

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

---

*Nada humano me es ajeno*

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

**Aproximación a la vulnerabilidad hidrológica en iztapalapa y su relación con  
el cambio climático a partir de los Sistemas de Información Geográfica**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

PRESENTA

**CARLOS ALBERTO MARGAIN CANCINO**

DIRECTORA

**AIDA SANDOVAL MONTAÑO**

Ciudad de México, diciembre 2019

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

#### DERECHOS RESERVADOS<sup>©</sup>

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

# Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
Planteamiento del problema .....	9
Justificación .....	11
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos .....	12
<b>Marco teórico</b> .....	13
<b>Marco conceptual</b> .....	16
<b>Marco Metodológico</b> .....	21
<b>Capítulo 1. Crecimiento urbano, disponibilidad del agua y normatividad de la ciudad de México y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)</b> .....	25
1. Antecedentes históricos del crecimiento poblacional de la CDMX y la ZMCM.....	25
2. Características geográficas de la zona de estudio .....	40
3. Disponibilidad del agua en la CDMX .....	52
4. Sistema Lerma - Cutzamala, su importancia para la Ciudad de México .....	63
5. Instrumentos y normatividad en materia de agua en la CDMX.....	75
<b>Capítulo 2. Aplicación de los sistemas de información geográfica para el análisis espacial de la vulnerabilidad hídrica y su relación con el cambio climático</b> .....	84
1. Propiedades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG´s) .....	84
2. Pérdida del suelo de conservación y áreas verdes en Iztapalapa.....	96
3. Iztapalapa ante la vulnerabilidad hidrológica .....	106
4. Vulnerabilidad ante riesgos hidrológicos .....	120
5. Vulnerabilidad hidrológica por el cambio climático .....	137
<b>Capítulo 3. Aproximación a la vulnerabilidad hídrica, riesgo hidrológico y cambio climático a partir de los Sistemas de Información Geográfica</b> .....	156
1. Aumento de la mancha urbana.....	160
2. Vulnerabilidad hidrológica .....	171
3. Riesgos hidrológicos .....	179
4. Cambio climático .....	187
<b>Conclusiones</b> .....	194
Referencias .....	197
Glosario.....	207

## Agradecimientos

---

Le doy un profundo agradecimiento a mi codirectora, *Verónica Durán Carmona* por su interés, dedicación, comprensión, enseñanza y paciencia a lo largo del desarrollo de la tesis, como el apoyo como persona para seguir adelante y mejorar como estudiante y profesionista para la vida laboral.

A mi directora, *Aida Sandoval Montaña*, por su apoyo académico y su interés en la realización de la tesis y sus aportaciones.

A los profesores que leyeron con atención mi trabajo e hicieron aportes sustanciales para su mejora, Edgar Sierra Palacios, Carlos Bravo Marentes y a Carlos Chávez Baeza.

Y agradezco a los profesores que, durante toda la carrera en Ciencias Ambientales y Cambio Climático, me dieron los conocimientos fundamentales para mi formación académica.

De manera especial, le agradezco a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, por el apoyo que me dio para la impresión de la tesis.

## Dedicatoria

---

Le dedico y agradezco a mi madre, *Lilia Isabel Cancino Reyes*, quien me inculcó los estudios como una manera de llevar una vida mejor, la cual ha sido parte de mi decisión de concluir la carrera, quien ha dedicado su vida en apoyarme en aspectos positivos en la vida y su amor incondicional.

A mi padre *Manuel René Margain Lazcano*, quien al igual que mi madre, me alentó para terminar la carrera, sus consejos y su constante apoyo que me dio para culminar la universidad, como en la vida. Siendo él un ejemplo a seguir adelante a pesar de las adversidades.

A *Diana*, quien me apoyó moralmente y su insistencia para acabar la tesis, quien ha hecho que mi camino sea mejor y que con su esfuerzo y cariño, ambos hemos salido adelante.

# Introducción

---

En la presente investigación se plantea la problemática de la vulnerabilidad hidrológica, la cual es una creciente en la delegación Iztapalapa. Esta vulnerabilidad genera impactos negativos sobre la escasez del agua, deterioro de su calidad, su desigualdad en distribución e inundaciones, además de los efectos del cambio climático sobre el recurso hídrico.

A medida que aumenta la población (aumento de la mancha urbana) se necesitan más recursos para el sustento de estas y con ello aparecen nuevas necesidades para la vida en sociedad, a consecuencia de esto el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. Así, el hombre adapta y modifica su medio según sus actividades y necesidades.

Uno de los elementos vitales en la existencia del ser humano es el agua, la cual es el elemento para la vida, estando su abundancia en el mundo en un 70% en la superficie de la Tierra, teniendo el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5 % es dulce<sup>1</sup>. El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso<sup>2</sup>.

México, es susceptible de ser afectado por el aumento de las temperaturas y las variaciones en la precipitación. Los impactos de estos cambios, se espera que, se distribuyan de manera desigual tanto territorial como socialmente, debido a diferencias en la ubicación geográfica, presión demográfica, especialización económica, niveles de pobreza y dependencia de los recursos naturales<sup>3</sup>.

El aumento de la población en la Ciudad de México (CDMX), como en zonas aledañas ha propiciado un crecimiento desmedido y desordenado, aunado a lo anterior la necesidad de suministro de agua para abastecer la demanda.

---

<sup>1</sup> Carabias, J. (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. México: Colegio de México.

<sup>2</sup> Aguilar, A. et al. (2010). Calidad del agua un enfoque multidisciplinario. Ciudad de México, México: Instituto de investigaciones Económicas.

<sup>3</sup> Rodríguez, F. (2012). El futuro de la disponibilidad del agua en México y las medidas de adaptación utilizadas en el contexto internacional. SocioTam, 12(2), 165-189.

En México, este proceso de urbanización inició de forma acelerada desde los años cincuenta del siglo pasado y continuará hacia el año 2050, con esto habrá una menor disponibilidad y, mayor demanda del recurso hídrico<sup>4</sup>.

La vulnerabilidad hídrica o hidrológica se entiende como la “propensión o predisposición a ser afectado negativamente, comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación”, esto en un contexto hídrico es, estar expuestos escasez del recurso como a inundaciones, entrando factores como calidad, cantidad y disponibilidad<sup>5</sup>. Como consecuencia de lo anterior, entra la escasez del agua y por otro lado el problema de inundaciones; que afectan a la población generando un riesgo hidrológico en la ciudad.

En el desarrollo de las ciudades entra la vulnerabilidad hídrica, no sólo como un problema ambiental por factores biofísicos, climáticos, lo cual queda fuera del alcance de la población y de los actores sociales siendo los fenómenos meteorológicos extremos, los cuales son la variabilidad del clima que va desde sequías así como las precipitaciones intensas la cuales generan una de las problemáticas a tratar como son las inundaciones, sino también como un problema entre la sociedad y actores gubernamentales, esto se relaciona con las problemáticas sociales, como la que se retoma en esta investigación la cual es la escasez e inundaciones en Iztapalapa, como la incapacidad y deficiencia de las instituciones para gestionar una posible solución. Existe una brecha en la gestión del agua, la cual conduce a un riesgo hidrológico que a su vez conlleva a conflictos por el agua, por la deficiente gestión del recurso. Es un reto a nivel federal, estatal y municipal por parte de los actores gubernamentales y la población en general, garantizar el recurso hídrico a toda la población y en especial a los sectores más vulnerables como los que conforman la alcaldía de Iztapalapa.

El desarrollo de la tesis se da a partir de la siguiente estructura, en un inicio se hace el planteamiento del problema donde se introduce al tema de la vulnerabilidad

---

<sup>4</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

<sup>5</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

hidrológica y su relación con el cambio climático, así como la importancia de atender sus efectos dentro de la Ciudad de México, caso particular de la Alcaldía Iztapalapa.

Se continúa con la justificación, en donde se plantea la importancia de atender los efectos de la vulnerabilidad hidrológica, como también los del cambio climático a nivel local, señalando algunas de las causas y consecuencias de los impactos.

Como objetivo general de esta investigación, se tiene el identificar las causas de la vulnerabilidad hidrológica en la alcaldía de Iztapalapa y su interrelación con el cambio climático, a partir de los Sistemas de Información Geográfica (SIG's), también se desprenden los objetivos particulares, donde se pretende identificar, exponer y explicar las consecuencias de la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático.

Mientras que, en el marco teórico, se recopilan trabajos e investigaciones con los temas relacionados con hidrología, geología, ciencias ambientales, geografía, ciencias sociales, cambio climático, en relación a la vulnerabilidad que se da tanto en el país, como de manera local en la Ciudad de México que están estrechamente relacionados con la vulnerabilidad.

En la sección del marco conceptual, se abordan una serie de conceptos claves para comprender la tesis, en relación con el problema de la disponibilidad del recurso hidrológico y cambio climático, en donde se desprenden la relación que existen entre estos por el riesgo, la exposición, los impactos, como consecuencias hacia la sociedad y medio ambiente.

Respecto al marco metodológico, se explica el porqué del método, donde se retoma parte del método geográfico y la relación que tiene con las ciencias ambientales, para analizar el tema de vulnerabilidad hidrológico y su relación con el cambio climático.

En toda la investigación, se podrá observar la utilización de los sistemas de información geográfica, como herramienta de análisis y síntesis en el estudio de un fenómeno, donde se maneja una gran complejidad ya que involucra aspectos físicos, sociales y biológicos; esto con relación a las ciencias ambientales de una manera holística con múltiples interacciones que caracterizan el tema abordado y

de forma gráfica (mapas, cartografía), todo esto, en función y con una perspectiva aportada por la licenciatura en Ciencias Ambientales y Cambio Climático, para el análisis de las problemáticas socio-ambientales.

La estructura de la tesis quedó conformada en tres grandes capítulos, cada uno de ellos a su vez con importantes temas que pretenden dar una visión general de la zona de estudio y por supuesto todo el contenido que implica cada apartado para entender la problemática en cuestión. A continuación, en forma breve se describen cada uno de los apartados.

El primer capítulo, titulado “el crecimiento urbano, disponibilidad del agua y normatividad de la ciudad de México y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)”, se da una introducción a la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, a partir de los antecedentes del crecimiento poblacional en la CDMX y la ZMCM; se describen las características geográficas de la zona de estudio, la cual es la alcaldía de Iztapalapa; también se explica la disponibilidad del recurso hídrico en la ciudad para entender en qué situación se está en materia de agua; se describe como están compuestos los sistemas que abastecen del agua en la ciudad, como de Iztapalapa y cuánto es su disponibilidad para la población; a continuación, en otro subcapítulo se relaciona la importancia que tiene el Sistema Lerma – Cutzamala en la disponibilidad del agua en la CDMX, como en la alcaldía; y por último, se muestra la normatividad en materia agua y los instrumentos que gestionan el recurso así como el marco legal en la que se rige la política ambiental y el marco institucional encargado de la gestión del recurso hídrico.

En un segundo capítulo, que lleva por título “la aplicación de los sistemas de información geográfica para el análisis espacial de la vulnerabilidad hídrica y su relación con el cambio climático”, se da a conocer la problemática desde la Ciudad de México, hasta particularizar la alcaldía Iztapalapa y su aplicación con los sistemas de información geográfica, su importancia en la aplicación en la problemática de la vulnerabilidad y su relación con el cambio climático; se explica que son los SIG’s y sus características para abordarlos; posteriormente se aborda el suelo de conservación y las áreas verdes existentes en la alcaldía y su importancia para el recurso hidrológico; posteriormente, se da un panorama de la vulnerabilidad hidrológica que se da en Iztapalapa; también se muestran los riesgos

ocasionados por los riesgos hidrológicos; y para finalizar el capítulo, se muestra la relación de la vulnerabilidad hidrológica con el cambio climático de una manera local.

En el tercer y último capítulo, llamado “aproximación a la vulnerabilidad hídrica, riesgo hidrológico y cambio climático a partir de los Sistemas de Información Geográfica, se llega a una aproximación de la problemática puntualizando los efectos de la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático”, se describen los impactos causados por el aumento de la mancha urbana, donde de manera puntual se observa la densidad poblacional de Iztapalapa, la superficie total, el grado de vulnerabilidad de la alcaldía, todo esto, descrito por delimitaciones territoriales; sobre la vulnerabilidad hidrológica se describe la superficie total de áreas verdes en km<sup>2</sup> y su disponibilidad por habitante; respecto al riesgo hidrológico se analizan las zonas propensas a inundaciones en Iztapalapa y las zonas potenciales de recuperación de áreas verdes en la misma; y por último, sobre el cambio climático local se da un panorama general del grado de la exposición al cambio climático y los efectos negativos que se desprenden a partir de esto.

Al final de cada tema del capítulo tres, se da una breve discusión con el fin de dar continuidad al siguiente apartado a manera de conclusión, donde se exponen las ideas personales sobre la problemática sobre la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático tomando en cuenta la preocupación de realizar e implementar soluciones a partir de estudios más específicos en cada problema para mitigarlos o prevenirlos.

En general en todo el proceso de la investigación se elaboraron una serie de más de 50 mapas a partir de los SIG's, en ellos se describen, analizan, explican y sintetizan, cada una de las problemáticas en particular o los fenómenos sociales en relación a la vulnerabilidad hidrológica, todos ellos importantes para entender las causas y consecuencias de la problemática de la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático en la alcaldía de Iztapalapa, estando presentes las problemáticas con más demanda en la población.

Es importante resaltar la magnitud actual de las ciencias ambientales en la resolución de la crisis ambiental ya que se consideran, una disciplina

multidisciplinaria y su propósito es investigar y conocer la relación de los individuos consigo mismo y con el medio ambiente.

En relación al campo de las ciencias ambientales, involucra las siguientes ciencias en esta investigación:

La hidrología: esta ciencia se encarga de la distribución, movimiento y de la calidad del agua en la Tierra en general, esto abarca el ciclo hidrológico y los recursos del agua; el ordenamiento territorial: el cuál es la parte que se encarga de planificar los usos apropiados de un espacio determinado, bien sea departamentos, ciudades o municipios. En consecuencia, se realizan investigaciones acerca de los recursos naturales (ecosistemas) y de las actividades económicas de la zona para luego dar recomendaciones de los usos apropiados y así mejorar la calidad de vida de los ciudadanos facilitando el acceso a las diferentes zonas del espacio, como gestionar responsablemente los recursos naturales para evitar el uso excesivo, así como su conservación; la climatología: esta es la rama de las ciencias de las ciencias ambientales se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo cronológico. Ha sido un asunto del que se había ocupado la geografía desde sus comienzos; y la geografía: esta última, es la ciencia que se encarga de la descripción o de la representación gráfica de la Tierra, esta estudia la superficie terrestre, las sociedades que la habitan y los territorios, paisajes, lugares o regiones que la forman al relacionarse entre sí.

Para entender el ambiente hace falta crear un paradigma que integre el conocimiento a través de la interdisciplina para generar nuevos conocimientos mediante la transdisciplina; aspectos importantes de la complejidad y las interdisciplinas, que se apoyen unas con otras para su desarrollo y su acción práctica, así como en otros tipos de conocimiento.

Así, la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, se retoma el enfoque desde las ciencias ambientales, donde se integran y se interrelacionan conocimientos y habilidades que permiten la comprensión y el análisis del ambiente considerando sus aspectos físicos, biológicos y sociales; los profesionales de las ciencias ambientales forman parte del conjunto de especialistas que pueden proponer alternativas para el diagnóstico, la prevención y remediación de la

problemática ambiental que coadyuven al desarrollo sustentable en su área de actuación para enfrentar los problemas causados por los cambios climáticos.

Con esto, las ciencias ambientales permiten disponer de las herramientas metodológicas y técnicas que ayudarán a prevenir y remediar problemas ambientales detectados en su ámbito de actuación y en situaciones de emergencia, sea en el ámbito social, político, económico y por supuesto ambiental.

## Planteamiento del problema

---

La problemática del agua dentro y fuera de las ciudades es algo latente, la cual ha tomado más auge en su valoración, por la necesidad de abastecer a las grandes ciudades como la Ciudad de México (CDMX). Es un problema pues siendo una de las ciudades más pobladas del mundo que cuenta con 8 918 653 de habitantes según datos de INEGI (2015), lo cual genera una demanda muy grande del recurso no solo tanto a sus habitantes los cuales están dentro de este núcleo, sino también a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la CDMX 8 851 080, el Estado de México 11 168 301 e Hidalgo con 97 461, sumando todos estos una población de 19 239 910 en la ZMCM esto para el 2010 datos de INEGI (2010), que optan por establecerse dentro o fuera siendo esta última población flotante (población aledaña a la CDMX que entra y sale por diferentes cuestiones, trabajo, estudios, servicios). Esto genera en el recurso hídrico una presión para la disponibilidad del agua para la población, como para las zonas de recarga (cuencas, acuíferos, ríos, lagos) las cuales tienen alta sobreexplotación no solo impactando a la población, sino también al medio donde es extraído, causando desequilibrio entrando variables o indicadores: hidrológicos, ambientales, climáticos; como antrópicos: económicos, políticos y sociales, los cuales tienen una estrecha relación.

La vulnerabilidad hidrológica, es la relación entre la disponibilidad de agua superficial y subterránea con respecto a los diferentes usos humanos, agrícolas e industriales, es lo que se conoce como estrés hídrico, el deterioro de los recursos hídricos del agua dulce en términos de cantidad y de calidad la cual sucede cuando hay mayor demanda del recurso, esto en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, cuerpos de agua contaminados), esto puede ser en un período específico de tiempo o porque se limite, lo cual también varía a lo largo del territorio por la variedad en climas, existiendo diversos eventos climáticos extremos desde escasez a inundaciones. Como parte de estas causas, se dan variaciones climáticas, la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa al cambio climático, que en un contexto nacional varían desde sequías hasta inundaciones, como la alteración del ciclo hidrológico a causa del cambio climático. Siendo un factor determinante la temperatura para los ciclos hidrológicos, ya que si

se sigue con el aumento de la temperatura este tendrá un impacto negativo propiciando un cambio importante en el clima<sup>6</sup>.

De acuerdo al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC (2015), el cambio climático es “la variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos”.

Las amenazas latentes por causas antropogénicas incluyen la sobreexplotación del recurso hídrico, por el aumento de la mancha urbana, asentamientos humanos irregulares en zonas de suelo de conservación; barrancas; laderas (zonas de riesgo) y mayor presión sobre los recursos naturales han aumentado la vulnerabilidad hacia el agua, como los patrones de sobre explotación del recurso como los cambios de patrones de consumo los cuales han aumentado el impacto sobre el medio ambiente (contaminación, deforestación, mayor demanda alimentaria; cambio de uso de suelo). Estos factores antropogénicos, tienen estrecha relación con los climáticos, los cuales amenazan la seguridad hidrológica la cual es garantizar agua suficiente en calidad y cantidad (disponibilidad) para los diversos usos, a precios asequibles y en equidad, así como la protección de las personas en términos de salud. Esto para una mejor calidad de vida, que es el conjunto de factores que contribuyen al bienestar de las personas en su vida diaria, todo esto en relación al recurso hídrico.

Del lado gubernamental, la mala gobernanza conlleva al descuido del tratamiento del recurso hídrico, como de una mala gestión del agua por parte de los actores del gobierno, ha dado a no tener una articulación entre la sociedad, instituciones encargadas de la gestión del agua, gobierno, lo que genera como consecuencia el riesgo hidrológico, ya sea por escasez del agua, las inundaciones y la urbanización. Así un mayor crecimiento urbano, se tendrá más demanda del agua.

---

<sup>6</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

## Justificación

---

La importancia de este trabajo es dar un acercamiento a las causas y los efectos que genera la vulnerabilidad hídrica, ya que el riesgo hidrológico tiene impactos negativos en la población que habita la ciudad.

La investigación se basa en la alcaldía de Iztapalapa, la cual es un territorio vulnerable al recurso hídrico ya que, el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad del agua en Iztapalapa ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas, tales como a la escasez del agua y las inundaciones por eventos hidrometeorológicos extremos y a su vez por cambio climático. Iztapalapa, es la alcaldía con mayor población en la Ciudad de México con 1 827 868 habitantes según datos del 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la cual tiene una menor disponibilidad del recurso hídrico y una mayor demanda, como el crecimiento de la mancha urbana que afecta las zonas de recarga como el suelo de conservación por asentamientos humanos irregulares.

La Ciudad de México, es una de las más afectadas por el cambio climático, por su mayor concentración poblacional sumado a esto los problemas ambientales con el aumento de la mancha urbana, esto también causando variabilidad climática (cambio climático) o impactos antrópicos directos o indirectos (contaminación). Con lo anterior el riesgo hidrológico, es un desafío que debe enfrentarse para abastecer el recurso de una manera igual a la sociedad y reducir el riesgo hidrológico. Se busca generar una mejor respuesta ante la vulnerabilidad hidrológica y prevenir el riesgo hidrológico ante la variabilidad climática que va desde escasez del agua hasta las inundaciones.

Desde la visión de las ciencias ambientales, se da una aproximación a las causas, consecuencias y propuestas de adaptación hacia la vulnerabilidad hidrológica delimitada la zona de Iztapalapa, todo esto con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG's) para un acercamiento más comprensible de las problemáticas a mostrar con la recolección, procesamiento y su posterior análisis de datos. Esto con el fin de proporcionar información para una mejor toma de decisiones y aprovechamiento respecto al recurso hidrológico para la sociedad.

## **Objetivo general**

---

Identificar las causas de la vulnerabilidad hidrológica en la alcaldía de Iztapalapa y su interrelación con el cambio climático, a partir de los Sistemas de Información Geográfica (SIG's).

## **Objetivos específicos**

---

- Identificar las causas y consecuencias de la vulnerabilidad hídrica en la alcaldía de Iztapalapa.
- Exponer los riesgos hidrológicos en Iztapalapa a partir de la vulnerabilidad hidrológica.
- Explicar las consecuencias de la variabilidad climática hacia la vulnerabilidad hídrica.

## Marco teórico

---

La importancia hacia el medio ambiente y sus recursos empezó a tomar relevancia a partir del libro *La tragedia de los comunes*, la cual dice que “Las problemáticas ambientales como la degradación o pérdida de los recursos naturales están íntimamente vinculados con la pobreza, hambre y marginación de las poblaciones humanas, puesto que los recursos naturales están destinados a su sobreexplotación y destrucción debido al uso irracional de los mismos”<sup>7</sup>.

El constante cambio en la sociedad genera concentración de la población dentro de las ciudades, tener acceso a una vivienda con todos los servicios y tiende a provocar que la demanda de producción aumente, lo que conlleva a una mayor extracción de los recursos naturales creando consecuencias negativas por estas acciones que contribuyen al deterioro ambiental. Esta injusticia ambiental permite analizar los cambios relacionados con procesos sociales en los cuales la intervención de la población es vital para la resolución del conflicto en el que se encuentre, como también la política la cual es el eje que lleva la gestión, desde un marco normativo que muchas veces no va en beneficio de la población y su entorno geográfico.

Los grupos sociales de la antigüedad siempre se han establecido o desarrollado focos de civilización, donde el recurso potencial es el agua, ya sea para agricultura o ganadería, en la actualidad el papel central del agua en las ciudades es indispensable ya que de ello depende la subsistencia de la población (asentamientos humanos), como comercio e industrias.

Esto genera un impacto ambiental por la producción imparable tanto a baja como a grandes escalas, y teniendo también consecuencias negativas por la pérdida del patrimonio biocultural el cual define Boege (2008), como la identidad única de las comunidades indígenas, como un acervo ancestral que les permite orientar un proyecto propio de vida comunitaria. Ya que al perder los ecosistemas el cual según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2019) se define como el conjunto de especies de un área determinada que

---

<sup>7</sup> Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. American Association for the Advancement of Science, 1234-1248.

interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico. No solo se pierden estos sistemas naturales, sino también, las como unidades originarias por el deterioro de su zona de origen o el peor de los casos la invasión o despojo de sus tierras.

El patrimonio biocultural, se encuentra en alto riesgo ya que, desde la ecología política, este proceso se asocia al avance de la sociedad capitalista, industrial y urbana<sup>8</sup>.

Según Blaikie y Brookfield (1987), señala a la ecología política como marco analítico para el análisis de los problemas socioambientales, amplía la utilización de diferentes disciplinas las cuales van desde la ecología, sociología, geografía, política, ambiental, entre otras las cuales manejan diferentes puntos de vista, para lo cual la ecología política, es un elemento importante para la comprensión de los problemas que involucran a dos o más multidisciplinas para una mejora en la relación entre el ser humano y el medio ambiente. Las bases teóricas para el desarrollo de la ecología política representan un marco que permite entender los procesos ambientales actuales y sus causalidades. Por otro lado, la ecología política intenta analizar los conflictos desde una perspectiva que articula las relaciones entre la naturaleza y los seres humanos con las relaciones sociales mismas<sup>9</sup>.

En el artículo, “la crisis del agua y el saber ambiental”, Leff, (2012), del libro *la cultura del agua en México* menciona que, “la crisis ambiental como la crisis del agua tienen origen en la falta de desconocimiento de estas, la cual se ha manifestado y evidenciado en los últimos 40 años, desviada de su curso natural, para las condiciones de la sustentabilidad de la vida del planeta”. El mismo autor agrega que, “El consumo del agua se está duplicando cada 20 años por encima del crecimiento poblacional, aunado a la deficiencia de los servicios de abastecimiento, calidad y distribución del agua, así como por la falta de una nueva normatividad eficaz. La cultura del agua, implica un conocimiento sobre las formas como la apropiación económica de la naturaleza está generando escasez del agua y por

---

<sup>8</sup> Leff, E. (2006). La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.

<sup>9</sup> Toledo, V. et al. (2014). Conflictos socio-ambientales, resistencias ciudadanas y violencia neo-liberal en México. *Ecología Política Cuadernos de Debate Internacional*, 46(41), 115-124.

ende el estrés hídrico generando conflictos en materia de agua y contribuyendo al cambio climático”<sup>10</sup>.

