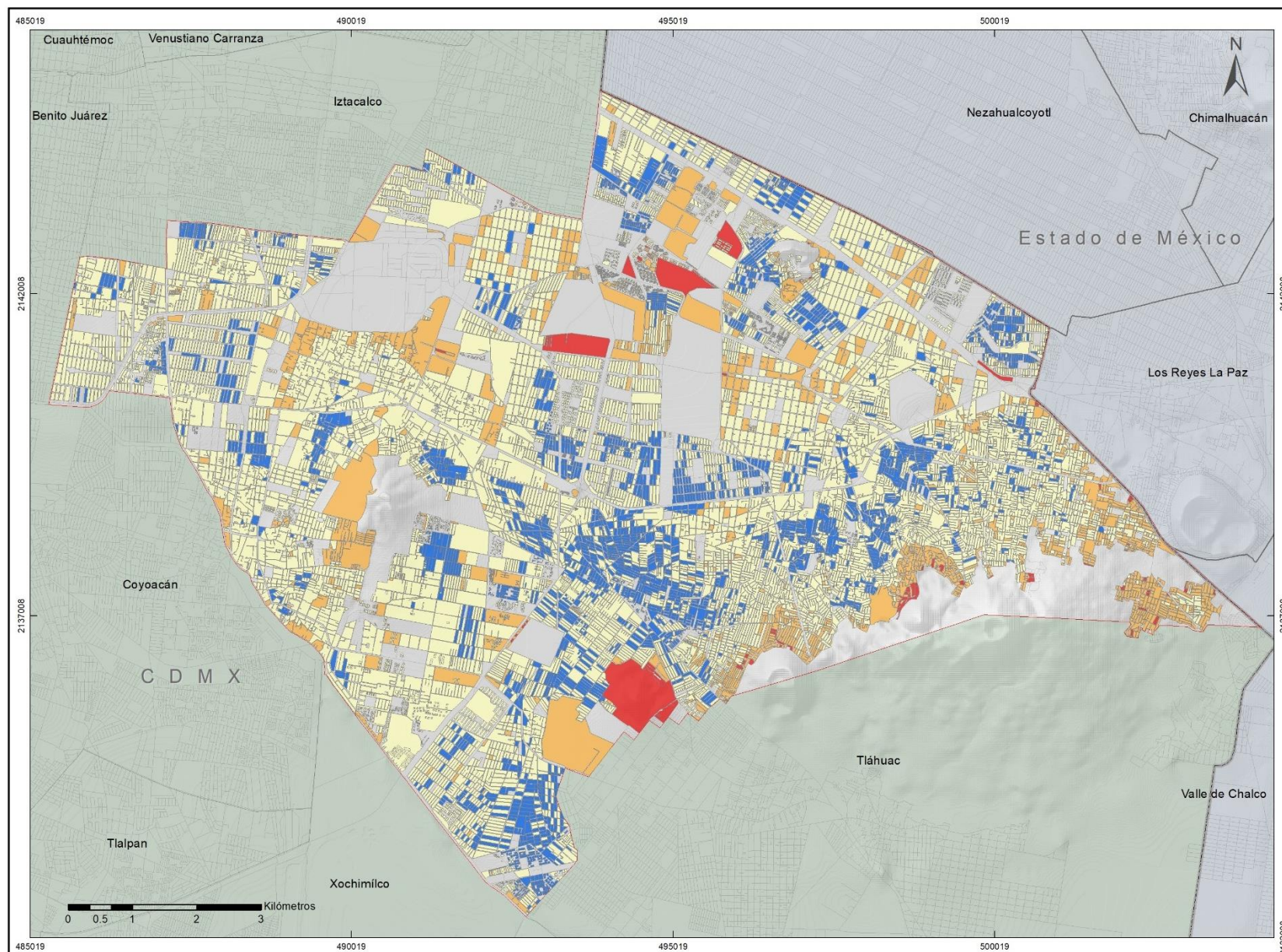
Fecha de elaboración: Febrero 2019

Mapa de localización



Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM
 Elaborado por Luis Antonio Contreras Estrada

Mapa del índice de capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.



Índice de Cap. Adaptativa por acceso al agua potable de la Alcaldía Iztapalapa

Legenda

Índice de Capacidad Adaptativa

Escenario A

- Alta
- Media
- Baja
- Muy baja

Simbología

- Iztapalapa
- CDMX
- Estado de México

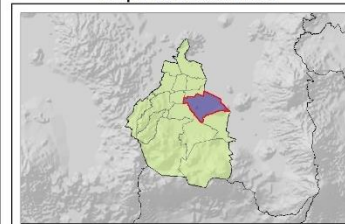
Fuentes cartográficas:

- INEGI (2010, 2017)
- IEDF (2010)
- EVALUA (2015)
- OVIE (2010)
- SACIMEX (2003)
- Escala: 1:60,000

Tesis: Visualización de la vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable, el caso: Iztapalapa, CDMX.