Existe una interrelación entre el aumento poblacional y el cambio climático ambos factores propician la menor disponibilidad del agua. Se menciona por parte de Soares (2015), en el capítulo “conceptualización de vulnerabilidad y construcción de un índice de vulnerabilidad social” del libro *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*, la interrelación entre la vulnerabilidad hidrológica y el cambio climático, el hace referente de la vulnerabilidad social que hace posible entender y explicar las causas y síntomas de las consecuencias sociales de los desastres, como el concepto vulnerabilidad tiene un relevante valor político por constituir una base operativa para el diseño de políticas sociales y de cambio climático hacia los eventos hidrometeorológicos extremos. Con esto, se da un mejor entendimiento de la relación de la vulnerabilidad hídrica y su relación con el cambio climático. Esta relación entre estas dos variables, el cambio climático y la variabilidad climática modifican el ciclo hidrológico y, por lo tanto, la disponibilidad del recurso hídrico. Así, como una menor disponibilidad del recurso hídrico para las poblaciones. Las poblaciones en la actualidad se concentran más en las zonas urbanas que en las rurales, el aumento de la mancha urbana genera presión, creando así una vulnerabilidad social susceptible a un estrés hídrico, sumada a la variabilidad climática como la escasez y las inundaciones, se crea una vulnerabilidad hidrológica.

Es de vital importancia comprender el cambio climático para la adaptación a los cambios que éste genera. Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, se define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. En un contexto de una vulnerabilidad hidrológica el cambio climático, interfiere en los procesos hidrometeorológicos, que propicia la generación de impactos negativos dentro de la ciudad, como inundaciones, generando una exposición al riesgo.

---

<sup>10</sup> Perevochtchikova, M., et al. (2012). Cultura del agua en México, Conceptualización y vulnerabilidad social. Ciudad de México: UNAM, Porrúa.

## Marco conceptual

---

Dado que la vulnerabilidad hidrológica, es el tema central de esta investigación, es de vital importancia saber en primera instancia qué se entiende por vulnerabilidad. Ávila (2008), en un artículo de la revista ciencias “*vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México*” menciona que la vulnerabilidad, es el “proceso por el cual la población humana y los ecosistemas, están sujetos a riesgo de sufrir daño o amenazas ocasionadas como se ha mencionado antes por factores climáticos, biofísicos y sociales”, esto dando como respuesta a un escenario donde la situación es limitada o nula hacia una solución a la problemática o impacto para adaptarse.

Desde una perspectiva social Blaikie et al. (1998), proponen que la vulnerabilidad es una combinación de características de una persona, hogar o comunidad expresadas en relación con la exposición a una amenaza derivada de su propia condición social y económica. Así, con este término se construye un enfoque social sobre la vulnerabilidad, el cual señala que los sistemas sociales y políticos crean las condiciones en las cuales las amenazas tienen un impacto diferente sobre diferentes grupos dentro de la sociedad.

Existen varios conceptos respecto a la vulnerabilidad, pero el más adecuado y que se relaciona con la variabilidad climática, es el que define el IPCC (2015), el cual menciona que: “la vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación”. A partir de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, se genera la siguiente formula:

$$\text{Vulnerabilidad} = f [(\text{exposición} + \text{sensibilidad}) - \text{capacidad de adaptación}]$$

Dicha expresión, representa que la vulnerabilidad, es igual a la exposición hacia un riesgo para eventos climáticos o causas antropogénicas, donde se suma la sensibilidad la cual es “el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos”, en un territorio y a la población que reside ahí, dando como respuesta una menor capacidad

adaptativa a estos cambios<sup>11</sup>. Esta medida se determina el grado en el que un municipio se puede ver afectado por estrés, hacia las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por el cambio climático.

La vulnerabilidad genera impactos sociales y ambientales, el término impacto definido por el IPCC (2015), menciona que se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático, los cuales “pueden ser cambios en la precipitación que conllevan desde sequías hasta inundaciones en determinadas regiones del país. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos”<sup>12</sup>.

Así, la vulnerabilidad hídrica o hidrológica, es el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad, disponibilidad y cantidad del agua que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas, tales como a la escasez del agua y las inundaciones por la variabilidad en el clima por eventos hidrometeorológicos extremos, que son los cambios en el patrón de precipitación que conllevan desde sequías hasta inundaciones, a partir de lo anterior, se da el concepto de vulnerabilidad hidrológica<sup>13</sup>.

En cuanto al tema del agua, la escasez que es la falta de disponibilidad y accesibilidad del recurso, es una constante en las zonas donde se encuentran las ciudades, así como en las zonas conurbadas, aunado a lo anterior la falta de disponibilidad del agua crea una demanda del recurso agudizada que provoca conflictos por el agua.

Bunge (2007), en el capítulo “la presión hídrica en las cuencas de México,” menciona sobre la presión hídrica, que no sólo el incremento poblacional ha

---

<sup>11</sup> PINCC, U. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

<sup>12</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

<sup>13</sup> PINCC, U. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

originado que las personas hagan uso limitado del recurso, sino también que los patrones de consumo han generado una mayor demanda de agua.

Estos impactos conllevan a la generación de riesgos, los cuales son “el potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores”. A menudo el riesgo se representa como “la probabilidad de sucesos o tendencias que tienen un peligro multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro”<sup>14</sup>.

El riesgo tiene una estrecha relación con la amenaza, la cual de acuerdo a las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR por sus siglas en inglés) es “un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales”. Así, en relación al riesgo, se retoma la siguiente fórmula que deriva en amenaza o vulnerabilidad:

$$\text{Riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$$

Esta fórmula representa que el riesgo es igual a la amenaza por un evento climático o causas antropogénicas multiplicado por la vulnerabilidad de la población a la se va a afectar<sup>15</sup>.

Se considera que, al estar expuesto al riesgo, se genera lo que es el peligro “hecho potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales”. Así, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de éste.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

<sup>15</sup> UNISDR. (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.

<sup>16</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

Dentro del contexto de la ciudad, la adaptación es un factor muy delicado ya que al estar inmersas las poblaciones en núcleos, se está expuesto a una vulnerabilidad alta por parte de la variabilidad climática (cambio climático), que va desde la escasez hídrica hasta inundaciones. Así, entrando al concepto de adaptación el cual el IPCC, (2015), donde “se refiere a el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos en este caso dentro de la ciudad, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos frente a entornos nuevos o cambiantes”. A partir de lo anterior, se genera una capacidad adaptativa que se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático y al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados<sup>17</sup>.

De acuerdo a lo anterior, la capacidad adaptativa crea una resiliencia como respuesta, la cual interpreta el IPCC (2015), como la “capacidad de los sistemas sociales, económicos, ambientales, climáticos de afrontar un suceso, o perturbación peligrosa que responde y se reorganiza de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje, lo cual se vivió por la experiencia de la vulnerabilidad y su posterior transformación”.

Al comparar el concepto anterior con respecto a lo que indica Leff (1986), en el libro *Ecología y capital: hacia una perspectiva ambiental del desarrollo* que la resiliencia en términos ambientales es, “la capacidad de un ecosistema para mantenerse en un estado similar a las condiciones de un equilibrio estable el cual no ha sido perturbado, que tiene un determinado sistema para recuperarse”.

Por lo tanto, se puede decir que la resiliencia respecto a la vulnerabilidad hidrológica, consiste en la capacidad de un sistema dentro de la ciudad para resistir a las perturbaciones lo que da capacidad de adaptación como una respuesta para restaurar el sistema para el mejoramiento respecto los servicios hídricos de la población que reside en la zona.

---

<sup>17</sup> PINCC, U. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

Estos múltiples factores conllevan a la seguridad hídrica, según Ávila (2008), menciona en la revista ciencias *vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México*, como “la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua, la conservación y el uso sustentable sin atentar contra la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles, y los mecanismos y regulaciones sociales para reducir y manejar los conflictos o disputas por el agua”.

Mientras que Oswald (2012), en el capítulo, “seguridad del agua en México” del libro *la cultura del agua en México*, dice con respecto a la seguridad hídrica, que “son los recursos de agua y ecosistemas que proveen y sostienen el sistema hídrico, los cuales pueden ser amenazados por la contaminación, mal manejo del recurso, cambio de uso de suelo, cambio climático”, los cuales deben ser protegidos y mejorados para un desarrollo sustentable así, que toda persona tenga acceso suficiente, para una mejor calidad de vida.

En la Ciudad de México, la seguridad hídrica es primordial, ya que este recurso da los servicios que deben abastecer a la población; esto genera la necesidad que haya una cultura del agua, concepto que maneja Romero (2012), en su capítulo, “cultura del agua en México” donde “la cultura del agua es el conjunto de las costumbres y valores, como de actitudes y hábitos”, los cuales pueden ser individuales o en una sociedad con su relación con el agua, su importancia para el desarrollo de todo ser vivo así como su disponibilidad del recurso dentro del medio donde el individuo se desarrolla. Con ello, se le da un valor al conocimiento sobre el recurso y su relación que tiene con el medio ambiente.

## Marco Metodológico

---

En esta investigación se retoma, para analizar la problemática de la vulnerabilidad hídrica el método geográfico el cual respalda, confirma, justifica de manera amplia a partir de hechos que son los datos recopilados; se inicia por la generalidad del problema de la vulnerabilidad y el recurso hidrológico como su conexión con el cambio climático y, finalmente se aterriza en las causas particulares que inciden en el problema en la alcaldía de Iztapalapa de la Ciudad de México.

Para analizar el tema de vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, se procede a precisar la problemática referida en la alcaldía de Iztapalapa, esto significa que se hará una revisión sobre aquellos estudios que han abordado la temática desde diferentes ángulos durante el período más reciente que abarca desde el año 2000 a la fecha, y se retoman algunos datos anteriores para comparar además del incremento en la escasez (menor disponibilidad), como en las inundaciones y la variabilidad climática.

Dado que existe la problemática en Iztapalapa, tanto en la escasez en el recurso agua como en las variables climáticas que causan inundaciones; se deben tomar indicadores que ayuden a un análisis del escenario por medio de algunos datos respecto a estas variables, por mencionar algunas fuentes como: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Procuraduría Ambiental y Ordenamiento Territorial (PAOT), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), así como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), entre otros.

Desde la visión de las ciencias ambientales el problema del recurso hídrico, se retoma puesto que la problemática del agua es un tema de interés primordial, tanto para la ciudad, como para el país, los problemas de escasez, sobreexplotación de acuíferos, inundaciones, erosión hídrica, hundimientos y degradación de hábitats acuáticos amenazan los ecosistemas y los sistemas productivos.

Se consideró para el marco metodológico de este trabajo el método geográfico, el cual se basa en varios principios que son los fundamentos metodológicos que rigen a la ciencia geográfica, el cual tiene en cuenta la interrelación para comprender las causas y consecuencias de un fenómeno o problemática. Este método se rige por 6 ejes, los cuales son:

- 1) *Principio de localización*: Fue planteado por el Geógrafo Alemán Friedrich Ratzel, el cual describe como todos los hechos o fenómenos físicos, biológicos y sociales, pueden ser localizados en la superficie terrestre a través de un sistema de coordenadas geográficas (latitud, longitud, altitud, límites, superficie)<sup>18</sup>.
- 2) *Principio de descripción*: planteado por Vidal de la Blache, el cual permite dar a conocer las características de un hecho o fenómeno geográfico que queramos estudiar. Todo fenómeno geográfico encierra una gran complejidad, casi nunca tendrá como causa un solo factor, sin varios en combinación, que actúan sucesiva o simultáneamente.
- 3) *Principio de causalidad u origen*: planteado por Alexander Von Humboldt, el Padre de la Geografía Moderna, el cual menciona que todo fenómeno cualquiera que sea éste, tiene una causa, un origen o un porqué, conociendo así su extensión y distribución donde esté ubicado. Esto otorga el carácter científico al método geográfico, el cual permite calificar a la geografía como ciencia.
- 4) *Principio geográfico de comparación o analogía*: planteado por Carl Ritter y Vidal de la Blanche, que consiste en establecer las diferencias entre el hecho o fenómeno, así como establecer semejanzas y diferencias entre los distintos hechos o fenómenos geográficos que se estén estudiando con otro que se ubica en otras latitudes geográficas (área, zona, superficie), que nos permita individualizar o generalizar<sup>19</sup>.
- 5) *Principio geográfico de actividad, dinamismo o evolución*: planteado por el francés Jean Brunhes, en el cual señala que todo se encuentra en constante

---

<sup>18</sup> Carpetapedagogica. (2018). Principios Geográficos. recuperado el 27 de agosto de 2019, de Plataforma educativa de recursos digitales Sitio web: <https://carpetapedagogica.com/principiosgeograficos>

<sup>19</sup> Vicharra E. (2011). Principios Geográficos. recuperado el 27 de agosto de 2019, de blogspot Sitio web: <http://geo-general.blogspot.com/2011/11/principios-geograficos.html>

transformación, teniendo como agentes transformadores al hombre o a la naturaleza (medio ambiente).

- 6) *Finalmente, el principio de conexión o relación:* Este propuesto por Jean Brunhes, plantea que todo hecho o fenómeno geográfico, debe ser estudiado como un todo teniendo en cuenta sus múltiples conexiones y no solo tomarlo de forma aislada el fenómeno, así también tener en cuenta su temporalidad o duración en el tiempo.

También se retoman elementos del enfoque tanto cuantitativo como el cualitativo, en el desarrollo de los tres capítulos para la elaboración y análisis de los datos con los Sistemas de Información Geográfica (SIG's), los cuales son una herramienta esencial para la comprensión del análisis espacial a partir de datos, y nos dan un conjunto de medios y métodos a partir de un programa capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos; cabe mencionar que dichas propiedades, favorecerán a un mejor análisis de las características geográficas espaciales y temáticas dependiendo del objeto de estudio, un mejor conocimiento del territorio o zona de interés como su: población, el clima, tipo de suelo, hidrología, tipo de relieve, entre otros factores que influyan con la vulnerabilidad hidrológica<sup>20</sup>.

Utilizar los sistemas de información geográfica, como herramienta de análisis y síntesis en el estudio de un fenómeno ya sea físico, social o biológico relacionado con las ciencias ambientales en forma holística y gráfica, es una función que aportó la licenciatura, para el análisis de las problemáticas socioambientales.

Así, un sistema de información geográfica se compone de tres partes esenciales:

- Datos: se encarga de las operaciones de la lectura, edición, almacenamiento de entrada y salida de datos y la gestión de estos dentro de los sistemas de información geográfica.
- Visualización (creación de cartografía, mapa digital): se crean representaciones a partir de los datos (mapas) permitiendo una interacción visual con ellos, esto a partir de Software (programas para su procesamiento

---

<sup>20</sup> INEGI. (2014). Sistemas de información geográfica. Ciudad de México: INEGI.

y análisis), los cuales son, ArcGIS 10.5 y QGIS 3.4 Madeira, para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica.

- Análisis: aquí se concentran el contenido ya visualizado para el análisis de los datos geográficos, ésta generación de resultados pueden ser mapas, gráficos, informes o documentos de gestión.

Se realiza cartografía (mapas digitales) con los SIG's, sobre las zonas con mayor nivel de marginación dentro de la alcaldía que son más propensas a la vulnerabilidad hidrológica y finalmente llegar a partir del análisis a través de los SIG's, y la información recuperada a la propuesta para la toma de decisiones que ayuden a esta zona a disminuir la vulnerabilidad hídrica y se fortalezca su capacidad adaptativa; y a su vez, la alcaldía de Iztapalapa pueda generar decisiones reales para lograr el bienestar de la sociedad.

Se retoman trabajos ya realizados por diferentes autores que han estudiado el fenómeno sobre la vulnerabilidad social, ambiental, hidrológica, con el objeto de reunir varias aportaciones teóricas para un mejor análisis de información que se genere a partir de la bibliografía recolectada, como la utilización de los SIG's en relación a las fuentes consultadas que darán un panorama de la situación actual en la alcaldía de Iztapalapa a partir del método geográfico para dar una aproximación a la vulnerabilidad hidrológica, como su relación con el cambio climático, a través de los mapas digitales y con el apoyo de los SIG's.

# Capítulo 1. Crecimiento urbano, disponibilidad del agua y normatividad de la ciudad de México y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)

---

## 1. Antecedentes históricos del crecimiento poblacional de la CDMX y la ZMCM.

---

La Ciudad de México (CDMX) y en algunas zonas aledañas al Estado de México antes de la conquista española eran un gran lago, llamado la cuenca del Valle de México, donde se asentó la antigua Tenochtitlan, dando como resultado, un proceso de sedentarización y el aumento de población. La transformación del entorno de los primeros pobladores fue casi nula, ya que se vivía de una manera sustentable con el medio ambiente, teniendo una agricultura chinampera, utilizando diques para controlar las inundaciones y usando estos, como calzadas.

Con la conquista española se da un nuevo ordenamiento geográfico y político del territorio, construyendo la nueva España sobre las ruinas de Tenochtitlan y Tlatelolco, dando como resultado sobre el territorio una circulación continua y ordenada, aunado a la necesidad de tener más zonas habitables. Posteriormente, se empezaron a desecar los lagos debido al crecimiento poblacional, lo cual hizo que se desarrollaran obras de ingeniería planeando un sistema de drenaje, dejando un lado el modo de vida lacustre,<sup>21</sup> dejando atrás los canales que llevaban el agua hacia los centros poblacionales como Tenochtitlán.

Así, con lo anterior se muestra como fue el principio de la expansión poblacional, ubicándose dentro del lago la necesidad de desecarlo para crear mayores asentamientos humanos. Al crecer la ciudad se fueron perdiendo los cinco lagos que conformaban la cuenca del Valle de México, conformados por: el lago de Zumpango, el lago de Xaltocan, el lago de Texcoco, el lago de Xochimilco y el lago de Chalco, donde aún quedan algunos remanentes. La cuenca del Valle de México,

---

<sup>21</sup> INAH. (2019). Cuenca de México. Recuperado el 6 de marzo de 2019, de Instituto Nacional de Antropología e Historia Sitio web: <https://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?tag=cuenca-de-mexico>

a la llegada de los españoles en 1519, junto con la conformación de los lagos y las poblaciones<sup>22</sup> se muestra en el siguiente mapa (mapa 1).



Mapa 1. Cuenca del valle de México que representa los lagos, sus antiguas poblaciones y el centro o ciudad principal. Tomado del Barrio de Tultenco (2011)

<sup>22</sup> Barrio de Tultenco. (2011). La cuenca de México. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de Barrio de Tultenco Sitio web: <http://barriodetultenco.blogspot.com/2011/01/el-embrujo-del-lago.html>

La extracción del agua se produjo junto con la expansión urbana en la CDMX, la cual se fue intensificando a fines del siglo XIX. Pese a las obras hidráulicas constantes inundaciones se van dando, ya que la cuenca como desde tiempos pasados las aguas de las zonas aledañas<sup>23</sup>. Aún con esta problemática, la ciudad se fue expandiendo del centro hacia la periferia, esto alimentado por la centralización económica del desarrollo de ésta. Fueron aumentando las construcciones de viviendas, las zonas de asfalto, así como la desecación del lago y el entubamiento de ríos, los cuales se les dio causa hacia un drenaje profundo para la ciudad.

La centralización de la economía que se dio durante la década de 1950 y 1960, dio paso a una gran demanda de infraestructura, dicho auge en la década de los 70's contribuyó al incremento en la demanda de agua per cápita, lo cual contribuyó a las actividades económicas y por ende su sobreexplotación<sup>24</sup>.

El crecimiento de la mancha urbana, es el resultado de los patrones de desarrollo urbano y de los procesos de desarrollo económico que ha experimentado la zona metropolitana, sobre todo en los últimos cincuenta años. "Durante la segunda mitad del siglo XX, la cuenca del Valle de México experimentó un proceso sin precedente de crecimiento, tanto de su población como en la ocupación de su territorio. Las causas son múltiples y obedecen principalmente a la política seguida desde los años cincuenta que estimuló el desarrollo industrial, al mismo tiempo que ofrecía mejores condiciones y expectativas para el establecimiento de nuevos pobladores, en un momento en que las tasas de reproducción de la población alcanzaron su máximo histórico en el país"<sup>25</sup>. La demanda de vivienda para personas de bajos ingresos condujo a la ocupación ilegal de miles de hectáreas de áreas agrícolas manejadas comunalmente, como suelo de conservación en la periferia de la ciudad, específicamente en los años 70's y 80's<sup>26</sup>.

---

<sup>23</sup> Lerner, A. et al. (2018). Governing the gaps in water governance and land-use planning in a megacity: The example of hydrological risk in México City. *Cities*, 61-70. doi:/10.1016/j.cities.2018.06.009

<sup>24</sup> Cotler H., et al. (2010). Las cuencas hidrográficas en México. Ciudad de México: SEMARNAT, INEEC.

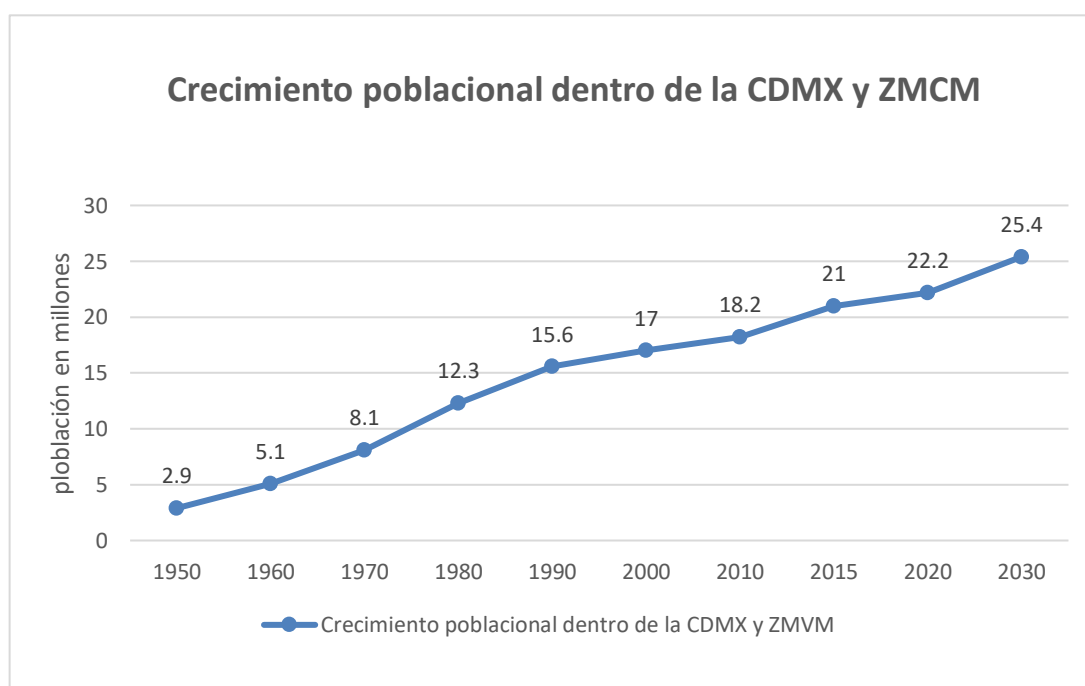
<sup>25</sup> PAOT. (2010). la zona metropolitana del valle de México. En programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010(2-1 a 2-25). Ciudad de México: PAOT.

<sup>26</sup> Aguilar, A. (2013). La pobreza en los acuerdos informales periféricos en la ciudad de México: el caso de Magdalena Contreras, Distrito Federal. *Revista de geografía económica y social*. Distrito Federal: geografía económica y social.

Como se menciona en el párrafo anterior, el crecimiento poblacional en la Ciudad de México, sería exponencialmente durante los años 50's, así en la actualidad se concentra la mitad de la población mundial en las ciudades.

De acuerdo al INEGI (2015), la CDMX, alcanzó los 8 918 653 millones en 2015, posiblemente en el próximo censo haya un aumento de población, hacia más de 10 millones lo cual generaría una presión hídrica muy fuerte, que contribuiría a la escasez en zonas de mayor vulnerabilidad, como en la alcaldía de Iztapalapa.

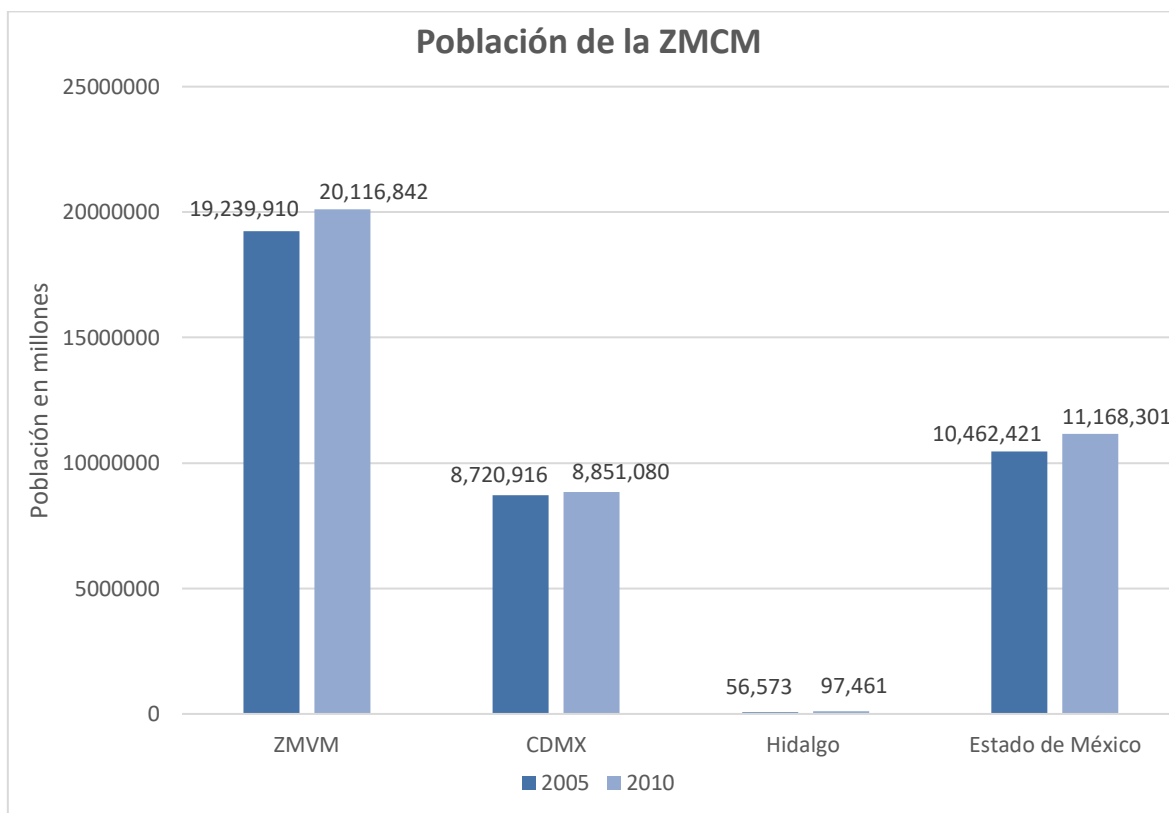
Sin embargo, el geógrafo urbano Duncan (2018), realizó un mapa donde se representa el crecimiento poblacional dentro de la CDMX y Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), desde el año de 1950 hasta la actualidad, como una proyección al año 2030, en el caso de México se realizó a siguiente (grafica 1) con los datos del World Urban Propospects, en el informe de la ONU.



Gráfica 1. Crecimiento poblacional dentro de la CDMX y ZMCM desde 1950 a 2015, con una proyección al año 2030. Elaboración propia con datos tomados de Duncan S. (2018)

El crecimiento desigual de la ciudad de México, se ha caracterizado por asentamientos humanos irregulares, mala organización territorial dando como resultado en el tema del agua como un riesgo hidrológico incluyendo escasez de agua e inundaciones y no considerando los pocos ecosistemas que quedan para la protección del recurso hídrico. Para comprender la dinámica poblacional es esencial tomar en cuenta la población que ha crecido junto con la ciudad esta es la

Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), formada por la CDMX, Estado de México e Hidalgo. Con datos de INEGI (2010), la población según el censo 2010, era respecto a la ZMCM: la CDMX 8 851 080, Estado de México 11 168 301 e Hidalgo con 97 461, sumando todos estos una población de 19 239 910 en la ZMCM para 2010, como se representa en la siguiente (gráfica 2).



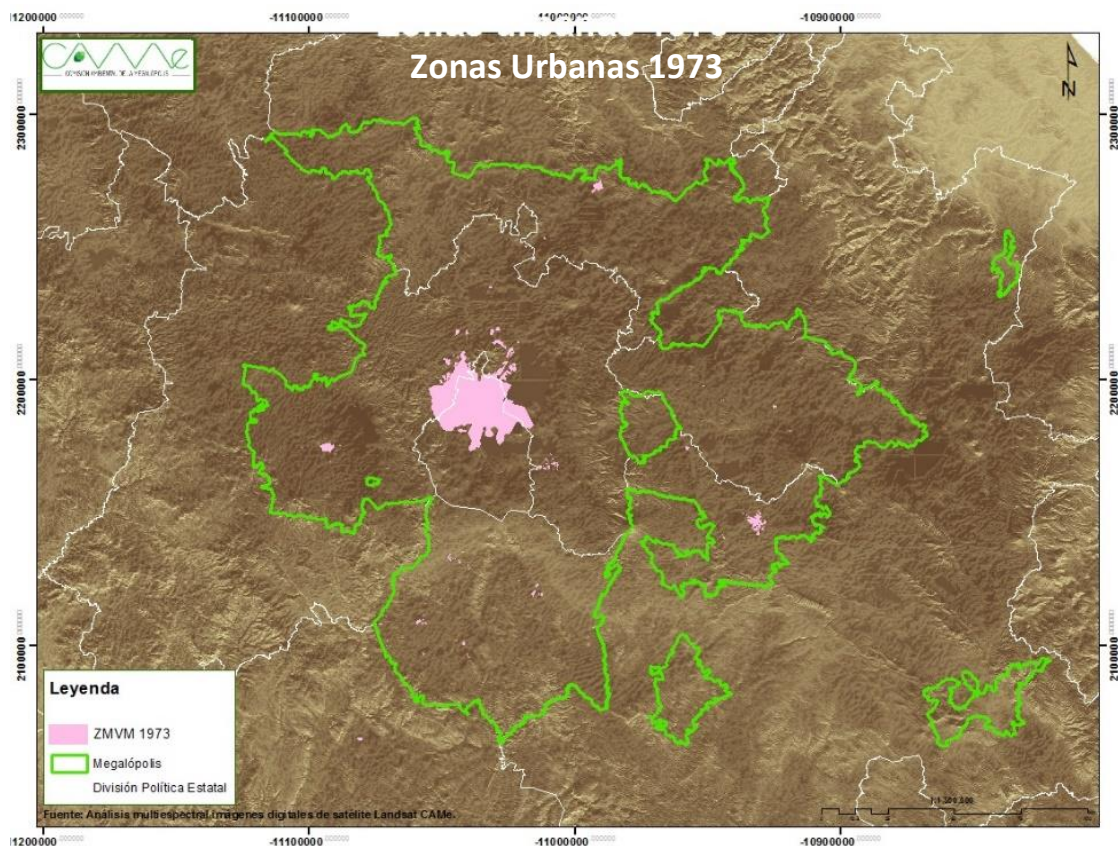
**Gráfica 2. Suma de la población de la CDMX, Estado de México e Hidalgo, dando el total de la población de la ZMCM, respecto al año 2005 y 2010. Elaboración propia con datos tomados de INEGI (2010)**

El crecimiento de la ZMCM en los últimos 40 años, ocurrió en los municipios conurbados del Estado de México; ocasionado en parte, por la restricción a la construcción de nuevos fraccionamientos en la CDMX, la cual originó un acelerado proceso de ocupación regular como irregular de población por la necesidad de una entrada y salida hacia la Ciudad por variable como trabajo, educación, zonas comerciales que en su momento era muy complicado el desplazamiento, con ello la necesidad de vivir cerca de la CDMX dando como origen a la ZMCM<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> PAOT. (2010). la zona metropolitana del valle de México. En programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010(2-1 a 2-25). Ciudad de México: PAOT.

En los siguientes mapas tomados de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME), se muestra la tendencia de crecimiento de la población y su expansión hacia los límites de la misma, no sólo en el Estado de México, sino también en el Estado de Hidalgo, Morelos, Tlaxcala y Puebla. Describiéndose en los mapas los centros poblacionales de cada Estado, dando entender como la dinámica social en los centros urbanos aumenta fue expandirse dándose a partir de los 70's.

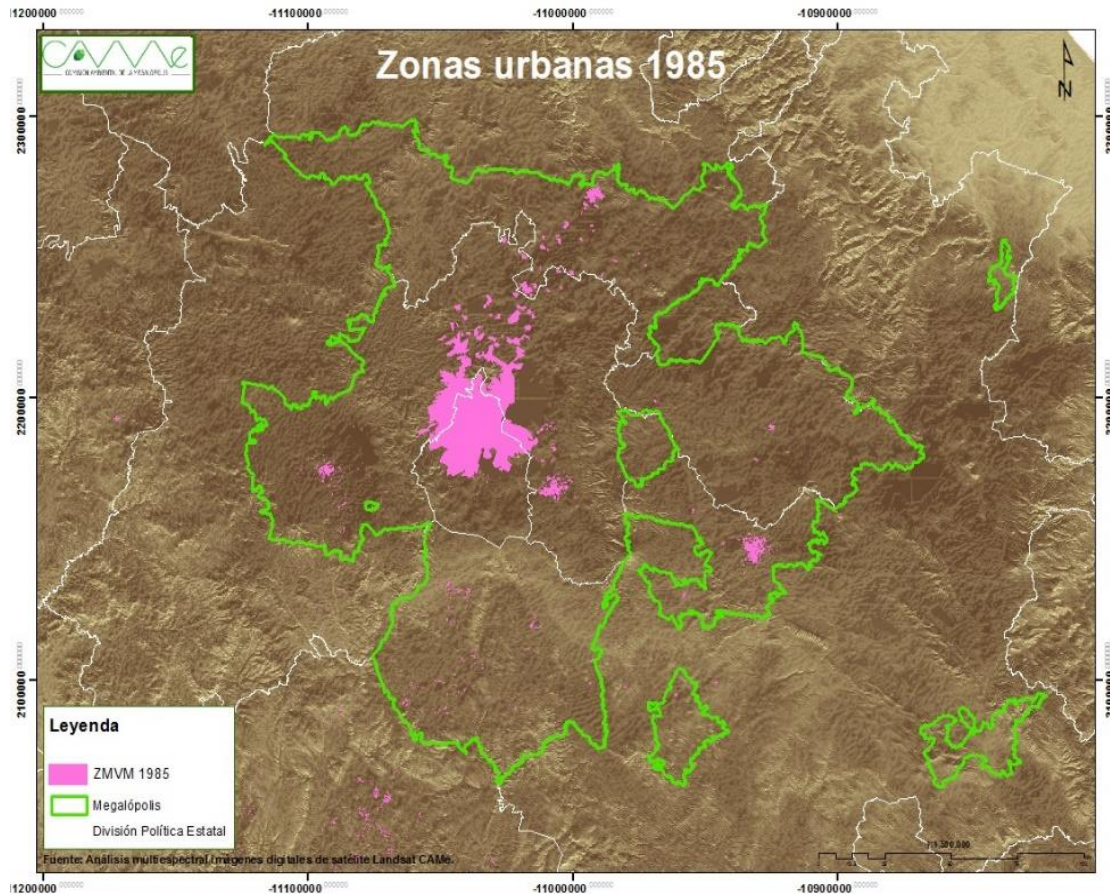
A principios de esta década la expansión de la ciudad a partir del centro de la ciudad, se dio al nor-poniente y oriente de esta con sus límites con el Estado de México en los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapán de Zaragoza, Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Huixquilucan y la Paz, así iniciando la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (mapa 2).



Mapa 2. Crecimiento de la mancha urbana, año 1975. Mapa tomado de la CAME, (2016)

A partir de esa década se expande la población hacia el norte de la ciudad, como al oriente dado que, las zonas económicas de la CDMX se encuentran en el centro y norte la cual fue rodeada por este casco, por la población que trabajaba a sus alrededores para el año de 1985 (mapa 3).

Se dio un crecimiento en la mancha urbana hacia la zona Metropolitana del Valle de México, abarcando los municipios de Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Romero Rubio, Chalco, Chicoloapan, Ixtapaluca, Tultitlán y Nicolás Romero llegando hasta el estado de Hidalgo en el municipio de Tizayuca.

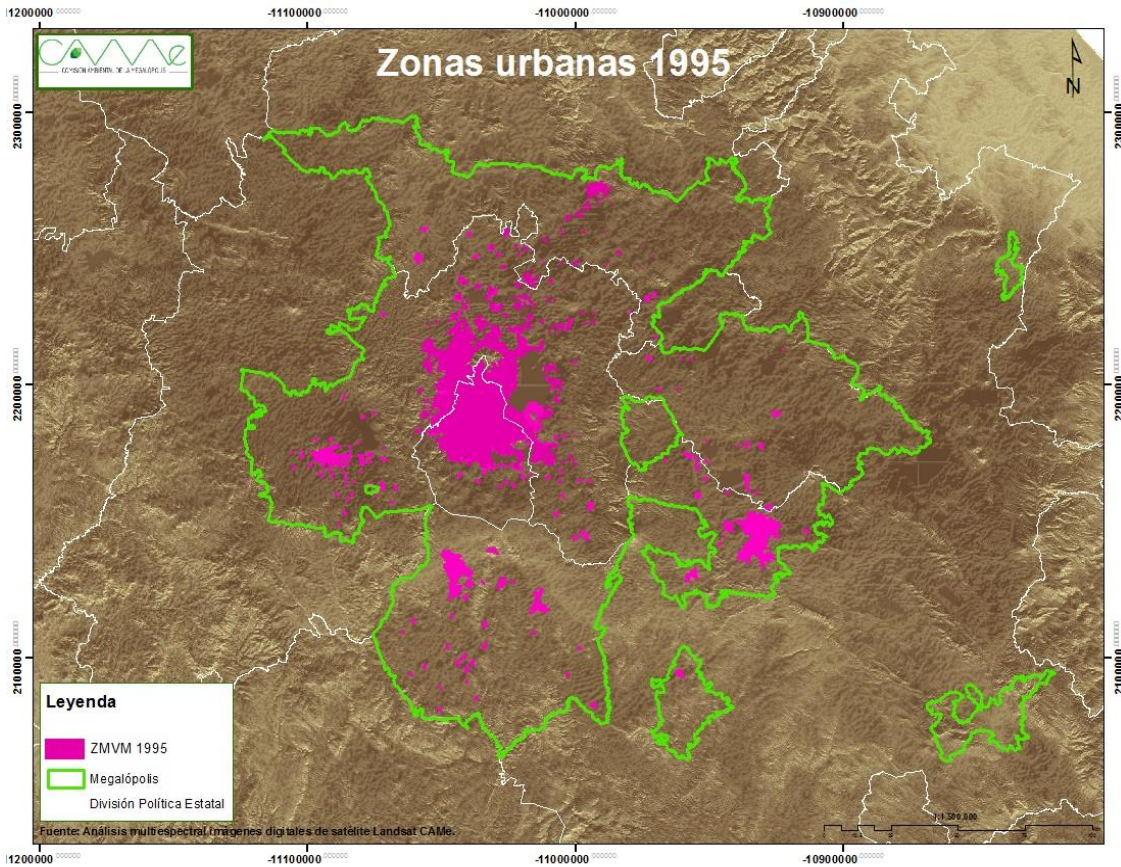


Mapa 3. Crecimiento de la mancha urbana, año 1985. Mapa tomado de la CAME, (2016)

En sólo 10 años (1985 a 1995), la expansión de la mancha urbana se acelera por ser la CDMX una zona económica importante por el aumento de la demografía (mapa 4), mayor infraestructura que conecta a los dos estados, así como mayores oportunidades de empleo. Desde la década de 1990, en el Distrito Federal ahora CDMX, residen casi la misma cantidad de población que en la actualidad (alrededor de 9 millones de habitantes en los 90's) mientras que la población que habita el Estado de México, ha crecido en 6 millones 949 mil 379 habitantes para esta década<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Heisinger, S. (2015). Crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México. recuperado el 17 de junio de 2019, de Centro Urbano Sitio web: <https://centrourbano.com/2015/12/10/crecimiento-de-la-mancha-urbana-de-la-ciudad-de-mexico/>

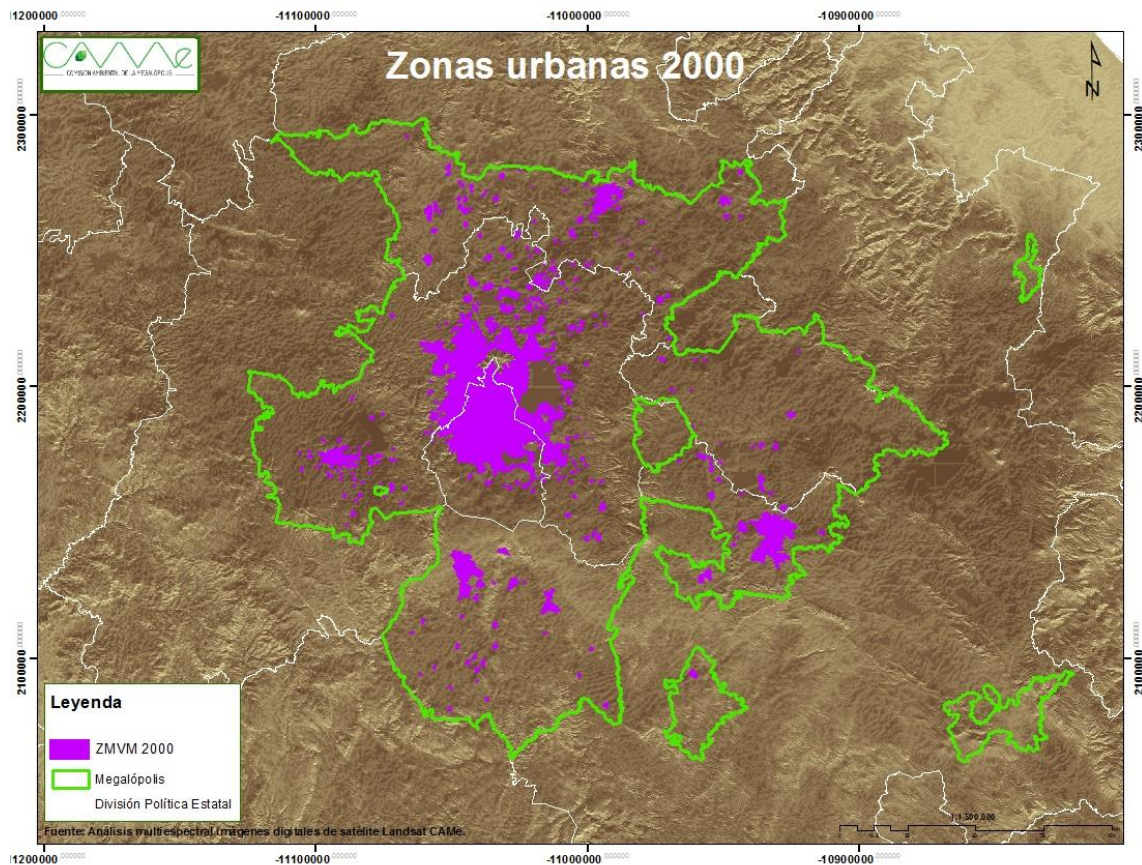
Se expande la ZMCM hacia el norte en los municipios de Cuautitlán Izcalli, Coacalco de Berriozábal y hacia el oriente en los municipios de Ixtapaluca, Chicoloapan y Atenco, lo que respecta al norte abarco los municipios de Acolman, Tultepec, Cuautitlán.



Mapa 4. Crecimiento de la mancha urbana, año 1995. Mapa tomado de la CAME, (2016)

Para el año 2000, el aumento de la población dentro de la ZMCM así como al sur de la ciudad, se dan asentamientos humanos irregulares en parte del suelo de conservación, sobre las alcaldías de Tlalpan, Xochimilco, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Milpa Alta. Respecto al Estado de Hidalgo ya entra en la ZMCM y en la parte sur-este del Estado de México (mapa 5).

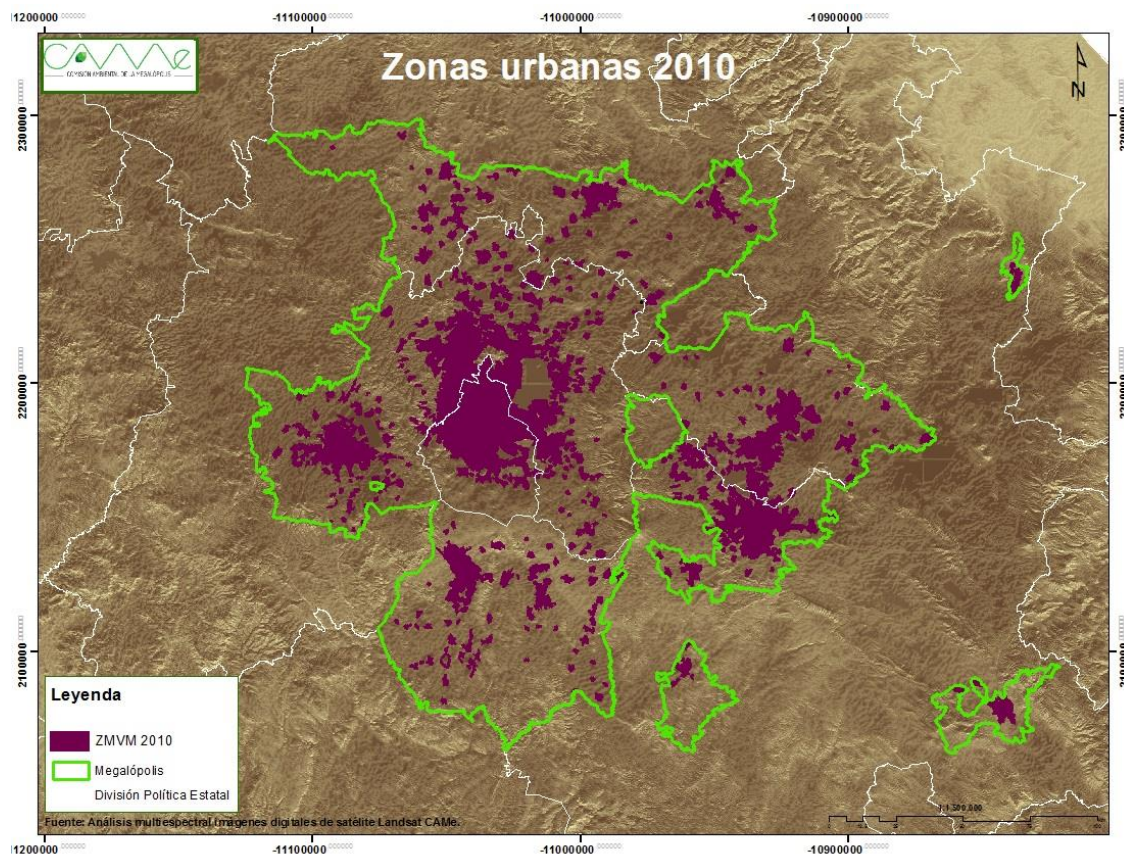
La ciudad se expande de forma desordenada y una gran cantidad de los habitantes ha tenido que trasladarse a la periferia, esto desde varias décadas, en algunos lugares por la ocupación ilegal de terrenos de propiedad federal que dio origen a colonias en torno al centro de la ciudad.



Mapa 5. Crecimiento de la mancha urbana, año 2000. Mapa tomado de la CAME, (2016)

La diferencia con el año 2000, no es tan marcada en este período (2010), se da el crecimiento hacia el norte fuera de la CDMX y al sur-este dentro de la ciudad el aumento de la demografía. En el Estado de México, el área urbana se expande en forma discontinua y desordenada, se multiplica la población a gran escala hacia todos sus alrededores de la CDMX, dadas las dimensiones adquiridas por la Zona Metropolitana del Valle México (mapa 6).

Con esto, se crean mayores problemáticas sociales en el territorio, como costos de construcción de infraestructura, así como la oferta de bienes y la demanda de servicios públicos como de transporte público, ya que la población flotante por parte del Estado de México y como de Morelos e Hidalgo, es más demandada por la población que viene a laborar como estudiar hacia la Ciudad de México. Del lado ambiental, las problemáticas crecientes fueron y son la desaparición de áreas verdes como del suelo de conservación.



**Mapa 6. Crecimiento de la mancha urbana, año 2010. Mapa tomado de la CAME, (2016)**

En las últimas tres décadas (1990, 2000 y 2010), se observa una importante tendencia en el crecimiento urbano, por la migración de la población hacia los centros urbanos siendo la CDMX uno de los más importantes.

La concentración de la población en la Zona Metropolitana del Valle de México, marca una presión al territorio que concentra a una quinta parte de la población nacional en un espacio que representa el 0.3% del territorio nacional<sup>29</sup>.

Con lo anterior, siguiendo la idea de densidad poblacional se representa en la siguiente (tabla 1) la población en miles, superficie en hectáreas (ha) y densidad del área urbana que se abarca de habitantes por hectárea de la ZMCM del año 1950, con una proyección hacia 2020<sup>30</sup>.

<sup>29</sup> Comisión Ambiental Metropolitana. (2006). Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Ciudad de México: SEMARNAT.

<sup>30</sup> Covarrubias, A. (2000). Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

Año	Población (miles)	Superficie (ha)	Velocidad (hab/ha)
1950	2 953	22 960	129
1960	5 125	41 010	125
1970	8 816	68 260	129
1980	12 333	105 660	117
1990	15 047	121 320	124
1995	17 089	132 570	129
2000	18 210	145 000	125
2010	20 533	162 690	126
2020	22 253	174 830	127

Tabla 1. Población, superficie y densidad de área urbana en la ZMCM. Tomado de Covarrubias, (2000)

El aumento demográfico en la CDMX y sus zonas aledañas formó la ZMCM, que hasta la actualidad sigue en auge el crecimiento tanto en infraestructura como en población. En relación a impactos ambientales se generan efectos negativos, como la inhabilidad del suelo para la recarga de los acuíferos, el desplazamiento de la agricultura y la invasión de áreas de suelo de conservación o áreas naturales protegidas por la expansión de la mancha urbana.

En algunos de los municipios donde aumentó su población de una manera acelerada son los ubicados al oriente del Valle de México, como Nezahualcóyotl, Ecatepec, Chimalhuacán, Ixtapaluca, Chalco, Valle de Chalco Solidaridad, como también respecto a las alcaldías de Xochimilco, Tlalpan, Magdalena Contreras, Milpa Alta al sur de la ciudad. Esta tendencia se mantiene en el sur-oriente del Estado de México y sur de la CDMX.

Por otra parte, también en el poniente y nor-poniente del Valle de México, se ha dado un crecimiento importante, en este caso principalmente creció como una zona socioeconómica media y alta, respecto a la población que está asentada, que abarca las alcaldías de Álvaro Obregón y Cuajimalpa, y respecto a los municipios del Estado de México, Huixquilucan, Naucalpan, Atizapán, Nicolás Romero, Cuautitlán Izcalli y Tepozotlán<sup>31</sup>. Estas zonas en el poniente, nor-poniente y sur-poniente en la CDMX, el aumento de la población ha generado grandes impactos en el suelo de conservación, como un riesgo a la misma población por asentarse

<sup>31</sup> PAOT. (2010). la zona metropolitana del valle de México. En programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010(2-1 a 2-25). Ciudad de México: PAOT.

en zonas de laderas, colinas, barrancas, expuestos al peligro de algún derrumbe o hundimiento por eventos hidrometeorológicos extremo o terremotos.