Fecha de elaboración: Febrero 2019

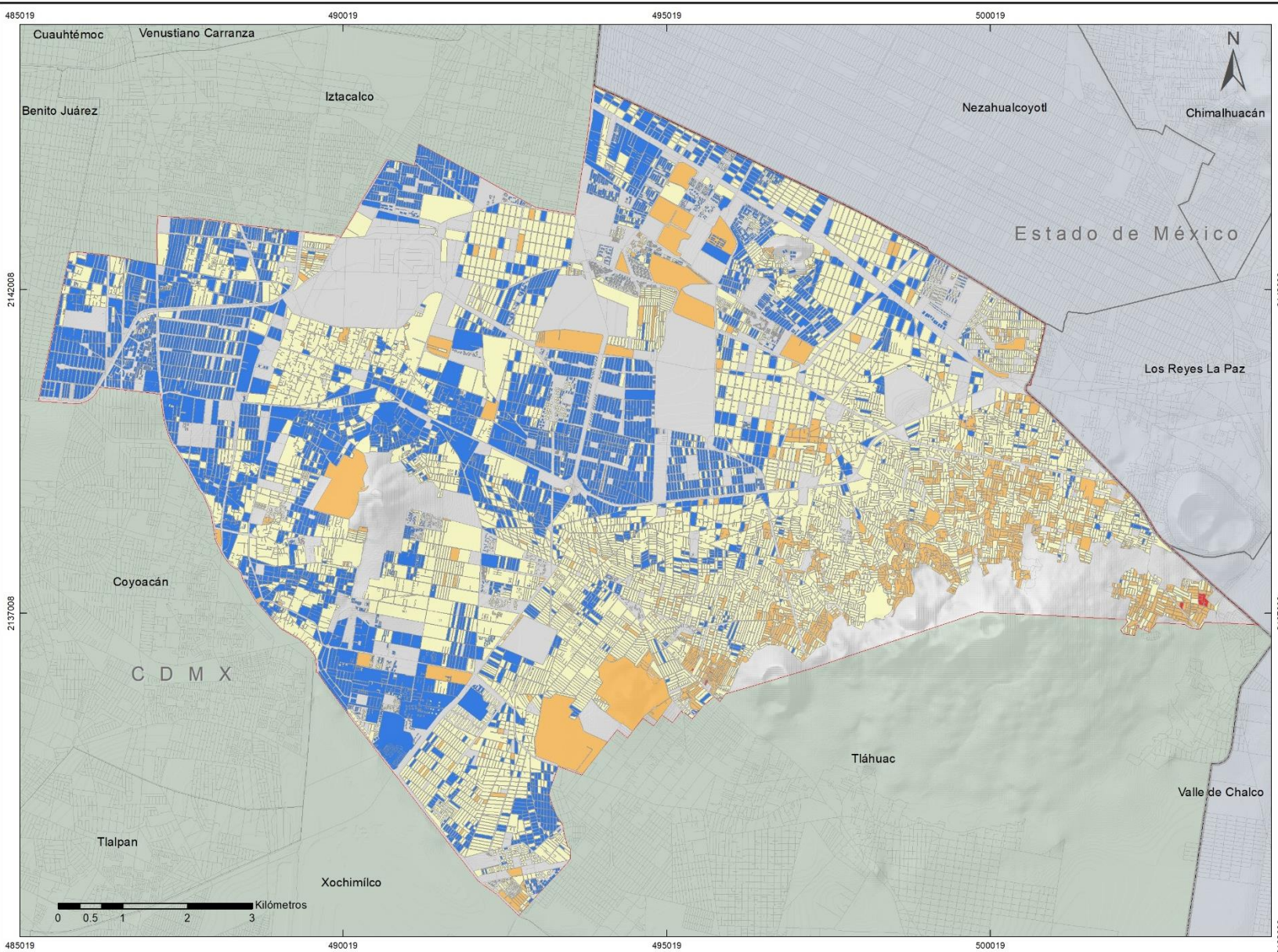
Mapa de localización



Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Elaborado por Luis Antonio Contreras Estrada

Mapa del índice de capacidad adaptativa frente al acceso diferenciado al agua potable (b). Fuente: elaboración propia.



Índice de Cap. Adaptativa por acceso al agua potable de la Alcaldía Iztapalapa

Leyenda

Índice de Capacidad Adaptativa

Escenario B

- Alta
- Media
- Baja
- Muy baja

Simbología

- Iztapalapa
- CDMX
- Estado de México

Fuentes cartográficas:

INEGI (2010, 2017)
 IEDF (2010)
 EVALUA (2015)
 OVIE (2010)
 SACMEX (2003)
 Escala: 1:60,000

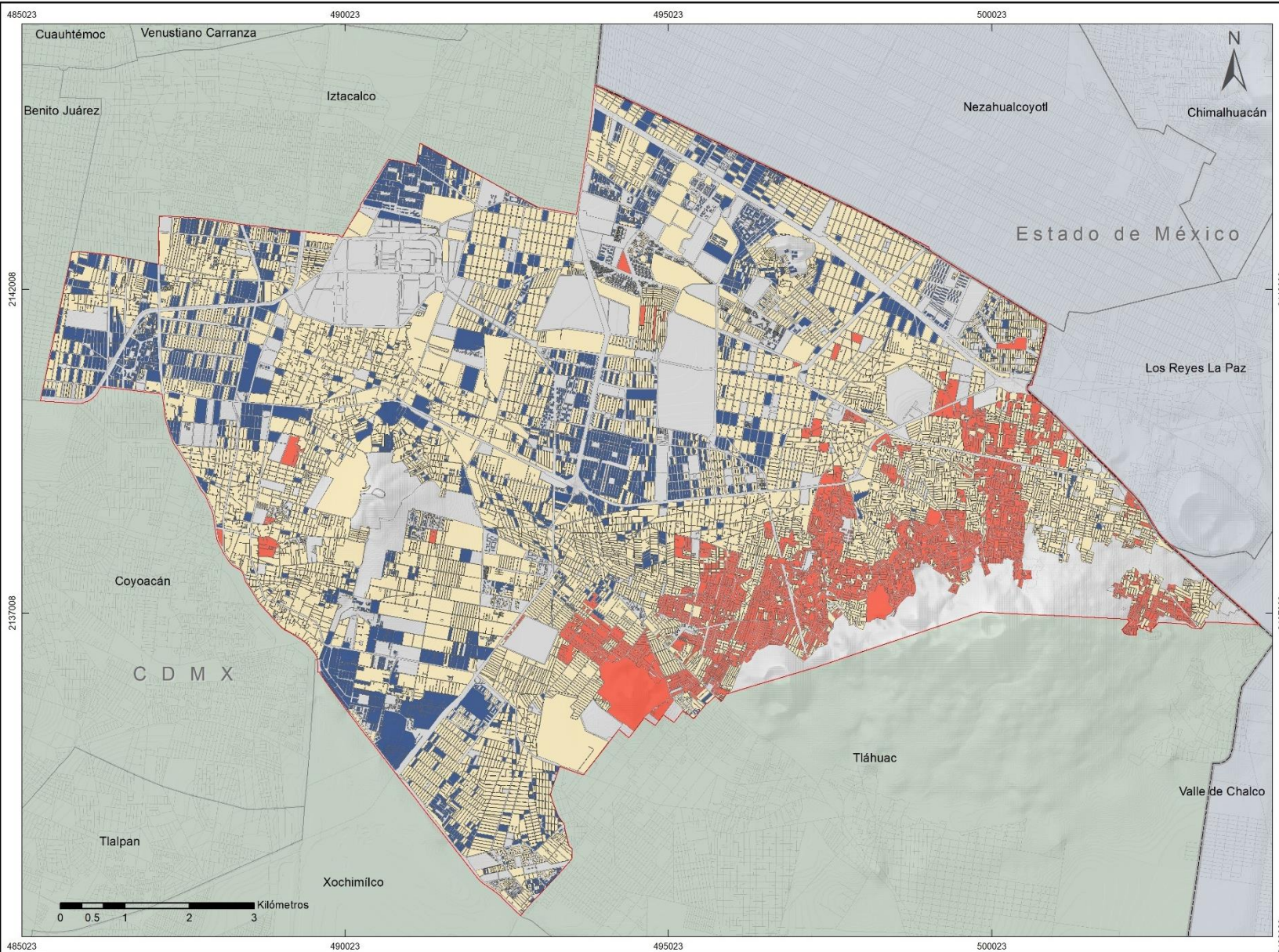
Tesis: Visualización de la vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable, el caso: Iztapalapa, CDMX.

Fecha de elaboración: Febrero 2019

Mapa de localización

Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM
 Elaborado por Luis Antonio Contreras Estrada

Mapa de vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable. Fuente: elaboración propia.



Índice de Vulnerabilidad por acceso al agua potable de la Alcaldía Iztapalapa

Legenda
Índice de Vulnerabilidad Hídrica

Escenario B

- Alta
- Media
- Baja
- Sin Población

Simbología

- Iztapalapa
- CDMX
- Estado de México

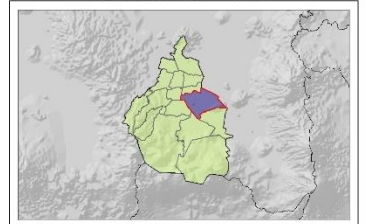
Fuentes cartográficas:

INEGI (2010, 2017)
IEDF (2010)
EVALUA (2015)
OVIE (2010)
SACMEX (2003)
Escala: 1:60,000

Tesis: Visualización de la vulnerabilidad por acceso diferenciado al agua potable, el caso: Iztapalapa, CDMX.

Fecha de elaboración: Febrero 2019

Mapa de localización



Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM
Elaborado por Luis Antonio Contreras Estrada

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

VISUALIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR ACCESO DIFERENCIADO AL AGUA POTABLE:

EL CASO DE IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:

Luis Antonio Contreras Estrada

COMITÉ TUTOR:

TUTORA PRINCIPAL: Dra. Eftychia Danaï Bournazou Marcou

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Dr. José Gasca Zamora - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Dr. David Manuel-Navarrete - SCHOOL OF SUSTAINABILITY ARIZONA STATE
UNIVERSITY

CIUDAD DE MÉXICO. Febrero 2020.