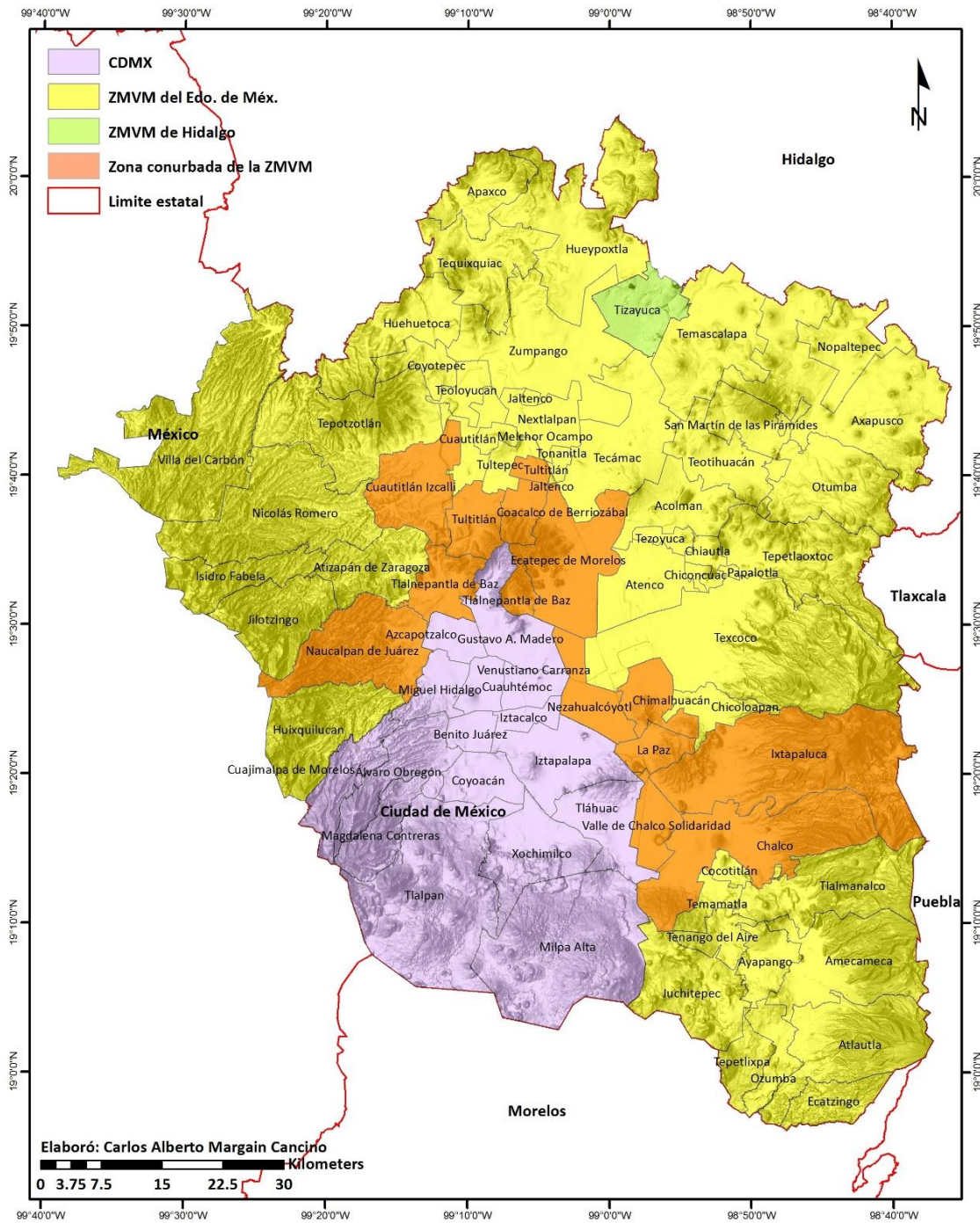
Un informe por Citypopulation<sup>32</sup> y las Naciones Unidas, (2018), de acuerdo con la CDMX junto con la ZMCM, son de las aglomeraciones urbanas más pobladas de todo el mundo, estando en el noveno lugar por arriba de Nueva York y por debajo de Bombay.

Posición	Ciudad	País	Población según Citypopulation	Población según la ONU	Población según el último censo oficial	Fecha
1	Cantón	China	45 600 000	45 553 000	39 204,086	2010
2	Tokio	Japón	39 900 000	36 843 000	8 945 695	2020
3	Yakarta	Indonesia	30 300 000	30 539 000	10 558 121	2010
4	Shangái	China	29 500 000	30 477 000	25 420 288	2010
5	Delhi	India	28 400 000	24 998 000	16 349 831	2011
6	Manila	Filipinas	24 600 000	24 123 000	1 652 171	2010
7	Seúl	Corea del Sur	24 600 000	23 480 000	23 836 272	2010
8	Bombay	India	24 200 000	21 732 000	19 617 302	2011
9	Ciudad de México y ZMCM	México	26 600 000	20 063 000	20 892 724	2015
10	Nueva York	Estados Unidos	22 200 000	20 630 000	19 556 440	2010

Tabla 2. Realizada con datos de la ONU. Citypopulation y censos oficiales (2018)

En el siguiente (mapa 7), se representa la Ciudad de México y la ZMCM, integradas por la Ciudad de México y 59 municipios del Edo. de México y uno del estado de Hidalgo. Aunado las zonas más conurbadas que colindan con la CDMX, conformadas por 15 municipios del Edo. de México la cual es población flotante.

<sup>32</sup> Citypopulation. (2019). Major agglomerations of the world. Recuperado el 31 de marzo de 2019, de Citypopulation Sitio web: <http://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html>



**Mapa 7. Zona Metropolitana del Valle de México y Zonas más Conurbadas. Elaboración propia, con datos de INEGI**



“El proceso de concentración de habitantes en las localidades urbanas ha acelerado su crecimiento (mapa 8), lo que implica fuertes presiones sobre el ambiente, dado el incremento de la demanda de servicios. Se estimó que, en 2017 las 15 zonas metropolitanas del país con una población mayor, a un millón de habitantes, concentraban el 40.63% de la población del país; es decir, 50.18 millones de habitantes”, esto quiere decir, que la mitad de la población en el país se encuentra dentro de las ciudades<sup>33</sup>.

Con lo anterior, “las zonas metropolitanas se definen como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 100 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica”<sup>34</sup>.

Se observa durante el crecimiento de la población que, a partir de las últimas tres décadas, el aumento de la mancha urbana por parte de la población dentro y fuera de la Ciudad de México, fue ascendiendo drásticamente, y para la actualidad la presión hacia los recursos hídricos como ambientales, no cesa siendo insostenibles por la excesiva extracción del recurso, lo que genera consecuencias negativas en el medio ambiente.

---

<sup>33</sup> CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México 2018. Ciudad de México: CONAGUA.

<sup>34</sup> Ibidem.

## 2. Características geográficas de la zona de estudio

Para comprender la dinámica que existe entre la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, es necesario comprender el territorio, como su geografía, la cual se interacción entre diversos factores físicos-climáticos como la hidrología, la edafología, el relieve (curvas de nivel), vegetación (suelo de conservación y áreas verdes), precipitación se crea una complejidad aunado a factores sociales como población, marginación, educación, cultura, que dan como resultado la vulnerabilidad hidrológica como también la variabilidad climática.

Con lo anterior, se desarrollan mapas temáticos para tener un panorama más amplio de la zona geográfica y de los aspectos sociales que intervienen dentro de la alcaldía.

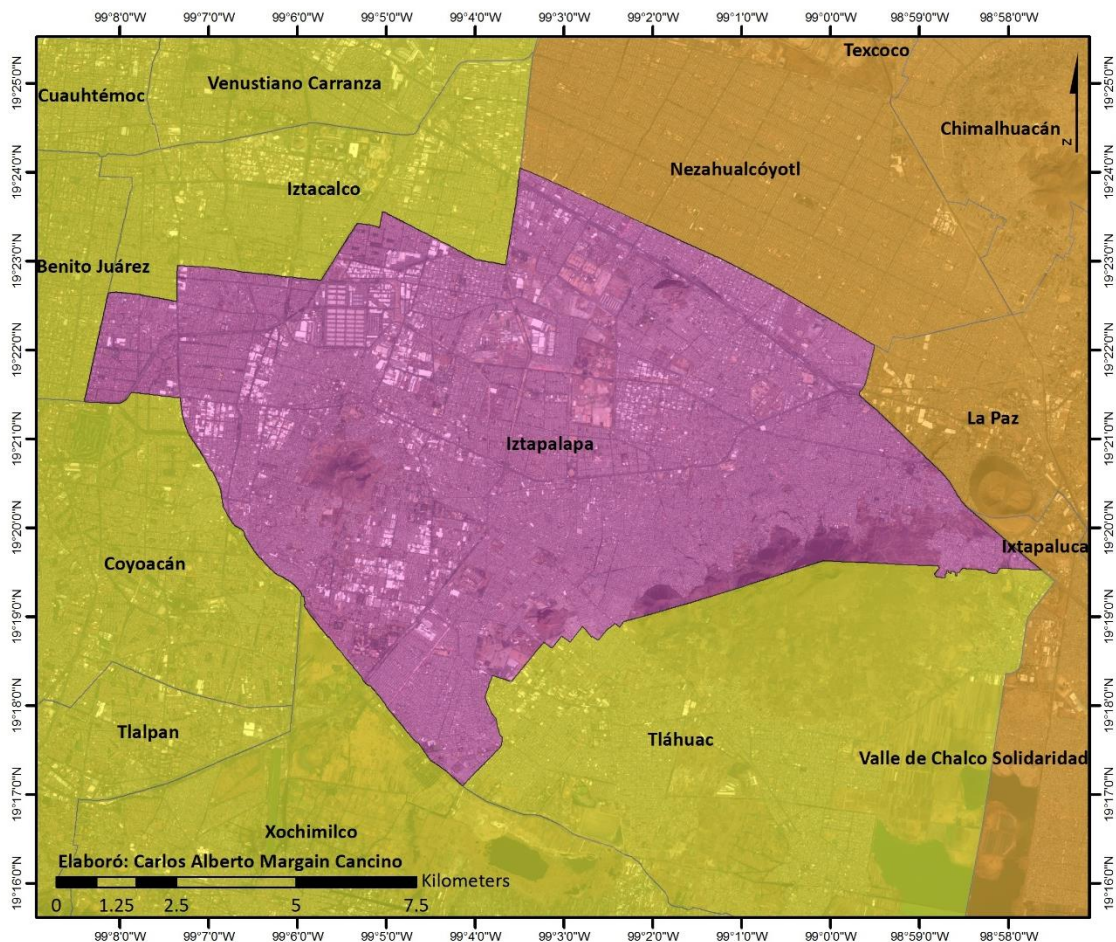
Iztapalapa, es una de las 16 alcaldías de la Ciudad de México. Su territorio abarca 116 km<sup>2</sup> y se localiza al oriente de la CDMX, la cual representa el 7.1 del área total de la capital. Según datos de INEGI (2010), se registró una población de 1 815 786, para 2015 se alcanza 1 827 868 habitantes, lo que representa un 20.5% de los habitantes en la CDMX. Iztapalapa, es la demarcación con más problemas respecto al recurso hídrico<sup>35</sup>. Tiene municipios y alcaldías aledañas que bien, no alcanzan poblaciones más altas pero las cuales siguen incrementando su tasa de habitantes. (Tabla 3).

Orientación	Alcaldías con las que colinda Iztapalapa	Municipios con los que colinda la alcaldía Iztapalapa	Población total
<b>Norte</b>	- Iztacalco	- -----	- 390 348
	- -----	- Nezahualcóyotl	- 1 039 867
<b>Sur</b>	- Tláhuac	- -----	- 361 593
	- Xochimilco	- -----	- 415 933
<b>Este</b>	- -----	- La Paz	- 293 725
	- -----	- Valle de Chalco Solidaridad	- 396 157
<b>Oeste</b>	- Coyoacán	- -----	- 608 479
	- Benito Juárez	- -----	- 417 416

Tabla 3. Municipios y alcaldías colindantes hacia Iztapalapa. Elaboración propia con datos de INEGI (2015)

<sup>35</sup> INEGI. (2016). ¿Cuántos habitantes tiene Iztapalapa (Distrito Federal)? Recuperado el 20 de marzo de 2019, de VENIO Sitio web: <https://venio.info/pregunta/cuantos-habitantes-tiene-iztapalapa-distrito-federal-13377.html>

La ubicación geográfica de Iztapalapa (mapa 10) de acuerdo con sus coordenadas geográficas, se encuentra “entre los paralelos 19° 17’ y 19° 24’ de latitud norte; los meridianos 98° 57’ y 99° 08’ de longitud oeste; altitud entre 2 200 y 2 700 metros sobre el nivel medio del mar (msnm). Iztapalapa ocupa el 7.6% de la superficie de la CDMX, cuenta con 197 colonias, mas 33 colonias que colindan al norte con la alcaldía de Iztacalco; al este con Tláhuac, al sur con Tláhuac y Xochimilco; al oeste con Coyoacán y Benito Juárez”. Respecto al Estado de México, colinda con los municipios de Nezahualcóyotl; al este con el municipio de La Paz y Valle de Chalco Solidaridad, el cual es rodeado por el cerro de Santa Catarina<sup>36</sup>. Se muestran las delimitaciones de la CDMX y el Estado de México, como la visualización de las alcaldías y municipios aledaños (mapa 9).



Mapa 9. Delimitación de la alcaldía de Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de INEGI, USGS

<sup>36</sup> INEGI. (2007). Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos, Iztapalapa, Distrito Federal. Ciudad de México: INEGI.

La sobreexplotación de los acuíferos en esta zona, es mayor por la sobrepoblación que en otras partes de la ciudad y zonas aledañas, a comparación de la infiltración la cual es mucho menor. La infiltración, se ha reducido por el sellamiento del suelo con asfalto y concreto, fundamentalmente en zonas de recarga como zona de montaña, laderas; invasión de áreas naturales protegidas como el cerro de la Estrella o la Sierra de Santa Catarina y otras zonas de transición, lo que impide la infiltración natural. Iztapalapa, es una zona que tiene altos riesgos geológicos e hidrometeorológicos, ya que anterior a la conquista la mayor parte del territorio de Iztapalapa era parte del lago de la cuenca del Valle de México, específicamente en el lago de Texcoco y parte del lago Xochimilco. Dentro de la cuenca, el territorio de Iztapalapa, se encuentra en la subregión región hidrológica de la Cuenca del Valle de México que abarca un 100% respecto a Iztapalapa.

Antes de ser una zona urbanizada llena de pavimento y asfalto, Iztapalapa fue una región que abarcaba una gran parte del lago de Texcoco, donde existían los canales para transportarse a Santa Anita, Jamaica y Tlatelolco. En la actualidad existe el río Churubusco que junto con el río de La Piedad, se encuentran actualmente entubados, que también cruzan por el Canal Nacional, que tiene una parte descubierta (remanentes del río) y otra convertida en Calzada de la Viga<sup>37</sup>. En lo que consta de la geografía física (orografía) que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre, se tiene la Sierra de Santa Catarina, el cerro de la Estrella y el cerro de Peñón de Marques, este último urbanizado casi en su totalidad haciendo vulnerable a la población tanto hidrológica, como geológicamente por los riesgos a causa de la precipitación o sismos.

Los problemas de inundaciones, siempre han sido comunes en la historia de la Cuenca de México, por lo que se remontan a la época colonial del Valle de México y los problemas de agrietamiento comenzaron a tener mayor relevancia posteriormente a la desecación del lago de México-Tenochtitlan.

---

<sup>37</sup> Alcaldía de Iztapalapa. (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Distrito Federal. Recuperado el 2 de abril de 2019, de INAFED Sitio web: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>

“En 1902, era clara la ubicación de dos zonas importantes con presencia de cuerpos de agua, como remanentes del antiguo lago, al sur y noreste del territorio actual de la demarcación (mapa 10) que, con el paso del tiempo, se han convertido en zonas de agrietamiento y con una importante ocupación urbana, tal como se muestra en el mapa del “Plano Topográfico del Distrito Federal” (ahora CDMX) elaborado por el Ing. topógrafo e hidrógrafo Antonio Linares”<sup>38</sup>.



Mapa 10. Plano topográfico de la CDMX en el año 1902. Elaborado por Linares A. (1902). Tomado de SEDESOL, (2011)

<sup>38</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.



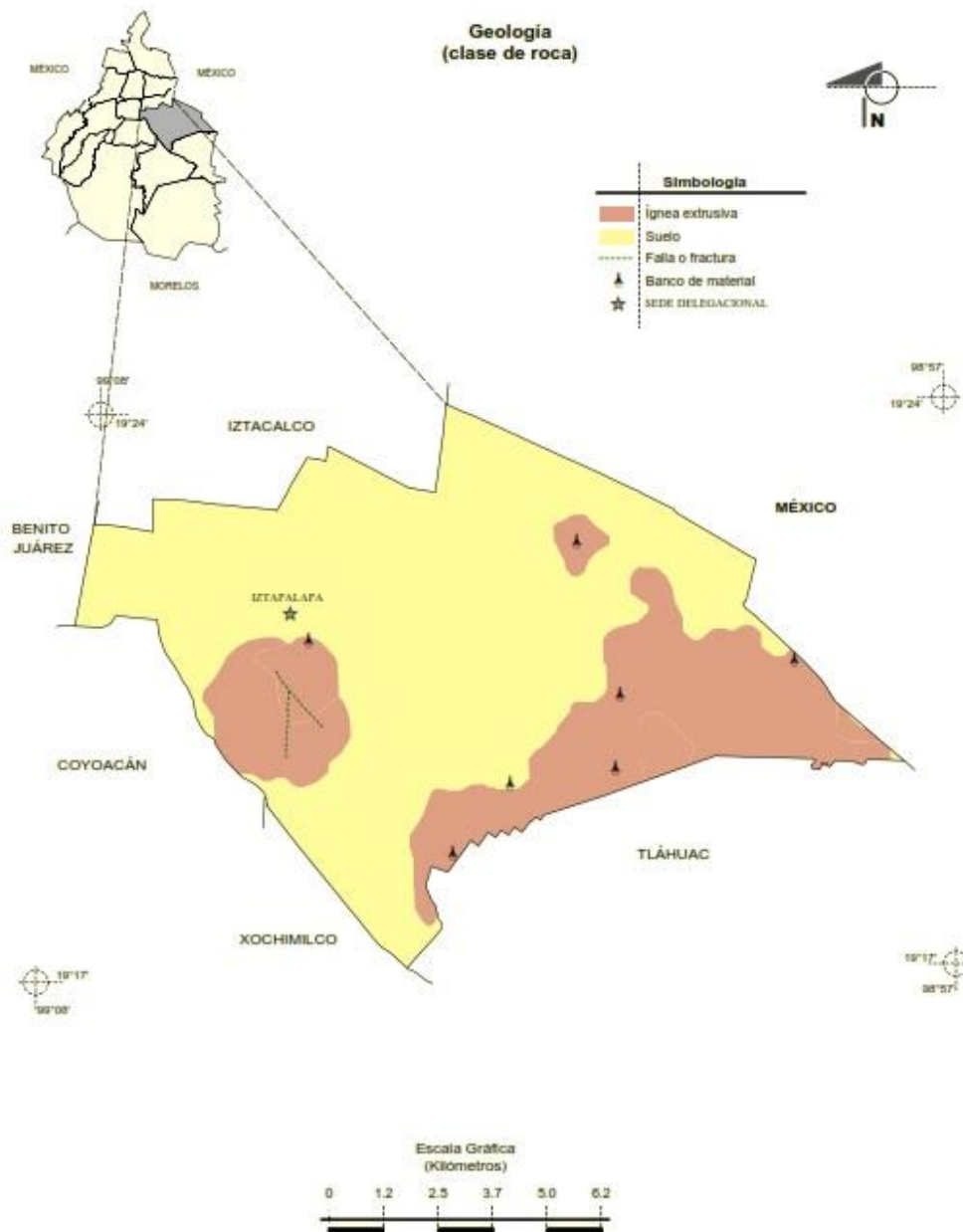
**Mapa 11. Tenochtitlan al comienzo de la conquista (González Aparicio, 1968). El polígono indica los límites de la Delegación Iztapalapa. Tomado de SEDESOL, (2011)**

El siguiente mapa (mapa 11), muestra la reconstrucción de la cuenca y donde se ubicaba la antigua Tenochtitlan, que elaboró en 1968 el arquitecto Luis González Aparicio<sup>39</sup>. Se muestra que las curvas de nivel (mapa 11), en el perímetro dentro de Iztapalapa, muestra las partes de relieve como el cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, que son los que tienen más altitud, mientras que el resto del

<sup>39</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

territorio está al nivel del lago, siendo estas zonas en la actualidad donde se ubican los riesgos de inundaciones y agrietamientos, por ser anteriormente un cuerpo de agua y que en la actualidad es prácticamente nula, los cuerpos de agua a excepción de la parte sur por los remanentes del lago de Xochimilco.

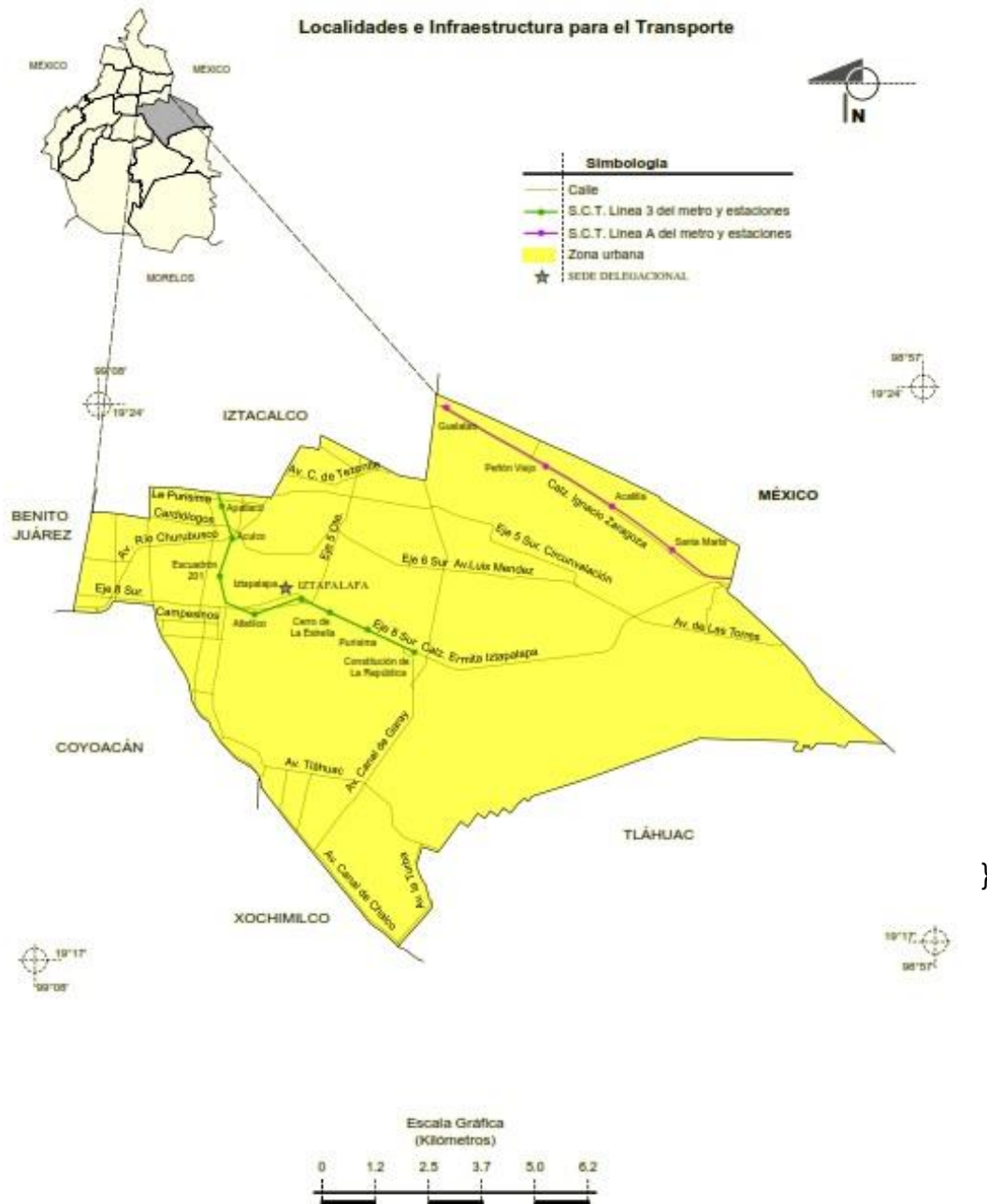
En términos generales la geología, se define como el estudio de la Tierra, su origen, su formación, especialmente de los materiales que la componen, como su distribución en el espacio y en el tiempo y sus procesos de transformación<sup>40</sup>.



Mapa 12. Geología en Iztapalapa. Tomado de INEGI (2007)

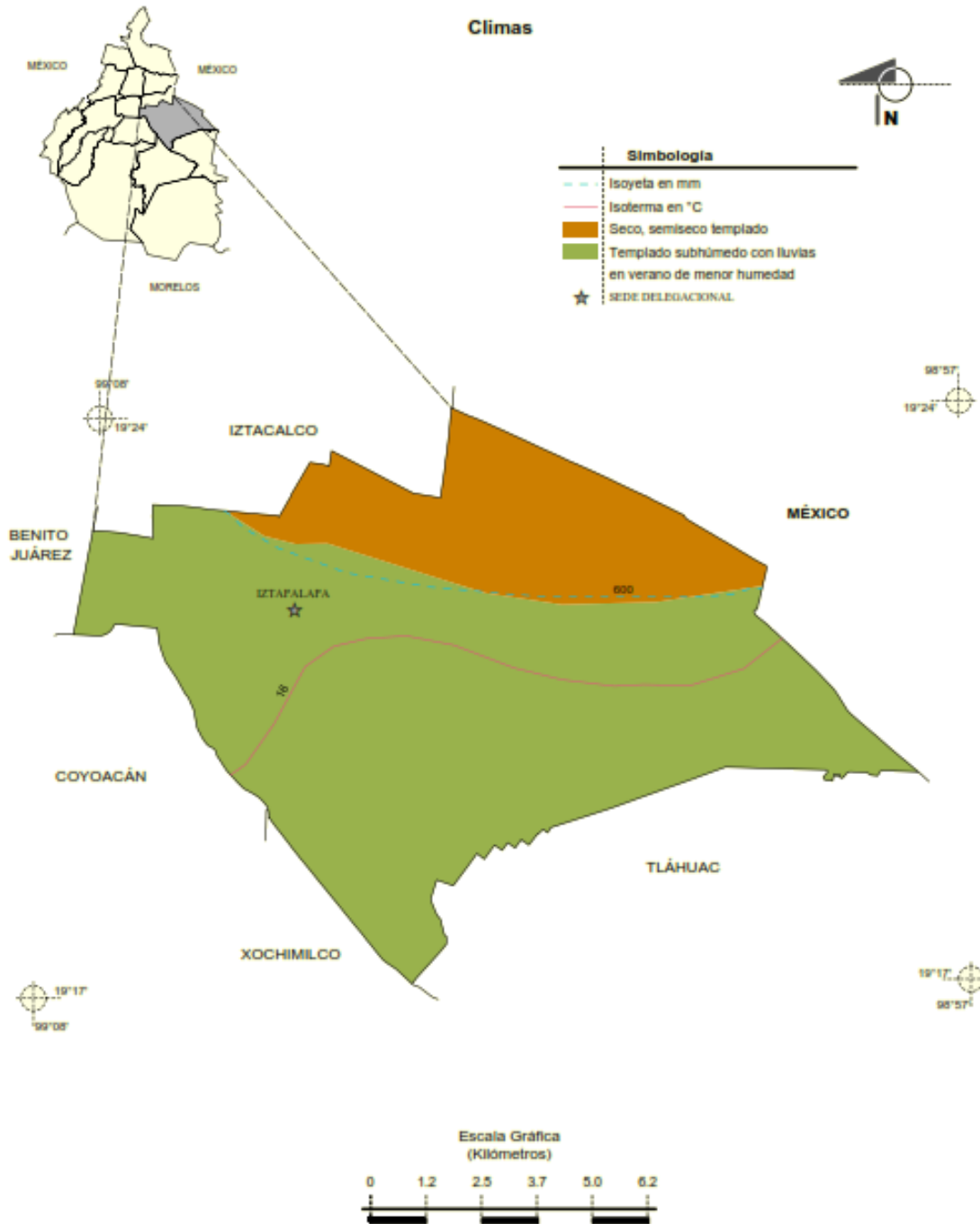
<sup>40</sup> Venemedia Comunicaciones. (2019). Definición de Geología. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de Venemedia Comunicaciones Sitio web: <https://conceptodefinicion.de/geologia/>

Se representa su distribución en Iztapalapa, en el siguiente mapa (mapa 12); el cual se divide en roca ígnea extrusiva en un 31%, se forman a partir de la lava que se encuentra fuera de la superficie de la Tierra expuesta a la atmósfera; y el restante 69% en suelo lacustre y aluvial, que son depósitos de grava, arena, arcilla y limos de lagos o ríos vivos o extintos, ésta zona perteneciente a los lagos de Texcoco y Xochimilco.



Mapa 13. Infraestructura en transporte y avenidas principales. Tomado de INEGI (2007)

Se debe tomar en cuenta que, estas características han sido modificadas como resultado de un suelo totalmente urbanizado, con riesgos de fallas o fracturas y extracción de material. Estos factores afectan a la infraestructura de la alcaldía, por residir en un suelo lacustre, el cual tiene una presión por parte del crecimiento poblacional que va en aumento junto con las construcciones, la invasión de áreas del suelo de conservación y áreas verdes. Básicamente en infraestructura en transporte sobre calles y avenidas principales de la alcaldía (mapa 13).



Mapa 14. Clima en Iztapalapa. Tomado de INEGI (2007)

El clima en Iztapalapa en general varía por tener zonas secas con un 22% y húmedas con un 78%, en el cual también se muestran las isolíneas (curvas de nivel) que representa lugares de una misma altura de los metros sobre el nivel del mar (MSNM). Las isoyetas representan zonas de igual cantidad de lluvia (precipitación), como las isotermas que representan zonas de igual temperatura<sup>41</sup>(mapa 14). Se representa en general el clima Iztapalapa, en la parte baja al norte el ambiente es seco donde anteriormente había parte del lago Texcoco, mientras que al centro y sur, es templado subhúmedo que bien pudiera ser una zona de recarga para los acuíferos. El relieve de Iztapalapa, es de gran importancia (mapa 15), puesto que ayuda a comprender la dinámica del flujo de agua y cómo se generan las inundaciones, hundimientos, encharcamientos, agrietamientos que son problemáticas comunes en esta demarcación por ser un suelo lacustre, además de cómo las actividades antropológicas han contribuido a estos problemas socio-ambientales. Se representan las curvas de nivel las cuales forman el relieve de la alcaldía, existe poca proporción de este solo enmarcando el cerro del Peñón de Marques, la Sierra de Santa Catarina y el cerro de la Estrella, aunado el río Churubusco ya extinto y algunos remanentes del Canal de Chalco.

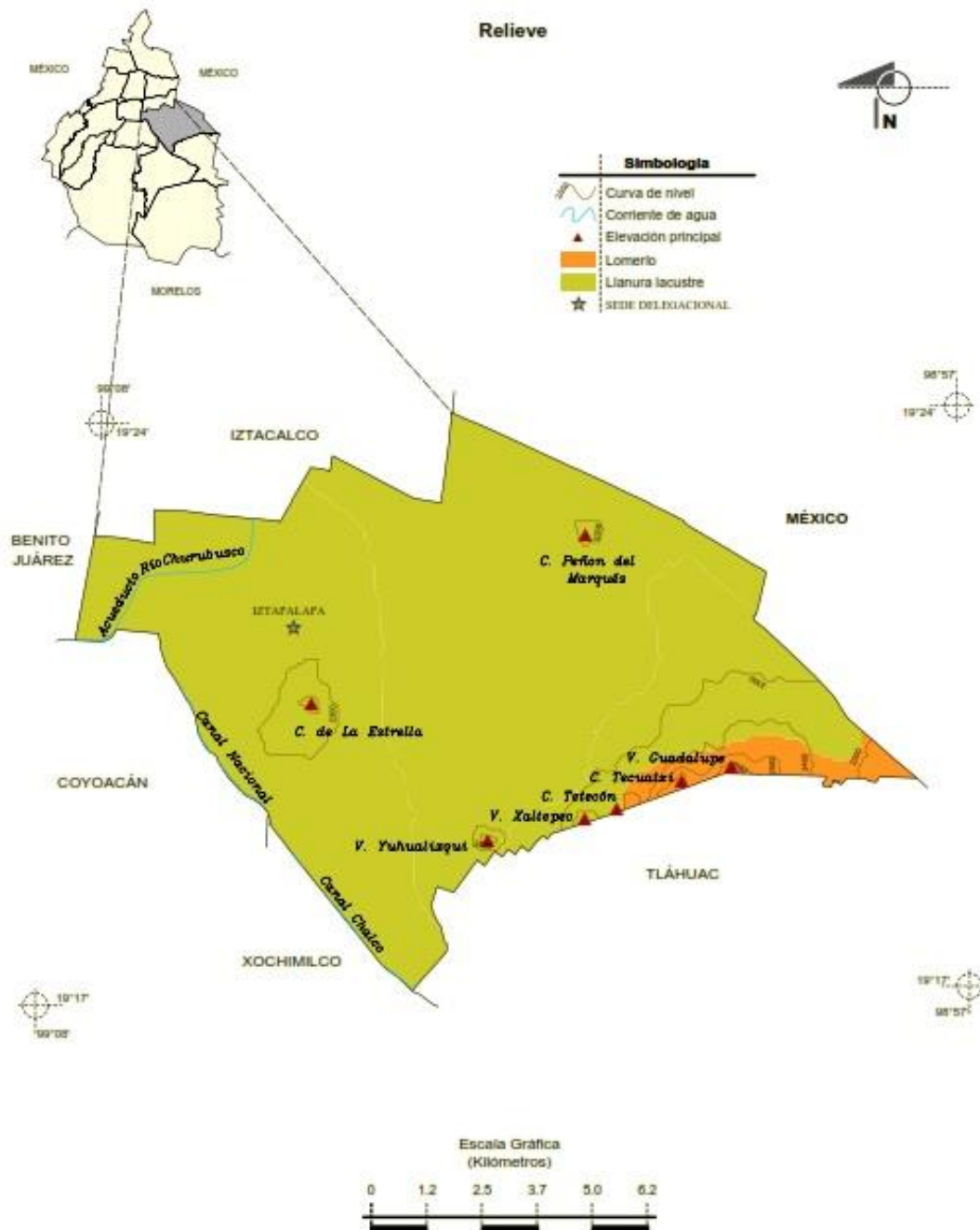
Sobre la vegetación, en la actualidad sólo se puede mencionar lo que existía anteriormente, ya que, al ser poblado prácticamente todo el territorio, sólo se cuenta con algunos vestigios en zonas como el cerro del Peñón de Marques, la Sierra de Santa Catarina y el cerro de la Estrella.

“Sobre la flora, las especies que proliferaron fueron *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloa hirsuta*, quedando algunos vestigios se encuentran en el cerro de la Estrella. Respecto a las especies que existían al sur, en los canales de las chinampas, se encuentran anfibios como son la *Rana Moctezuma* y la *Rana halecina*, así como los sapos *Scaphiopus multiplicatus* y *Bufo compatilis* que abundaban en la época de lluvias. En Iztapalapa, también se recolectaban los huevos de hemípteros acuáticos conocidos como *ahuautli*, insectos típicos de los

---

<sup>41</sup> INEGI. (2007). Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos, Iztapalapa, Distrito Federal. Ciudad de México: INEGI.

lagos que comprenden varias especies. En las laderas del cerro de la Estrella se cultivó el maguey de donde se obtenía el gusano colorado”<sup>42</sup>.



Mapa 15. Relieve, curvas de nivel, corrientes de agua y tipo de suelo en Iztapalapa. Tomado de INEGI (2007)

<sup>42</sup> Alcaldía de Iztapalapa. (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Distrito Federal. Recuperado el 2 de abril de 2019, de INAFED Sitio web: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>

De acuerdo a la modificación del territorio se observan las siguientes características conforme a sus diferentes tipos de uso del suelo (territorio):

- *Habitacional*: Conformado por aquellas zonas en donde el uso de suelo predominante es habitacional. Este uso representa el 46 % del territorio delegacional<sup>43</sup>.
- *Usos mixtos*: Conformados por espacios que concentran usos principalmente no habitacionales y que mezclan actividades industriales, de almacenamiento, talleres, encierro de vehículos, deshuesaderos, grandes comercios, además de darse las principales vialidades sobre la alcaldía, consideran en su conjunto una ocupación del 13 % del suelo urbano<sup>44</sup>, como Avenida de las Torres, Río Churubusco, Canal de Garay; Calzada Ignacio Zaragoza, Ermita Iztapalapa; Eje 5 Sur, Anillo Periférico; Autopista México-Puebla, entre otros.

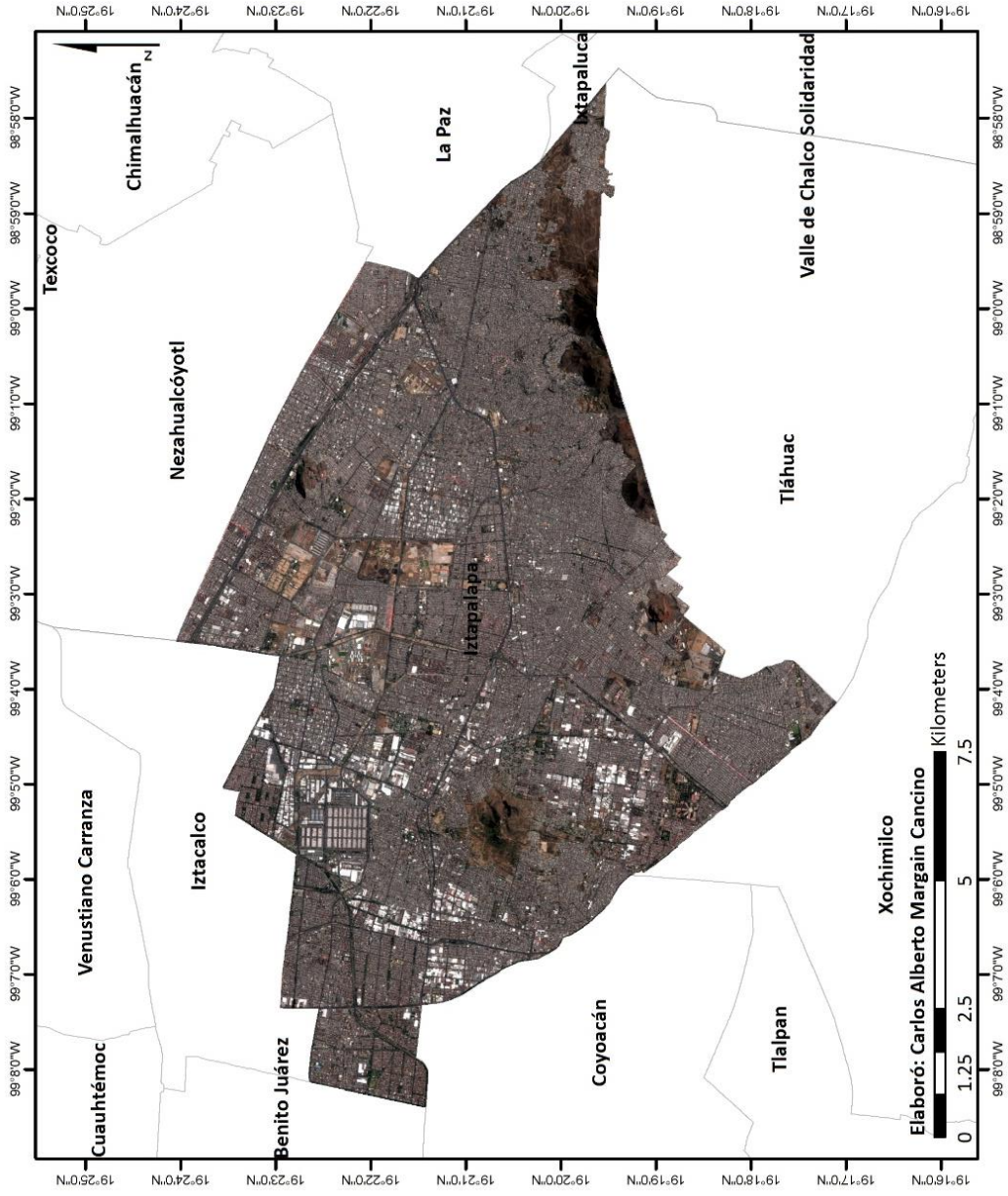
Con el pasar del tiempo Iztapalapa se ha ido modificado casi en su totalidad en cuanto a su estructura originaria, a causa de la infraestructura, aumento de la mancha urbana, extracción del agua subterránea, extracción de minerales, queda como resultado un ecosistema urbano, el cual trae consigo impactos mayormente negativos respecto a servicios básicos (agua), lugares de esparcimiento (áreas verdes, suelo de conservación) casi nulos. Como resultado de lo anterior, la alcaldía presenta más vulnerabilidad hidrológica y es más poblada de la CDMX (mapa 16).

---

<sup>43</sup> Alcaldía de Iztapalapa. (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Distrito Federal. Recuperado el 2 de abril de 2019, de INAFED Sitio web:

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>

<sup>44</sup> Ibidem.



Mapa 16. Iztapalapa, la alcaldía con más expansión de la mancha urbana en la CDMX. Elaboración propia, con datos de la USGS

### 3. Disponibilidad del agua en la CDMX

---

El recurso hídrico a diferencia de otros, no es un recurso renovable, ya que el agua dulce se origina de la precipitación del vapor de agua acumulado en los que al precipitar se acumula en lagos y ríos (cuerpos de agua), como en la infiltración a las aguas subterráneas (mantos acuíferos), o bien de hielo perpetuo que se encuentra en los polos.

Los problemas actuales relacionados con el agua son muy severos en el mundo; en muchas regiones la disponibilidad natural es crítica, la calidad es inapropiada, los servicios son insuficientes, no alcanza la inversión económica para cubrir los rezagos y menos aún para atender la demanda creciente; las actividades productivas compiten por el agua, y el cambio climático incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas en un gran número de países<sup>45</sup>. Algunos indicadores de la distribución del agua en planeta, se observan en la siguiente (imagen 1). Donde se muestra la distribución del agua en el planeta, el cual el 97% es el agua salada de los océanos y mares, y el casi 3% de agua dulce restante está distribuido en lagos, ríos, humedales, acuíferos y agua congelada (hielo de los polos).



Imagen 1. Distribución del agua en el planeta. Tomado de Carabias (2005)

<sup>45</sup>Carabias, J. (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Ciudad de México: Colegio de México.

El agua para consumo humano es esencial para el desarrollo de la vida. La disponibilidad del agua no se encuentra con facilidad por su distribución, esto crea problemas de escasez que generan desigualdad en regiones o bien en una sola comunidad<sup>46</sup>.

Para entender la importancia del agua y la relación que existe entre hombre-naturaleza, es necesario comprender cómo se origina. Esto es, a partir de la existencia del ciclo hidrológico, el cual consiste en la renovación permanente y circular del agua, este siendo un recurso no renovable a pesar de la constante regeneración del líquido (Esquema 1).



Esquema 1. Ciclo hidrológico. Elaboración Propia

El ciclo hidrológico, consta de las siguientes fases para que se lleve a cabo:

- *Evaporación:* La energía solar calienta el agua de las superficies terrestres como acuática y se evapora constantemente por llegar a un punto de ebullición.
- *Condensación:* El vapor de agua producido se condensa en forman nubes.
- *Precipitación:* es la caída del agua a partir de la evaporación se produce a partir de ríos, lagos, océanos, plantas (evapotranspiración),

---

<sup>46</sup> CUAED. (2019). Ciclo del agua. Recuperado el 3 de abril de 2019, de UNAM Sitio web: [http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/ciclo\\_del\\_agua/](http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/ciclo_del_agua/)

que puede regresar a la Tierra en forma de lluvia, granizo, aguanieve o nieve.

Éstos teniendo procesos asociados en los siguientes puntos:

- *Evapotranspiración*: evaporación por parte de plantas y algunos tipos de suelo, como también por parte de especies (sudor).
- *Infiltración*: es la acumulación de agua subterránea o mantos acuíferos, por escurrimientos superficiales que dependiendo del sustrato (tipo de suelo) se filtrara hacia subsuelo.
- *Escorrentías*: se refiere a los diversos medios por los que el agua puede desplazarse, casi siempre de una pendiente cuesta abajo (ríos), para infiltrarse o acumularse en cuerpos de agua (lagos).
- *Humedad*: se refiere a la cantidad de agua en estado gaseoso que se encuentra dentro de un clima el cual depende de la temperatura del lugar.

En el ciclo hidrológico de la distribución del agua en todo el planeta, en los océanos, casquetes polares, ríos, lagos, donde intervienen factores ambientales abióticos (aire, rocas, luz solar), para que se lleve a cabo y sea aprovechado este recurso por los factores bióticos (fauna, flora, microorganismos, hongos, protozoarios), y a su vez contribuya al ciclo por la evapotranspiración, requieren el agua como base para el desarrollo de los seres vivos (imagen 2).



Imagen 2. Ciclo hidrológico. Tomado de USGS (2019)

México, se encuentra en una posición geográfica singular, debido a que se encuentra sobre el Trópico de Cáncer, lo cual genera una variedad de climas (templados, tropicales) que van cambiando desde el centro hacia el norte del país con climas desérticos, húmedos y templados, los que aportan una disponibilidad amplia del agua.

La huella hídrica en México, es un valor que apenas algunos años se le está dando relevancia, explica Rita Vázquez Coordinadora del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2017), que “permite visualizar el uso que nos muestra del agua a lo largo de toda la cadena productiva, como identificar dónde y cuándo es el consumo del recurso y cómo impacta los recursos hídricos de otro lugar”, siendo esto una externalidad, que puede ser negativos o positivos en este contexto hacia el recurso hídrico, por actividades o procesos que no se puedan controlar y que afectan a terceros, lo cual puede generar contaminación del agua, escasez o daños a la salud.

La definición de huella hídrica, fue creada por el doctor Hoekstra (2016), profesor en gestión del agua de la Universidad de Twente, la cual menciona “que es un indicador de la apropiación humana de agua dulce, que ayuda a comprender la escasez, como la contaminación del recurso” como un mecanismo que permite comprender cómo afectan al ambiente los hábitos de consumo y producción de la población.

“México recibe aproximadamente 1 449 471 millones de m<sup>3</sup> de agua en forma de precipitación al año. De ese porcentaje, se estima que el 72.5% se evapora y regresa a la atmósfera, el 21.2% escurre por los ríos, lagos o arroyos, y el 6.4% restante se infiltra a aguas subterráneas de forma natural y recarga los acuíferos”<sup>47</sup>.

La disponibilidad natural del agua, es muy heterogénea espacial y temporalmente en las distintas regiones del mundo. En el caso de México, la disponibilidad del agua promedio en 2004, se estimaba en 4 547 m<sup>3</sup>/hab/año<sup>48</sup>, siendo muy diferente a la actual, la cual bajó casi los 1 000 m<sup>3</sup>/hab/año. De acuerdo al Banco Mundial

---

<sup>47</sup> Vázquez R. y Lambarri J. (2017). Huella hídrica en México: análisis y perspectivas. Juitepec, Morelos: IMTA.

<sup>48</sup> Guerrero, et.al. (2009). El agua en la Ciudad de México. Recuperado el 3 de abril de 2019, de Revista, Ciencias Sitio web: <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>

(2002), con las categorías establecidas por los organismos internacionales, se considera el siguiente índice (tabla 4), desde baja disponibilidad de agua, como muy alta de la disponibilidad del agua por habitante por año.

Volumen de agua (m <sup>3</sup> /hab/año)	Categoría de disponibilidad
< 1 000	Extremadamente baja
1 000 a 2 000	Muy baja
2 000 a 5 000	Baja
5 000 a 10 000	media
10 000 a 20 000	alta
> 20 0000	Muy alta

Tabla 4. Categoría de disponibilidad de agua. Tomado de Banco Mundial (2002)

“Actualmente, más de 70% de los cuerpos de agua en México presentan algún grado de contaminación; más de 15% de los acuíferos se encuentran sobreexplotados; por lo menos 57% del volumen de agua subterránea que se utiliza proviene de esos acuíferos sobreexplotados y se está minando la reserva de agua subterránea a un ritmo de 6 km<sup>3</sup> por año”<sup>49</sup>.

En un contexto actual, el país ha dejado de estar con alta disponibilidad del agua a pasar a ser bajo, esto debido a un crecimiento en los centros poblacionales (ciudades), lo cual aumentó la demanda en los servicios respecto al agua, la extracción exhaustiva del recurso por parte del gobierno o empresas y esencialmente por el mal manejo del recurso hídrico.

Década	Disponibilidad de agua por habitante por m <sup>3</sup> al año
1950	18 035 m <sup>3</sup> /hab/año
2013	3 982 m <sup>3</sup> /hab/año

Tabla 5. Disponibilidad anual del agua por habitante por m<sup>3</sup>. Elaboración Propia, con datos del IMTA (2017)

Esto genera mayor presión del recurso hídrico, comparando la disponibilidad del agua respecto al uso por persona por m<sup>3</sup>, la cual se representa en la siguiente (tabla

<sup>49</sup> Carabias, J. (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Ciudad de México: Colegio de México.

5), así esto representa que en los años 50's la disponibilidad anual media era anteriormente 18 035 m<sup>3</sup>/hab/año mientras que, en esta década pasó a 3 982 m<sup>3</sup>/hab/año<sup>50</sup>. Por lo tanto, "los indicadores de consumo de agua promedio de un mexicano equivalen a 3 982 m<sup>3</sup> por año, mientras que el promedio mundial es de 3 385 m<sup>3</sup>. 5% de ella se utiliza en las actividades diarias, como preparación de los alimentos, en limpieza personal y del hogar. El otro 95%, representa el consumo indirecto (agua virtual), que involucra hábitos alimenticios, patrones de consumo y estilos de vida"<sup>51</sup>.

Si bien, el abastecimiento del agua ha bajado al transcurrir el tiempo, el consumo del agua por lo contrario aumenta. Los niveles de consumo doméstico en un segmento de la población como en la CDMX para satisfacer las necesidades diarias, son excesivos hasta 600 lts/hab/día, sin ninguna conciencia sólo se considera como una justificación el cumplimiento del pago del agua en sí, sin atenderse a las consecuencias de ello<sup>52</sup>. Sin embargo, en algunas zonas donde existe la escasez esta condición está muy marcada como en Iztapalapa, ya que al tener el agua por tandeo la presión hídrica es mayor, con ello se crea un estrés hídrico hacia el recurso. El agua virtual, es un término relativamente nuevo, ligado a la huella hídrica. Siendo éste "el contenido de agua virtual de un producto, esto quiere decir la cantidad de agua empleada en su proceso productivo respecto al agua"<sup>53</sup>. La importancia de disminuir el consumo del agua virtual, puede ser una opción para reducir los problemas de escasez de agua en el país, ya que el agua es utilizada en este proceso. En el país, se cuenta con trece organismos de cuenca organizados por la CONAGUA, como regiones hidrológico-administrativas (RHA) para la gestión del agua (tabla 6), los cuales norman y gestionan el recurso hídrico las cuales dentro de las RHA, su delimitación administrativa definió 653 acuíferos en México<sup>54</sup>. Se representa las RHA (mapa 17), dividida en norte, centro, noreste y sureste, que depende de la zona la disponibilidad del recurso hídrico por habitante, la cual se representa en un año.

---

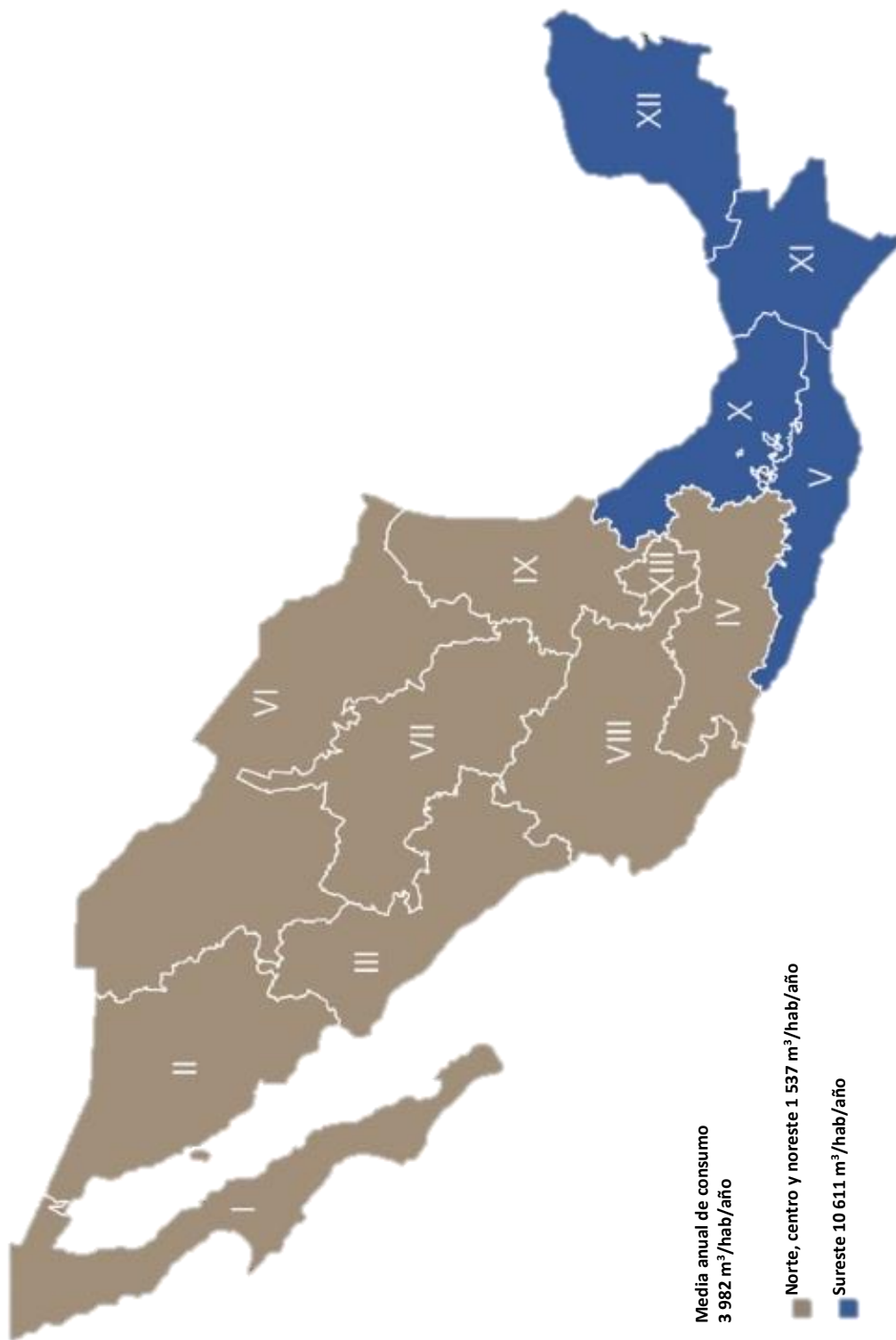
<sup>50</sup> Vázquez R. y Lambarri J. (2017). Huella hídrica en México: análisis y perspectivas. Jiutepec, Morelos: IMTA.

<sup>51</sup> Agua. (2017). ¿Cuánta agua consume un mexicano?. Recuperado el 3 de abril de 2019, de Fondo para la comunicación y educación ambiental. A.C. Sitio web: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-consume-mexicano/>

<sup>52</sup> Carabias, J. (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. México: Colegio de México.

<sup>53</sup> CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México 2018. Ciudad de México: CONAGUA.

<sup>54</sup> Ibidem.



Numero de RHA	Regiones Hidrológico-Administrativas	Total, de cuencas en RHA
I	Península de Baja California	87
II	Noroeste	63
III	Pacífico Norte	24
IV	Balsas	42
V	Pacífico Sur	38
VI	Río Bravo	96
VII	Cuencas Centrales del Norte	72
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	126
IX	Golfo Norte	42
X	Golfo Centro	22
XI	Frontera Sur	23
XII	Península de Yucatán	4
XIII	Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	14

**Tabla 6. Regiones Hidrológico-Administrativas. Elaboración propia con datos de CONAGUA (2004)**

Es importante saber cómo se conforman las cuencas hidrográficas en el país, con lo anterior se toma el término de cuenca como “la unidad natural de terreno definidas por la división de las aguas superficiales debidas a la conformación de relieve”, la CONAGUA ha definido un total de 757 cuencas hidrográficas, que se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas (mapa 18) las cuales son administradas por este mismo<sup>55</sup>.

<sup>55</sup> CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México 2018. Ciudad de México: CONAGUA.



Mapa 18. Regiones hidrológicas en el país. Tomado de CONAGUA (2018)

La velocidad de deterioro de los acuíferos es alarmante, tan sólo en 1975 existían 32 sobreexplotados y para el año de 2004 el número aumentó a 104, esto quiere decir, que aumentó más de 300% la sobreexplotación de los acuíferos en sólo 30 años, sin mencionar aún los de la actualidad. “Por todo ello el uso racional del agua subterránea es indispensable, ya que con el tiempo un número mayor de regiones dependerá de sus reservas almacenadas en el subsuelo. De hecho, en el año de 2004 el 70% del agua que se suministra a las ciudades proviene de acuíferos”<sup>56</sup>.

Una visión sobre la explotación racional del agua, se ve muy lejana, da una expectativa de la recarga de acuíferos incierta, dando como resultado un estrés hídrico hacia las poblaciones y generando presión del agua, en particular hacia el Valle de México, la cual es la RHA más explotada dentro del país.

El agua que se utiliza en el CDMX, proviene básicamente de tres fuentes (Tabla 7) de las cuales su principal fuente de abastecimiento la constituyen los mantos acuíferos. “El déficit hidráulico ha inducido a la sobreexplotación de los acuíferos, lo cual es resultado de un mayor volumen de extracción de agua del subsuelo con respecto de la cantidad que se infiltra. Anualmente el acuífero se recarga con cerca de 700 000 000 m<sup>3</sup>, sin embargo, son extraídos 1 300 000 000 m<sup>3</sup>, es decir, por cada litro de agua de recarga se extrae casi el doble”<sup>57</sup>.

Fuente	Agua para el abastecimiento en la CDMX (%)
Río Lerma y Cutzamala	26.5 %
Río Magdalena	2.5 %
Agua Subterránea (Mantos Acuíferos)	71 %

Tabla 7. Cantidad de agua para el abastecimiento en la CDMX. Elaboración Propia Con datos de Guerrero, et.al. (2009)

<sup>56</sup> Guerrero, et.al. (2009). El agua en la Ciudad de México. Recuperado el 3 de abril de 2019, de Revista, Ciencias Sitio web: <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>

<sup>57</sup> Guerrero, et.al. (2009). El agua en la Ciudad de México. Recuperado el 3 de abril de 2019, de Revista, Ciencias Sitio web: <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>

“Las instituciones de gobierno han promovido una visión parcial del problema del agua que con frecuencia se centra exclusivamente en el ahorro del recurso en su uso doméstico, lo que ha tenido como consecuencia la falta de una visión más amplia, de una conciencia pública sobre la necesidad de la conservación del ciclo hidrológico y su relación con los ecosistemas (su conservación para proseguir con el ciclo hidrológico y para la recarga de acuíferos y cuerpos de agua), y el desconocimiento de los efectos negativos de las actividades agrícolas e industriales sobre el agua, como atender la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento respecto a su disponibilidad y calidad del agua” (Carabias, 2005).

Sumado a lo anterior, la expansión de la mancha urbana en zonas de recarga, los procesos de deforestación y la falta de áreas verdes en la CDMX, así como la orientación de las aguas pluviales al drenaje sin que haya una separación de estas para su aprovechamiento, da como resultado que estos impactos se profundicen hacia una menor recarga de agua subterránea como hacia los cuerpos de agua.

## 4. Sistema Lerma - Cutzamala, su importancia para la Ciudad de México

---

En 1925, el ingeniero Roberto Gayol, publicó los resultados de su investigación en la que demostró que la ciudad se estaba hundiendo a causa de la sobreexplotación del manto acuífero<sup>58</sup>.

El sistema Cutzamala es operado por CONAGUA, mientras que el Lerma por SACMEX, las dos fuentes externas del agua que abastecen a la CDMX.

La ubicación geográfica de la cuenca del sistema Cutzamala se ubica dentro de los estados de México y Michoacán, entre las longitudes 19° 42' y 19° 42' Oeste y las latitudes 100° 11' y 100° 34' Norte. El sistema Cutzamala, se encuentra dentro de la parte alta de la cuenca del río del mismo nombre, perteneciente a la Región Hidrológica Administrativa (RHA) IV, Balsas<sup>59</sup>.

El sistema Cutzamala, pasa por la región hidrológico-administrativa XIII perteneciente al Valle de México, siendo aprovechado por este mismo ya que anteriormente, el agua del río Lerma y Cutzamala, se le da un uso sobre la ciudad y zonas aledañas del recurso hídrico, el cual alimenta estos sistemas.

Su afluente entra al drenaje general de la CDMX, expulsado hacia la cuenca del Tula, pues su escorrentía natural se dirige hacia el Golfo de México<sup>60</sup>. Este sistema siendo operado por la CDMX.

Este sistema, es el encargado de abastecer de agua a la Ciudad de México como a la zona metropolitana de la Ciudad de México. Esta red de suministro de agua abarca los estados de Michoacán, Estado de México y la CDMX.

La extracción excesiva de agua ocasiona que las arcillas del subsuelo se deshidraten y se compacten generando los hundimientos diferenciales del subsuelo<sup>61</sup>.

---

<sup>58</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

<sup>59</sup> Hernández, M. (2017). Implementación de la herramienta WEAP al sistema Cutzamala. Maestría: UNAM.

<sup>60</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

<sup>61</sup> Marsal y Mazari (1969). Historia del hundimiento, en El subsuelo de la ciudad de México. Ciudad de México: UNAM.

Con lo anterior, toma importancia el agua subterránea e inicia la obra del sistema Cutzamala, la cual se divide en tres etapas (mapa 19) “de acuerdo con una lógica de añadir extensiones a la base construida en la primera etapa. La segunda etapa, concluida en 1985, captó las aguas de la presa Valle de Bravo y, la tercera etapa, puesta a funcionar en 1993, añadió caudales provenientes de las presas Colorines, Tuxpan y del Bosque (estas dos últimas ubicadas en territorio de Michoacán)”<sup>62</sup>.

- *Primera etapa:* en el año 1942 e inaugurándose en 1951. Esta primera etapa consistió en la toma de manantiales y aguas superficiales (cuerpos de agua), el concepto es caudal del Alto Lerma, el cual atraviesa la Sierra de las Cruces para entrar con un caudal de 4 m<sup>3</sup>/s al Valle de México (Perló y González, 2005). Esta primera etapa, constó de las siguientes presas: Tuxpan, del Bosque, Ixtapan del Oro, Colorines y Valle de Bravo, éstas originalmente fueron destinadas para la generación de electricidad<sup>63</sup>.
- *Segunda etapa:* entre 1965 y 1970, el departamento del Distrito Federal firmó convenios con el gobierno del Estado de México, para aumentar los volúmenes de extracción de agua en la zona del Lerma, lo cual amplió que llegaran hasta 14 m<sup>3</sup>/s de agua a la CDMX (Perló y González, 2005). Se integró sistemas de tuberías y bombas que se van desde la presa del Valle de Bravo a la CDMX y que conectan con la presa Villa Victoria hasta llegar al túnel Analco-San José para conectarse a la ZMCM<sup>64</sup>.
- *Tercera etapa:* esta última etapa, empezó a funcionar en 1993, en la cual se añadieron caudales provenientes de las presas Colorines, Tuxpan y del bosque, siendo estas dos últimas provenientes desde Michoacán<sup>65</sup>. Sería una ampliación del otorgamiento y bombas que corre paralelo a la construcción de la etapa dos, a lo cual se le añade la planta tratadora por la administradora en Los Berros<sup>66</sup>

---

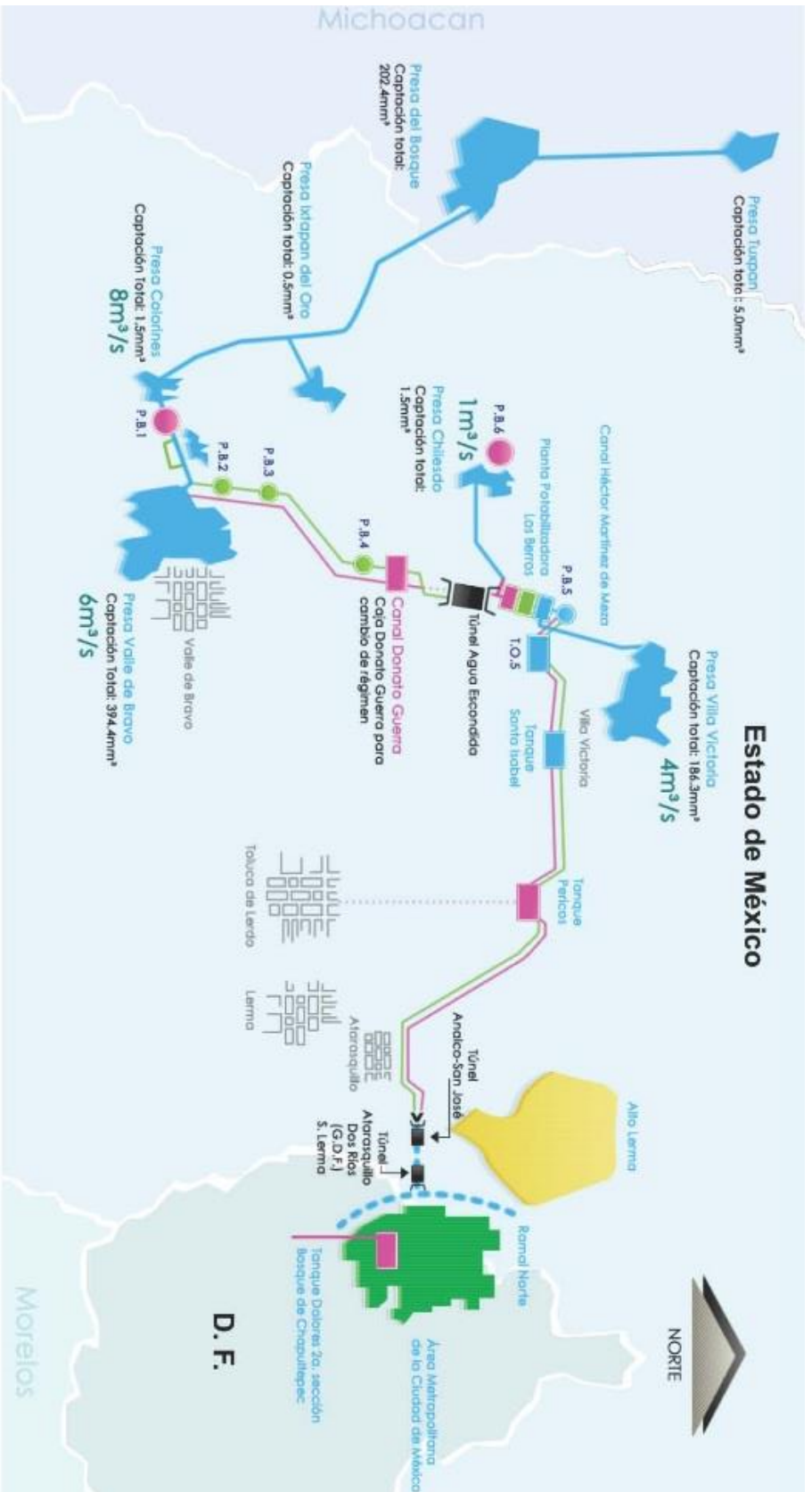
<sup>62</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

<sup>63</sup> Cruz, C. (2013). Politización del agua en la región hidropolitana del centro del país: una mirada al caso de Iztapalapa. Maestría: UNAM.

<sup>64</sup> Ibidem.

<sup>65</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

<sup>66</sup> Cruz, C. (2013). Politización del agua en la región hidropolitana del centro del país: una mirada al caso de Iztapalapa. Maestría: UNAM.



Mapa 19. Proceso de las tres etapas del sistema Cutzamala. Tomado de INEGI (2007)

A partir de estas etapas se dieron elementos que conformaron la obra, como las ubicaciones o componentes, que acción tiene cada componente y cuál era la capacidad de cada uno de ellos y los metros sobre el nivel del mar de cada zona (tabla 8).

Lugar o Componentes	Tipos de componentes	Capacidad	Elevación (MSNM)
<b>Tuxpan</b>	Presa de derivadora	5.0 hm <sup>3</sup>	1 751
<b>El Bosque</b>	Presa de almacenamiento	202.0 hm <sup>3</sup>	1 741
<b>Ixtapan del Oro</b>	Presa de derivadora	0.5 hm <sup>3</sup>	1 650
<b>Colorines</b>	Presa de derivadora	1.5 hm <sup>3</sup>	1 629
<b>Valle de Bravo</b>	Presa de almacenamiento	394.0 hm <sup>3</sup>	1 768
<b>Villa Victoria</b>	Presa de almacenamiento	186.0 hm <sup>3</sup>	2 545
<b>Chilesdo</b>	Presa de derivadora	1.5 hm <sup>3</sup>	2 396
<b>Planta de bombeo 1</b>	Bombas	20.0 m <sup>3</sup> /s	1 600
<b>Planta de bombeo 2</b>	Bombas	29.0 m <sup>3</sup> /s	1 722
<b>Planta de bombeo 3</b>	Bombas	24.0 m <sup>3</sup> /s	1 833
<b>Planta de bombeo 4</b>	Bombas	24.0 m <sup>3</sup> /s	2 178
<b>Planta de bombeo 5</b>	Bombas	24.0 m <sup>3</sup> /s	2 497
<b>Planta de bombeo 6</b>	Bombas	5.0 m <sup>3</sup> /s	2 324
<b>Planta potabilizadora Los Berros</b>	Planta potabilizadora	24.0 m <sup>3</sup> /s	2 540

Tabla 8. Elementos que conforman el Sistema Cutzamala. Elaboración propia con datos de Perlo y González (2006)

Todas estas fases que conforman la evolución del sistema Cutzamala (mapa 20), son primordialmente para importar agua a la Ciudad de México, llegando a un máximo de 19 m<sup>3</sup>/s para los años 90's según CONAGUA, sin embargo, para el 2005, se estableció un promedio de 16 m<sup>3</sup>/s del caudal<sup>67</sup>. Por otro lado, el sistema de aguas de la Ciudad de México (SACMEX) menciona que el caudal promedio que suministra este sistema es de 9.0 m<sup>3</sup>/s, siendo una cifra muy alejada de las cifras de CONAGUA,

Se entiende con lo anterior, que cada institución deslinda su responsabilidad, la cual genera un malestar social que da una presión al recurso. El sistema Cutzamala, fue planeado con el propósito de satisfacer la demanda del agua en la

<sup>67</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

CDMX sumándose la ZMCM, sin tomar en cuenta las necesidades o problemas hacia las zonas de origen de este sistema.

Ahora, no se puede hablar del sistema Cutzamala, sin mencionar al sistema Lerma, los cuales son los dos sistemas de abastecimiento externos del recurso hídrico en la CDMX y ZMCM, sumados estos dos sistemas aportan entre 19 y 21 m<sup>3</sup>/s.

Este sistema distribuye a mayor parte en la ZMCM con 5.2 m<sup>3</sup>/s. Se sitúan dos etapas para su implementación:

- *Primera etapa:* empieza su construcción en 1942 a 1951 para abastecer a los tanques de dolores en Chapultepec, exportando el agua superficial y de los mantos acuíferos de Almoloya de Río<sup>68</sup>.
- *Segunda etapa:* la CDMX junto con el Estado de México, crean un convenio en 1960 para la construcción de pozos en la cuenca del alto Lerma, abarcando agua subterránea del Valle de Toluca, como de Ixtlahuaca y Atlacomulco<sup>69</sup>.

“En la cuenca del Valle de México, se consumen en promedio al año 74 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 20 m<sup>3</sup>/s son provistos por fuentes externas (sistemas Cutzamala y Lerma) y el resto (54 m<sup>3</sup>/s) es aportado por los acuíferos de la cuenca. Los usos del agua en la cuenca del Valle de México están dados de la siguiente manera: 63 m<sup>3</sup>/s el cual equivale al 85% en los usos público industrial y 11 m<sup>3</sup>/s al 15% en riego. De los 63 m<sup>3</sup>/s destinados al consumo urbano e industrial, el sistema Cutzamala suministra 15 m<sup>3</sup>/s equivalente al 24%, el sistema Lerma entrega 5 m<sup>3</sup>/s al 8% y el resto, 43 m<sup>3</sup>/s, al 68% el cual es proporcionado por lo acuíferos de la cuenca del Valle de México”<sup>70</sup>.

El sistema Lerma, está compuesto por 250 pozos activos conectados a varios caudales que surten a la ZMCM, junto con los 148 pozos de la Ciudad de México, operados por SACMEX, los cuales suman 398 pozos<sup>71</sup>. Respecto a los pozos se

---

<sup>68</sup> Cruz, C. (2013). Politización del agua en la región hidropolitana del centro del país: una mirada al caso de Iztapalapa. Maestría: UNAM.

<sup>69</sup> Ibidem.

<sup>70</sup> Hernández, M. (2017). Implementación de la herramienta WEAP al sistema Cutzamala. Maestría: UNAM.

<sup>71</sup> Cruz, C. (2013). Politización del agua en la región hidropolitana del centro del país: una mirada al caso de Iztapalapa. Maestría: UNAM.

distribuye en la (tabla 9), donde se enumeran los pozos, el tipo de uso y las unidades representadas en hectómetros cúbicos (hm.<sup>3</sup>) que son 1000 millones de litros de agua por unidad al año<sup>72</sup>.

Numero de pozos	Uso que se le da a los pozos	Cantidad de agua (hm <sup>3</sup> ) por año
17	Pozos fuera de operación	-----
40	Pozos de agua potable	9.0 hm. <sup>3</sup> /año
87	Pozos de riego	9.5 hm. <sup>3</sup> /año
123	Pozos conectados a los acueductos	152 hm. <sup>3</sup> /año
124	Pozos con uso mixto (pueden derivar de cualquiera de los anteriores)	182 hm. <sup>3</sup> /año

**Tabla 9. Pozos del Sistema Lerma. Elaboración propia, con datos de Cruz (2013)**

Éstos dos sistemas, no sólo son beneficiosos para la población de la CDMX y la ZMCM, ya que tienen un gran impacto, económico, social y ambiental de los lugares de origen de extracción del agua.

Para poder elevar el agua a 1 100 msnm, ya que en promedio el agua se encuentra a 1 600 msnm faltando una altura de 1 100 m para llegar a la CDMX que se encuentra a 2 240 msnm son necesarias las plantas de bombeo, las cuales consumen 2 280 000 de kilowatts cada hora, lo cual equivale al consumo de 2 millones de personas simultáneamente<sup>73</sup>.

El 40% del agua que entra a la CDMX, se pierde en fugas. Las poblaciones que se encuentran aledañas al Sistema Lerma – Cutzamala sufren escasez de agua, siendo esto una gran contradicción ya que el recurso hídrico, sólo pasa a unos metros de la zona donde residen, esta demanda de agua que no se cumple por las autoridades, sumado a ello, la mala calidad del agua que es administrada hacia estas poblaciones aledañas.

Los impactos ambientales, en general hacia estos sistemas, son por la contaminación que incluyen: descarga por aguas residuales; basura depositada en las barrancas, a las orillas de los cuerpos de agua o en zonas de infiltración (bosques) y; fuentes puntuales como industrias que depositan sus afluentes a los

<sup>72</sup> Cruz, C. (2013). Politización del agua en la región hidropolitana del centro del país: una mirada al caso de Iztapalapa. Maestría: UNAM.

<sup>73</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

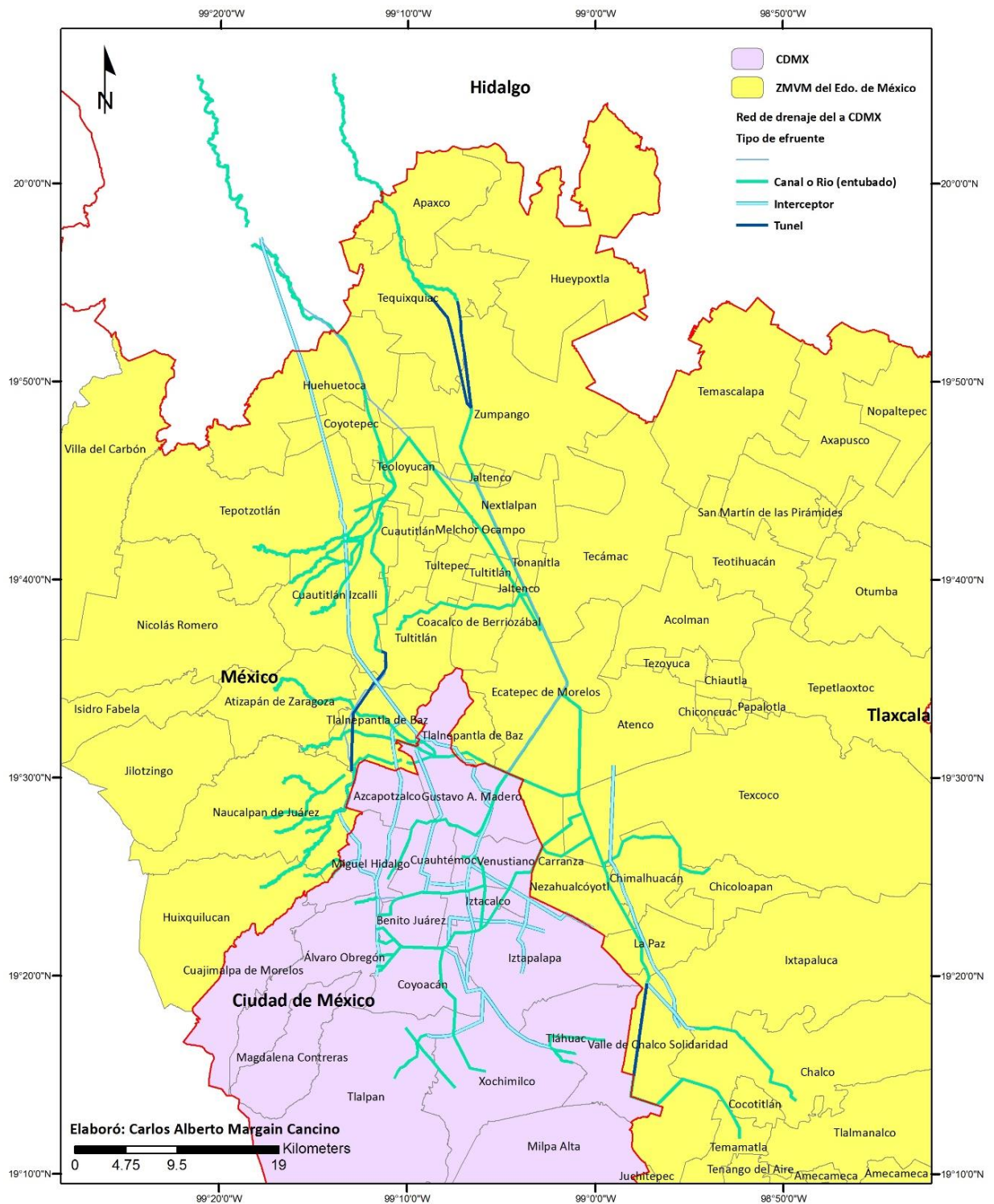
ríos o lagos. También el cambio de uso suelo por agricultura mediante el cual se erosionan los suelos que, a su vez, es un factor que genera impactos ambientales.

La variabilidad climática, es otro factor que interviene en la disponibilidad del agua en el sistema ya que el agua no es constante durante el año, variando por el tiempo de lluvias y sequía respectivamente, por otro lado, la intensidad de las lluvias fuertes para abastecer las aguas superficiales de la cuenca Cutzamala y el río Lerma.

El abastecimiento del agua, no sólo es satisfacer las necesidades de la población dentro y fuera de la ciudad (zonas conurbadas), sino que también después del uso darle una salida, pues entra así el tema del drenaje en la CDMX y la ZMCM.

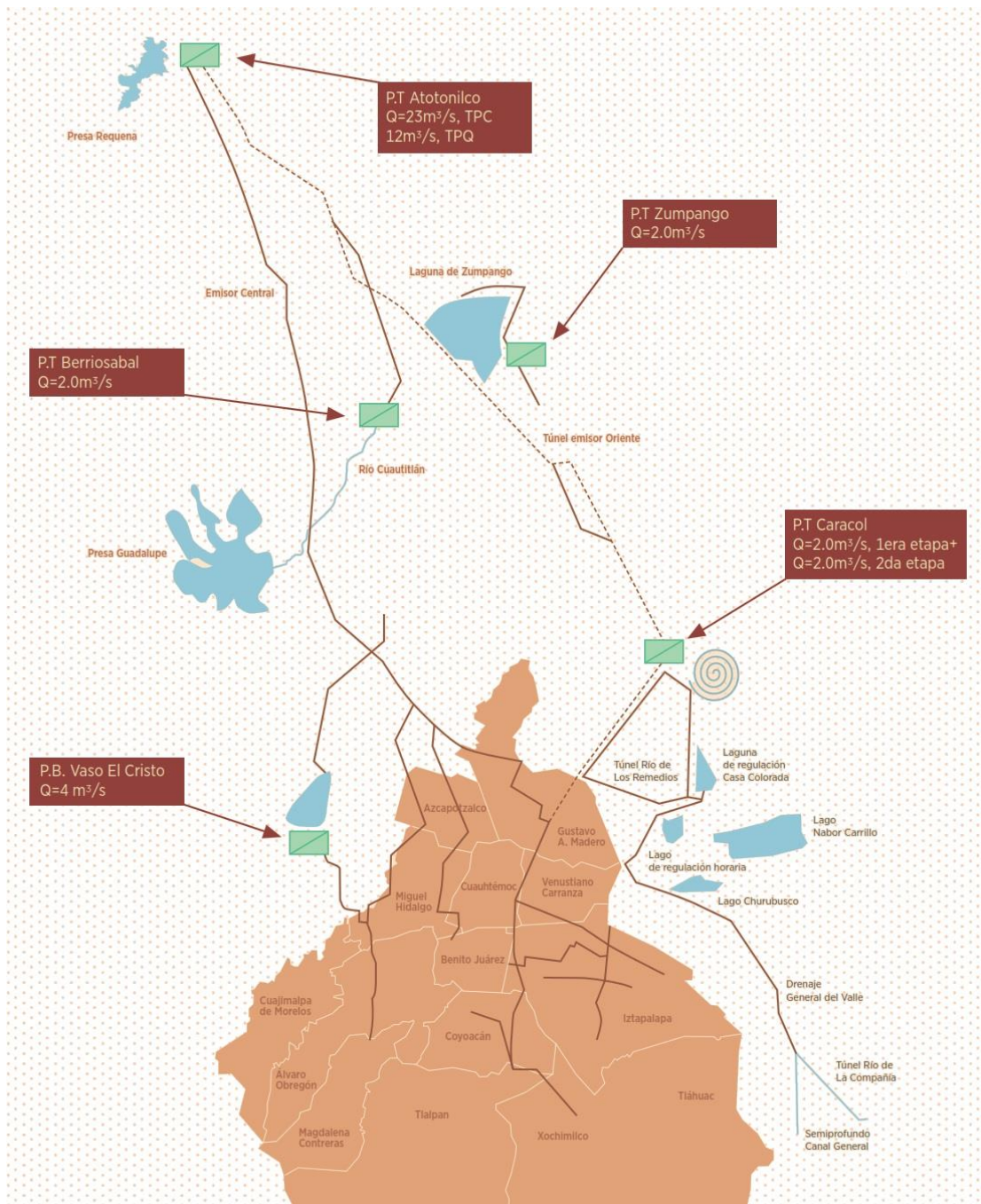
Las complicaciones en el tema del drenaje, no son menores que el caso del abastecimiento del agua. El problema tiene origen desde la colonización de Tenochtitlan al tomar la decisión de no respetar los cuerpos de agua, como desecarlos para poder habitar las zonas y desaguarlos fuera de la CDMX.

Toda la infraestructura hidráulica que abastece a la CDMX, no sólo beneficia a ésta sino también a la ZMCM por parte de los caudales importados por los sistemas Lerma-Cutzamala, además este forma parte del servicio de canal de desagüe y el drenaje profundo (mapa 20).



**Mapa 20. Canales de desagüe (Túneles, canales, ríos entubados) del drenaje de la CDMX y ZMCM. Elaboración propia, con datos de INEGI, CONAGUA**

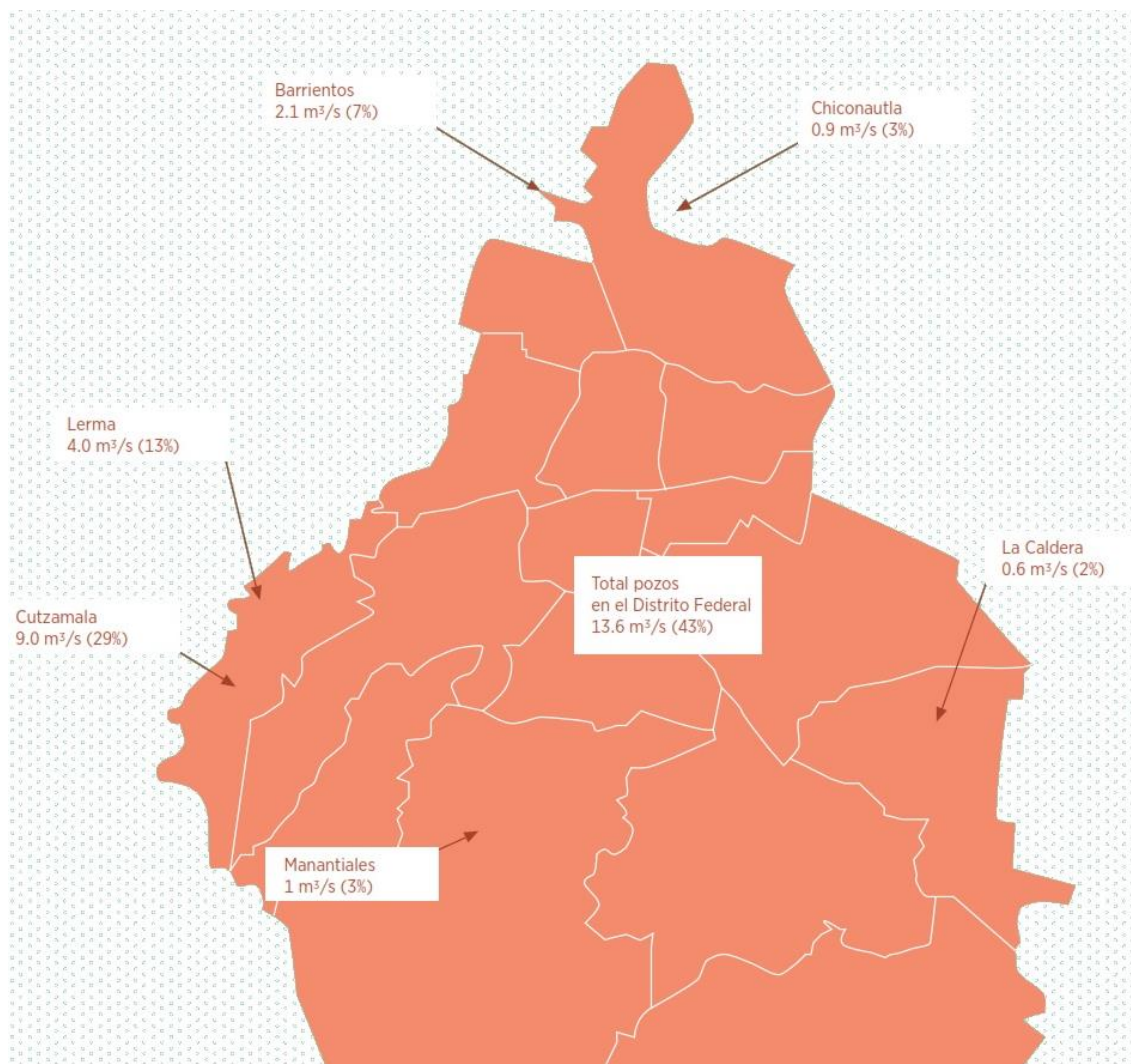
Para reforzar lo anterior, los canales de desagüe de la CDMX y ZMCM, forman una red de drenaje la cual dirige grandes volúmenes de aguas residuales hacia el norte fuera de la Ciudad de México, como lo es el Estado de México (mapa 21), las cuales son dirigidas por dos grandes túneles (Túnel Emisor Central y el Oriente), éste último aún no en operación, que irá hacia la planta de tratamiento Atotonilco (en construcción), ubicada en el estado de Hidalgo<sup>74</sup>.



**Mapa 21. Túneles, Emisor Oriente y Emisor Central, con sus conexiones con el drenaje de la CDMX y ZMCM, como de los ríos y lagos entubados y superficiales, finalmente los  $\text{m}^3/\text{s}$  de descargas. Tomado de SACMEX**

<sup>74</sup> SEMARNAT. (2013). beneficios de la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco. ciudad de México: SEMARNAT, CONAGUA.

Respecto a las descargas municipales que corresponden al túnel Emisor Oriente y al túnel interceptor Río de los Remedios, se construyeron captaciones para recibir las aguas residuales y de lluvias de los colectores ubicados en los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl en el Estado de México y en la alcaldía Gustavo A. Madero, esto con respecto a la zona oriente. A partir del año 2013, se puso en operación el primer tramo de 10 km del Túnel Emisor Oriente junto con la planta de bombeo El Caracol, la cual se localiza en el municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México, en un terreno ubicado frente al Túnel Emisor Oriente con capacidad de descarga 40,000 lts/s. Cuando el Túnel Emisor Oriente, opere en sus 62 km (aún no concluido), la planta de bombeo del Caracol, tendrá un canal de desagüe de 8 000 lts/s.<sup>75</sup>.



**Mapa 22. Distribución del agua en la CDMX. Tomado de SACMEX (2012)**

<sup>75</sup> SEMARNAT. (2013). Puesta en operación del primer tramo de 10 km del túnel emisor oriente. Ciudad de México: SEMARNAT, CONAGUA.

El canal del desagüe de la Ciudad de México y la ZMCM, es la construcción de cauces superficiales y túneles subterráneos de drenaje, se estima que ha perdido capacidad de conducción por el hundimiento del suelo, principalmente en la zona de la CDMX, esto por la extracción del agua subterránea y por la sobreexplotación de los acuíferos dentro de la CDMX, siendo la fuente de abastecimiento de la ciudad con 43% por pozos, mientras que el otro porcentaje se refleja en el (mapa 22).

El abastecimiento de agua potable para la CDMX, asciende a 31.2 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 9 m<sup>3</sup>/s provienen del Sistema Cutzamala y 4 m<sup>3</sup>/s del Lerma, 1 m<sup>3</sup>/s de los manantiales de la CDMX y 13.6 m<sup>3</sup>/s de pozos (aguas subterráneas) que extraen agua del acuífero de la Ciudad de México. Sin embargo, existe un déficit de 1.7 m<sup>3</sup>/s, debido al crecimiento demográfico y mancha urbana particularmente en las alcaldías de Tláhuac, Xochimilco, Cuajimalpa, Tlalpan e Iztapalapa, que influye también de alguna manera las condiciones de la infraestructura hidráulica y la situación geográfica de cada zona<sup>76</sup>.

La implementación de esta gran infraestructura será un gran beneficio hacia las dos entidades (CDMX y Edo. de México), por el desagüe del agua especialmente en temporada de lluvias, lo cual minimizaría las inundaciones en las zonas más vulnerables, pero por otro lado, la separación del agua pluvial del sistema de drenaje, para dar uso al agua de las lluvias (aguas pluviales), y un aprovechamiento a ambos afluentes, por un lado se aprovechar las aguas residuales de la ciudad, y por el otro, la generación de gas metano que resulte del proceso de digestión de los lodos de las plantas de tratamientos de aguas residuales, como para los distritos de riego, en las zonas próximas de la zona de Hidalgo; por el lado del agua pluvial se le pudiera dar un uso doméstico en general dentro de la ciudad.

Como consecuencia de los hundimientos del Valle de México y la pérdida de capacidad del drenaje superficial, el túnel Emisor Central, dejó sus operaciones las cuales duraron 15 años (1997-2007) por su desgaste, al cual no se le podía dar mantenimiento ya que era el único, en consecuencia se inicia la construcción del

---

<sup>76</sup> SACMEX. (2012). El gran reto del agua en la Ciudad de México. Ciudad de México: SACMEX.

túnel Emisor Oriente para el mantenimiento del otro túnel, pero que en la actualidad aún sigue en construcción<sup>77</sup>.

La relación con lo correspondiente a los sistemas Lerma–Cutzamala su infraestructura y el drenaje de la CDMX, implica una relación social y física entre las poblaciones y el gobierno donde entran factores de pobreza y mal servicio del recurso hídrico, aunado la falta de tecnología, recursos económicos e infraestructura. Esto tiene una complejidad, entre las relaciones sociales del poder (gobierno) y de un problema de desigualdad social. Se deben buscar mecanismos eficientes, para respetar el derecho humano al agua, una equidad tanto en la distribución del agua, como en el pago de ésta, como una cultura del agua para dar el valor al recurso.

---

<sup>77</sup> CONAGUA. (2012). Acciones de infraestructura de drenaje y robustecimiento en el Valle de México 2012-2017. Ciudad de México: SEMARNAT.

## 5. Instrumentos y normatividad en materia de agua en la CDMX

---

A nivel federal, como a nivel estatal y municipal, existen normatividad e instrumentos en materia de política ambiental, la cual va dirigida hacia las organizaciones sociales (población) que son orientadas por un gobierno y por políticas a base de conocer un problema que plantea una forma de solucionar cuál es el problema y su posterior resolución o bien son un conjunto de acciones que sirven para regular el medio ambiente.

En el país las principales políticas ambientales, se encuentran establecidas por la vía legislativa ésta vincula a la Cámara de Diputados, Cámara de Senadores, leyes ambientales, reglamentos y normas, las cuales tienen un efecto vinculante a nivel federal, estatal y municipal (Brañes, 2000).

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), da un primer acercamiento hacia la protección de los recursos naturales en sus artículos 4, 27 y 73 los cuales son:

- *Artículo 4:* éste menciona el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, el cual el estado debe garantizar el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental genera responsabilidad para quien lo aprobó que en términos de lo dispuesto por la ley<sup>78</sup>.
- *Artículo 27:* se describe que la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originalmente a la nación, la cual tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada<sup>79</sup>.
- *Artículo 73:* en este artículo se describe que el congreso tiene la facultad para expedir leyes que establezcan la congruencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en ámbito de sus

---

<sup>78</sup> Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México: Diario Oficial de la Federación (DOF).

<sup>79</sup> Ibidem

respectivas competencias en materia de protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico<sup>80</sup>.

Estas leyes, tienen vínculo con el recurso hídrico ya que contemplan el derecho al agua, que deben garantizar la disponibilidad, calidad, para el uso de la sociedad, como a la protección y preservación en un contexto ambiental.

Las carencias y deficiencias tecnológicas dentro de este sector, han ocasionado grandes pérdidas de agua, y la explotación forzada de mantos acuíferos. Para el caso del abastecimiento público, mucha de la población de la Ciudad y ZMCM, no cuentan con acceso al agua potable, lo que trae consigo repercusiones entre estas, un mal saneamiento básico del agua que consiste en el acceso seguro, sustentable e higiénico sobre el agua, a un costo más bajo, con las facilidades necesarias, y un buen drenaje público para la población, asegurando al mismo tiempo un ambiente limpio y saludable, tanto a nivel personal como comunitario reiterando una vez más el derecho a un ambiente sano.

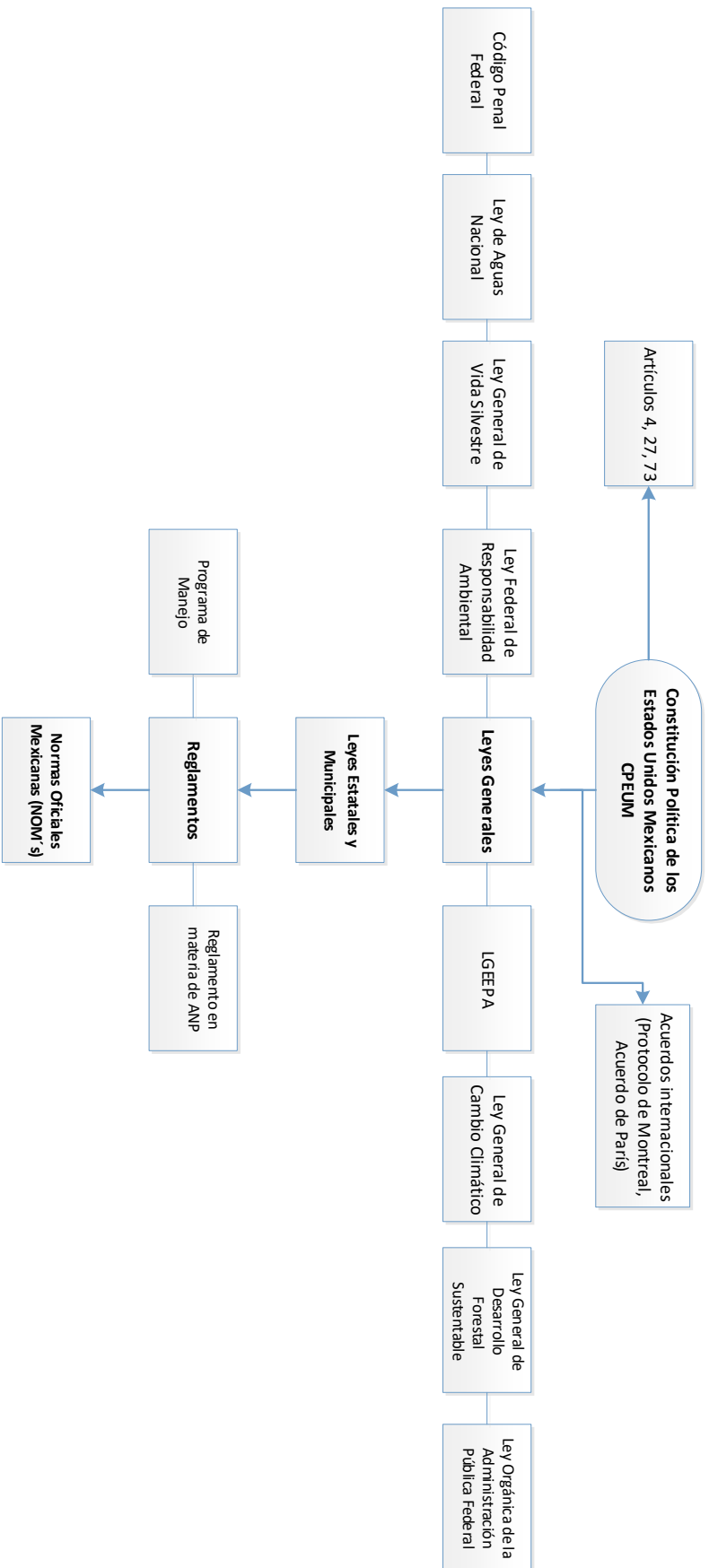
Una mala gestión del recurso hídrico, desencadena una serie de problemas de carácter social e individual que pone en riesgo la salud física de cada individuo, pero no es solamente eso, la sobreexplotación de mantos acuíferos para poder encontrar agua potable, lo cual genera alteraciones físicas en el medio como: hundimientos, agrietamientos o erosión del suelo.

México cuenta con variedad de leyes, reglamentos y normas en materia del agua dirigidas hacia su distribución (cantidad), como su calidad, los cuales son aplicables con base a procedimientos de leyes, reglamentos, normatividad en materia de agua. A partir de esto, se han generado diversas instancias que regulan las cuestiones en materia de agua.

El marco legal respecto a la política ambiental, en el siguiente orden (esquema 2), el cual describe la jerarquía del marco legal de la política ambiental vigente, en primer orden la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), hasta llegar a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's).

---

<sup>80</sup> Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México: Diario Oficial de la Federación (DOF).



Esquema 2. Jerarquía del marco legal de la política ambiental. Elaboración propia con información tomada del DOF.

En México, como menciona Brañes (2000), las principales políticas ambientales se encuentran en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que surge en 1988, la cual es el primer documento especializado para la protección al ambiente, establecida como ley marco en materia ambiental. Esta ley general, es un conjunto de acciones que sirven para regular el medio ambiente. En el *Capítulo III, Política Ambiental*; artículo 15 de la LGEEPA, menciona los principios de la política ambiental, para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en la ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente<sup>81</sup>.

El marco legal, señala a diversas instituciones responsables del diseño, planeación, ejecución, seguimiento, evaluación y/o vigilancia de las políticas ambientales. A nivel federal, la primera de ellas es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la cual debe fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.

Las leyes federales, locales y municipales, representan la fuente formal del Derecho Ambiental, la actuación de los poderes públicos, se debe realizar bajo el principio de legalidad, que consiste en el hecho de que sólo pueden hacer lo que la ley permite, y nada fuera de la misma. Los reglamentos administrativos, tratan de normas jurídicas generales, obligatorias e impersonales. Los convenios administrativos, están de acuerdo con las voluntades entre entidades públicas (Federal, Estados, Distritos Federales y Municipios). Y los tratados internacionales, se refieren a los acuerdos de voluntades celebrados entre estados soberanos<sup>82</sup>.

La toma de decisiones en materia ambiental se puede clasificar en:

- *Política ambiental*: estas son decisiones del estado mexicano (SEMARNAT, CONABIO, CONANP, CONAGUA)
- *Legislación ambiental*: son los mecanismos de supervisión y verificación (PROFEPA)

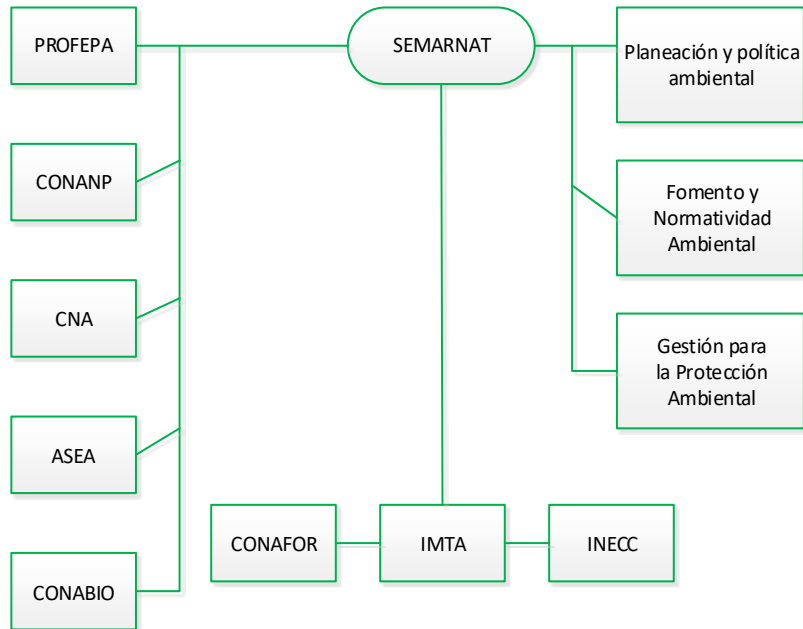
---

<sup>81</sup> Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1988). Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). México: Diario Oficial de la Federación (DOF)

<sup>82</sup> Brañes, R. (2000). Manual de derecho ambiental mexicano. Ciudad de México: Fondo de cultura económica.

- *Planeación ambiental*: ordenamiento ecológico territorial (SEMARNAT, instancias estatales y municipales).

Se tiene el siguiente marco institucional en el país (Esquema 3), donde se representan las instituciones encargadas de la política ambiental en México, como la principal está la SEMARNAT, derivando sus subsecretarías y sus responsabilidades ante la federación.



**Esquema 3. Instituciones encargadas de la política ambiental en México. Elaboración propia con información de SEMARNAT (2019)**

Una de estas instituciones que regula este recurso hídrico, es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual fue creada en 1997 para llevar a cabo las tareas de distribución del agua, se trata de un órgano desconcentrado de la SEMARNAT. Dentro de sus funciones, es la encargada de la administración del agua, la protección de cuencas hidrológicas, la vigilancia del cumplimiento de las normas y reglamentos, como tratamiento del agua. CONAGUA, tiene tres niveles jerárquicos en los que se encuentran dos oficinas centrales, gerencias regionales y gerencias estatales.

Así, la CONAGUA por conducto del Comité Consultivo Nacional del sector agua, elabora la NOM's, en materia del agua, para asegurar su conservación, seguridad, uso, aprovechamiento y calidad así, como su administración dentro de la nación, enunciados en el artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales, la cual es regulada

por la SEMARNAT y garantizar el acceso, disponibilidad y saneamiento para su consumo hacia la población<sup>83</sup>.

Dentro de las políticas ambientales, se encuentra la que aqueja a la vulnerabilidad hidrológica, que es en materia de agua. Dentro de ésta, se enuncian algunas de las Normas Oficiales Mexicanas, emitidas por CONAGUA vigentes en materia de agua relacionadas con la ciudad y su infraestructura, las cuales son:

- *NOM-004-CONAGUA-1996*: Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general<sup>84</sup>.
- *NOM-003-CONAGUA-1996*: Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos<sup>85</sup>.
- *NOM-014-CONAGUA-2003*: Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada<sup>86</sup>.
- *NOM-015-CONAGUA-2007*: Infiltración artificial de agua a los acuíferos sobre las características y especificaciones de las obras y del agua<sup>87</sup>.
- *NOM-001-CONAGUA-2011*: Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario (Hermeticidad) especificaciones y métodos de prueba<sup>88</sup>.
- *NOM-011-CONAGUA-2015*: la cual habla sobre Conservación del recurso hídrico, cuyo objetivo es, el establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y del subsuelo, para su explotación, uso o aprovechamiento<sup>89</sup>.

---

<sup>83</sup> CONAGUA. (2019). Normas Oficiales Mexicanas (NOM) Vigentes del Sector Hídrico. Recuperado el 2 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-nom-83264>

<sup>84</sup> SEGOB. (2018). Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Recuperado el 17 de junio de 2019, de Secretaria de Gobernación Sitio web: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-nom-83264>

<sup>85</sup> Ibidem.

<sup>86</sup> Ibidem

<sup>87</sup> Ibidem.

<sup>88</sup> Ibidem.

<sup>89</sup> Ibidem

De acuerdo con la CONAGUA, “se distinguen tres etapas en la evolución la política hídrica nacional. En la primera, a principios del siglo XX, el enfoque se orientó a la oferta y se construyeron grandes obras. En la segunda, a partir del decenio de 1980 a 1990, la política se enfocó más en la demanda y en la descentralización, se creó la CONAGUA y se transfirió a los municipios la responsabilidad de proveer los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En la tercera, a partir del presente siglo, se distingue una nueva etapa enfocada a la sostenibilidad, en la cual se busca incrementar el tratamiento de aguas residuales, impulsar el reúso del agua y mejorar la administración de las aguas nacionales”<sup>90</sup>.

De acuerdo con la fracción III del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la responsabilidad de prestar los servicios de agua potable y alcantarillado recaen en legislaturas locales mediante organismos operadores que destaquen la cobertura de servicios hídricos, regularización y monitoreo en los servicios, por esto, el gobierno de la Ciudad de México, debe buscar coordinaciones de manera eficaz en la administración de servicios públicos, en este caso el abastecimiento de agua dentro de la ciudad<sup>91</sup>.

En la Ciudad de México, existe el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), la cual brinda el servicio público el suministro de agua potable, alcantarillado, y drenaje; como tratamiento de las aguas residuales, también tienen la obligación sobre el mantenimiento, la construcción, la operación, el aprovechamiento del sistema hidráulico de la ciudad con lo cual deben garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico. Buscando resolver la problemática se optó por construir un drenaje alterno, el Sistema de Drenaje Profundo, el cual inicia operaciones en 1975 y se encuentra compuesto de un Emisor Central y nueve interceptores, con longitud total de 153 km<sup>92</sup>.

El rezago e ineficiencia operatividad de SACMEX, es una realidad que no cubre la distribución de aguas, como la atención a la demanda futura para disminuir el estrés hídrico en la zona, por otro lado, se debe buscar solucionar problemas de

---

<sup>90</sup> Vázquez R. y Lambarri J. (2017). Huella hídrica en México: análisis y perspectivas. Juitepec, Morelos: IMTA.

<sup>91</sup> Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Título Quinto Artículo 115, Recuperado el 1 de abril de 2019, de CPEUM sitio web: <http://info4.juridicas.unam.mx/juslab/leylab/250/116.htm>

<sup>92</sup> SEMARNAT. (2013). Puesta en operación del primer tramo de 10 km del túnel emisor oriente. Ciudad de México: SEMARNAT, CONAGUA.

inundaciones que son recurrentes y las consecuencias que éstas generan, tanto en Iztapalapa como en la Ciudad de México.

Es indispensable contar con instituciones con el marco legal que regule una adecuada gestión del agua, con ello una mejor calidad de servicio. Se cuenta con CONAGUA, SACMEX, y compañías privadas para administrar la distribución del recurso hídrico, en estas debe existir una coordinación para un buen suministro. Del total de agua disponible dentro del país, los principales usos que se le dan, son: el abastecimiento público, industrias (compañías privadas) y actividades agropecuarias, sin embargo, las carencias y deficiencias tecnológicas dentro de este sector, ha ocasionado grandes pérdidas de agua y la explotación forzada de mantos acuíferos.

Para el caso del abastecimiento público, muchas comunidades mexicanas no cuentan con el acceso al agua potable, lo que trae consigo serias repercusiones. Sumado a esto, el cobro por parte de este organismo SACMEX, va desde tarifa, medición, facturación y cobro, con estas facultades que tiene el organismo existe mucha desigualdad, ya que el cobro por el consumo del agua es desigual, siendo la alcaldía de Iztapalapa una de las que paga, y es también, la que carece mayor disponibilidad del agua. Por otro lado, el consumo del agua debe ser responsabilidad de la población para su uso responsable, hacia una cultura del agua o viéndolo del lado económico, un pago más bajo y que a su vez satisfaga las necesidades que se tengan respecto al recurso.

En el año 2012, se adicionó el párrafo sexto al Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el cual se estipula que “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”<sup>93</sup>.

---

<sup>93</sup> Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación (DOF).

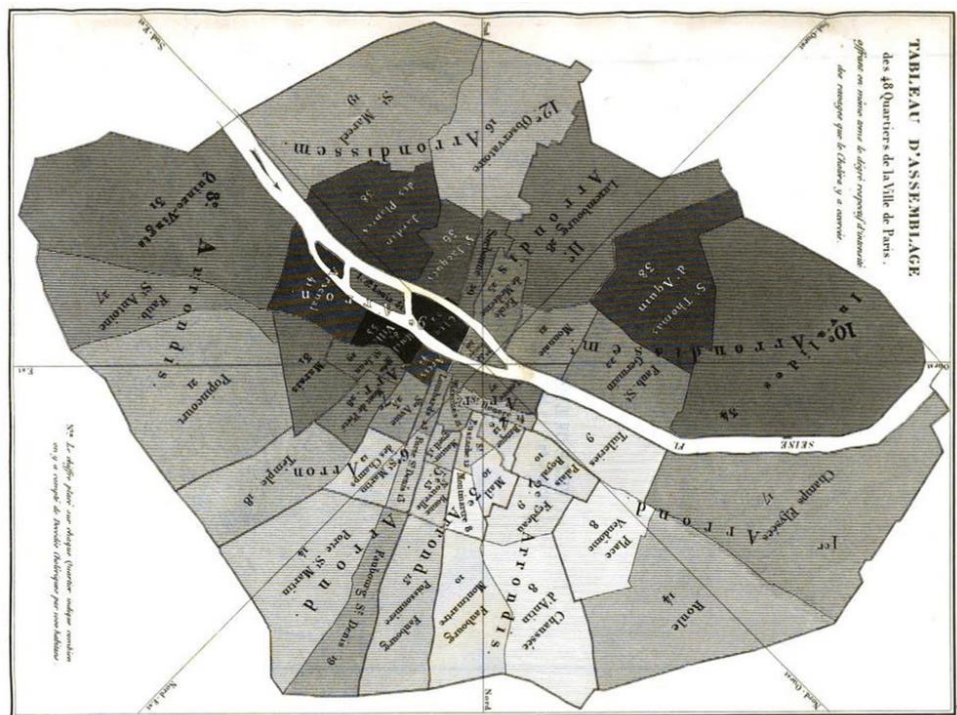
Se debe desarrollar, una eficiencia operativa en la distribución de aguas, que cubra los rezagos y atienda la demanda futura para la disminución del estrés hídrico en la zona, así como a los riesgos hidrológicos para solucionar los problemas de inundaciones que son frecuentes en la parte oriente de la CDMX, donde se ubica la alcaldía de Iztapalapa.

# Capítulo 2. Aplicación de los sistemas de información geográfica para el análisis espacial de la vulnerabilidad hídrica y su relación con el cambio climático

## 1. Propiedades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG's)

En este capítulo se analizan los conceptos generales para comprender que es un sistema de información geográfica, para su función y aplicación dentro de la investigación, así como para una mejor comprensión de las causas y efectos de la vulnerabilidad hídrica.

Para entender mejor los Sistemas de Información Geográfica, es fundamental saber las bases de los mismos. El principio del análisis espacial, fue a base de la cartográfica en la que se usaron gradientes de color para representar datos sobre muertes por cólera de los cuarenta y ocho distritos de París, el cual fue realizado por el geógrafo francés Charles Picquet en 1832<sup>94</sup>. Se analiza en el siguiente (mapa 23).



Mapa 23. Se representa las muertes por cólera en cuarenta y ocho distritos de París, dependiendo del gradiente de color la cantidad de muertes en cada distrito. Tomado de Dempsey (2012)

<sup>94</sup> Dempsey C. (2012). Historia del SIG. 20 de marzo de 2019, de GIS lounge Sitio web: <https://www.gislounge.com/history-of-gis/>

El cambio de la cartografía tradicional a los sistemas de información geográfica se dio hasta los años 60's por un desarrollador en sistemas llamado Roger Tomlison, que trabajó con datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión del territorio rural. "La unidad en el desarrollo de los SIG's, no aparece hasta que se comenzó a comercializar la tecnología para un uso profesional y privado. La empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute), fundada en 1969, se convirtió en la referencia de los SIG's bajo licencia. En la década de los 90's ESRI consigue popularizar los SIG's mediante el software de escritorio ArcView, que tenía un interfaz capaz de usarse en Windows. Como el estándar de los SIG's hasta 1985 sale por primera vez un software de SIG's libre, llamado GRASS, y hasta el 2002 la primera versión de QGIS", uno de los más usados en los SIG's en la actualidad. La difusión de este software para los SIG's, supuso la adopción de su estándar de archivos shapefile (.shp), el cual es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para los SIG's como Arc/Info o ArcGIS<sup>95</sup>.

Así, los SIG's, han dado a través de los años una evolución para la mejora del análisis mediante un mapa digital, los cuales representan una herramienta esencial para la comprensión del análisis espacial a partir de datos, los cuales dan un conjunto de medios y métodos por medio de un programa capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos<sup>96</sup>. A diferencia de la cartografía tradicional, que a menudo son extremadamente simplificados, y limitada en la cantidad de datos que se pueden almacenar de manera física y significativa en un mapa pequeño<sup>97</sup>.

Con esto, se tiene una ciencia de la información geográfica, como todo el conjunto de disciplinas y conocimientos que residen tras los SIG's, tanto en su desarrollo y creación, como en su utilización y aspectos prácticos. Esta ciencia se enmarcaría a su vez dentro de ese último grupo de disciplinas integradoras,

---

<sup>95</sup> Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>

<sup>96</sup> INEGI. (2014). Sistemas de información geográfica. Ciudad de México: INEGI.

<sup>97</sup> Dempsey C. (2012). Historia del SIG. 20 de marzo de 2019, de GIS lounge Sitio web: <https://www.gislounge.com/history-of-gis/>

llevando más allá la idea de la geografía como área de conocimiento que engloba elementos de muchos otros ámbitos. La interpretación de los datos con propósitos clasificatorios también ha evolucionado con la tecnología de obtención y almacenamiento de los mismos. Los sistemas de almacenamiento de datos, asimismo, los cuales se desarrollan de forma rápida. Antes, sólo existían mapas impresos, de tal manera que el medio de representación y almacenamiento era uno solo, en comparación con los SIG's, estos se pueden dividir en capas y contraponer para un análisis en búsqueda de algo en particular<sup>98</sup>.

Actualmente, los mapas existen en formato digital, y esto ha permitido almacenar y representar los datos en forma separada. Así, la tecnología de manejo de bases de datos se establece en forma eficaz en el medio de la producción cartográfica de los recursos naturales en general y de las cuencas hídricas en particular para su unidad de análisis<sup>99</sup>.

Estos sistemas, nos permiten realizar un análisis exhaustivo de las características geográficas espaciales y temáticas dependiendo del objeto de estudio, para llegar a un mejor conocimiento del territorio de la alcaldía de Iztapalapa, la cual es la zona de interés con la generación de resultados tales como mapas, informes (análisis), y gráficos.

Se tiene una herramienta con muchas posibilidades a la interpretación de los datos a partir del SIG's. Así, los datos geográficos dan el término de Modelo Digital del Terreno (MDT), el cual permite la construcción por medio de indicadores que determinan posibles escenarios. Mediante el MDT, se permite la construcción de mapas altitudinal, de inclinación, de relieve que, asimismo, da indicadores cuantitativos. Se puede aplicar en el estudio de cuencas por medio de las curvas de nivel. Esto se obtiene a partir de la percepción remota, la cual consiste en obtener información de los objetos a partir del análisis de datos que están

---

<sup>98</sup> Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>

<sup>99</sup> Bocco G. (2007). cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integral de cuencas. ciudad de México: Instituto nacional de ecología.

construidos a partir de imágenes satelitales, los cuales son capaces de recibir y almacenar estos objetos para interpretarlos mediante un análisis visual<sup>100</sup>.

El uso de los SIG's, en la investigación da bases con información geográfica, las cuales se asocian para mostrar un objeto gráfico, siendo éstos los mapas digitales, con ello se conocen los atributos, los cuales se pueden localizar dentro de la cartografía o mapa digital para su análisis. Lo anterior sirve fundamentalmente para gestionar esta información espacial, permite separar la información en diversas capas las cuales se almacenan independientes, dando la posibilidad de identificar alguna cuestión en particular para su análisis<sup>101</sup>.

Por tanto, un sistema de información geográfica, se compone de dos elementos fundamentales:

El primero, son los datos, los cuales se obtienen de múltiples instituciones tanto de investigación como de la administración pública, las cuales obtienen datos de estaciones de percepción remota (satélites) que permiten obtener información de objetos a partir del análisis de una respuesta espectral, estas imágenes o fotografías nos ofrecen la posibilidad de analizar mapas de cobertura del terreno, el relieve, así como cauces, cuerpos de agua y localidades con infraestructura como en los asentamientos humanos (urbanización); estos datos, se pueden obtener de manera gratuita en el servicio geológico de los Estados Unidos (USGS, sus siglas en inglés) donde se puede acceder a estos datos satelitales, estos se dividen en cuatro disciplinas científicas; biológicas, geográficas, geológicas e hidrológicas, éstas dan un gran aporte de información en materia de investigación, como para educación, para el comercio o nivel gobierno<sup>102</sup>.

Éstos datos permiten la producción de cartografía o mapas digitales de diversas fuentes como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), imágenes satelitales como LANDSAT o Sentinel, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Procuradora Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Comisión Nacional del Agua

---

<sup>100</sup> Bocco G. (2007). Cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integral de cuencas. Ciudad de México: Instituto nacional de ecología.

<sup>101</sup> Ofmann, M. (2009). Sistema de información geográfica para el monitoreo de la red de canales de Xochimilco. Licenciatura: UNAM.

<sup>102</sup> USGS. (2019). U.S. Geological Survey. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de United States Geological Survey Sitio web: <https://www.usgs.gov/>

(CONAGUA), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) entre otras<sup>103</sup>.

El segundo, pero no menos importante, es donde se procesarán los datos para un posterior análisis los cuales son software, (programas para su procesamiento y análisis). Existen varios programas para el procesamiento de los mapas como QGIS, el cual es SIG´s de Código Abierto licenciado, esto quiere decir, que es un software libre sin costo monetario, el cual crea, edita, visualiza, analiza y publica información geoespacial<sup>104</sup>. El que se tomará para el procesamiento de los datos será ArcGIS, el cual es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. La plataforma líder mundial para crear y utilizar SIG´s es ArcGIS, la cual es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, empresas, académico, entre otros. ArcGIS, permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio<sup>105</sup>.

Con lo anterior, se derivan aspectos fundamentales para los SIG´s y para su proceso como una herramienta de análisis espacial los cuales son:

- Los *datos*, los cuales son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG´s, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG´s.
- El *método*, el cual será el conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- Un *Software*, necesario para la aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- Un *Hardware*, el cual es el equipo necesario para ejecutar el software.

---

<sup>103</sup> Bocco G. (2007). cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integral de cuencas. ciudad de México: Instituto nacional de ecología.

<sup>104</sup> Qgis. (2019). Descubre Qgis. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Qgis sitio web: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html#top>

<sup>105</sup> ESRI. (2019). ArcGIS Resources. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de ESRI Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

- Y el *usuario*, encargado de diseñar y utilizar el software, siendo el motor de los SIG's.

Los mapas constituyen una forma muy efectiva de organizar, comprender y proporcionar grandes cantidades de información de un modo comprensible universalmente. Los mapas que se crean, muestran información y al mismo tiempo permiten utilizarla para la consulta, el análisis, la planificación y gestión para la resolución de una problemática, la cual se desarrolla en la investigación sobre la vulnerabilidad hidrológica<sup>106</sup>.

La funcionalidad de los SIG's, tiene grandes posibilidades, por una parte, se puede almacenar información que viene de diversas fuentes como:

- a) *GPS*: El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, según siglas en inglés) consiste en varios satélites que giran alrededor de la Tierra a 18.000 Km. de distancia, de forma tal que siempre hay tres satélites que localizan un punto de la Tierra utiliza, la triangulación para determinar en todo el planeta la posición con una precisión metros. Los receptores GPS, recogen las señales de los satélites y calculan de ellos mismos la posición a partir de los datos recibidos de los satélites: el GPS calcula la posición por triangulación los satélites emiten una misma señal sincrónica (al mismo tiempo), se reciben desplazados por el receptor GPS<sup>107</sup>.

La precisión de la sincronización de emisión y la precisión del cálculo del desfase por los receptores determinan directamente la precisión sobre un cálculo de la posición. Es decir que el GPS, indica la longitud y latitud de un punto, la fecha y la hora. Esa posición señalada sobre un mapa digital que indica el lugar geográfico en que ese punto se encuentra<sup>108</sup>.

- b) *Fotografías aéreas*: Esta característica sobre las fotografías aéreas extrae información para conocer el territorio, el cual será el área de interés para un estudio en específico como, la arqueología, la geología, la agricultura por mencionar algunas, las cuales suelen usar este tipo de fotografías, como antes

---

<sup>106</sup> ESRI. (2019). ArcGIS Resources. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de ESRI Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

<sup>107</sup> SISAT. (2014). Características y Funcionamiento del GPS. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de Sistema Satelital de Cobertura Integral Sitio web: <http://www.gps-sisat.com.ar/Web-%20datos.pdf>

<sup>108</sup> Ibidem.

se mencionó para recoger información sobre el medio a trabajar, explorar o investigar.

Las fotografías aéreas, son una herramienta fundamental en el campo de las ciencias de la Tierra como del ordenamiento territorial, el cual es fundamental para Iztapalapa, ya que su forma de urbanización fue de una manera desordenada, se expandió sin un orden invadiendo zonas de riesgo como laderas, áreas con alta inclinación las cuales no deberían ser habitables.

Las principales aplicaciones de la fotografía aérea, se encuentran relacionadas con la investigación en estudios de geografía, cartografía, geología, medicina, biología, hidrología, geomorfología, usos de suelo y planificación urbana como rural.

- c) *Imágenes satelitales*: Este aspecto contribuye al conocimiento geográfico, para diversas aplicaciones en la investigación, en diversos campos como la climatología, agricultura, biología, silvicultura, geología, sociología, hidrología, oceanografía, cartografía y planeación (Colegio de la Frontera Sur, 2005). Dentro de las imágenes satelitales se encuentran, las “LANDSAT (LAND=Tierra y SAT=satélite) la cual fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Inicialmente se le llamó ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) y, posteriormente los restantes recibieron el nombre de LANDSAT, se componen por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones”<sup>109</sup>.
- d) *Bases de datos*: La base de datos, es característica primordial para la creación de los SIG’s. “Una base de datos geográfica hace posible que la información geográfica, se almacene en un formato estructurado que simplifica la administración, la actualización, la reutilización y el uso compartido de los datos. Permite diseñar, crear, mantener y utilizar las bases de datos geográficas, tanto si se es un usuario como si se trabaja en una investigación”<sup>110</sup>.

---

<sup>109</sup> INEGI. (2015). Aspectos técnicos de las imágenes LANDSAT. Ciudad de México: INEGI.

<sup>110</sup> ESRI. (2019). ArcGIS Resources. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de ESRI Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Por otro lado, los SIG's nos permiten visualizar los datos almacenados de una forma muy gráfica. La importancia del análisis espacial, es dar un resultado nuevo de información de los datos existentes para permitir una mejor toma de decisiones. "permiten resolver una amplia variedad de problemas distintos, desde localizar entidades que cumplen ciertos criterios como modelar procesos naturales como el flujo del agua sobre el terreno o utilizar estadística espacial para determinar lo que puede contar un conjunto de puntos de muestra sobre la distribución de fenómenos como la calidad del aire o las características de población"<sup>111</sup>.

Así los SIG's, sirven para una mejor toma de decisiones a partir de un análisis para posteriormente tomar decisiones de la problemática a resolver, como en este caso, el reducir el riesgo ante la vulnerabilidad hidrológica. Para ello, se hace una recopilación de datos previamente hecha, con fuentes certeras como el INEGI, INECC, PAOT, IMTA, CONAGUA, CONABIO, Geocomunes, entre otros.

Existen varios tipos de visualización de los datos geográficos, uno de ellos son la visualización con datos vectoriales, los objetos que se representan mediante objetos geométricos en forma de puntos, líneas y polígonos<sup>112</sup>. Este modelo vectorial hace mención de los "objetos en puntos se representan por un par de coordenadas X, Y; las líneas mediante segmentos que se conectan en vértices se representan con las coordenadas X, Y, de estos vértices; y los polígonos son áreas representadas por la combinación de líneas y puntos que los delimitan"<sup>113</sup>.

Otro tipo de datos son los raster, que son un método para el almacenamiento, el procesado y la visualización de datos geográficos. Este tipo de datos representados en forma de rejas en los cuales cada elemento tiene valor por cada atributo, dando ventajas para la facilidad de combinar capas con datos, así pudiéndolo separar para un mejor análisis espacial. Éstos tienen como desventaja, que ocupan demasiado espacio respecto al peso de la información<sup>114</sup>. Este modelo de datos es más

---

<sup>111</sup> ESRI. (2019). ArcGIS Resources. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de ESRI Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

<sup>112</sup> Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>

<sup>113</sup> INEGI. (2014). Sistemas de información geográfica. Ciudad de México: INEGI.

<sup>114</sup> Ibidem.

conveniente usarlos cuando se combinan gran cantidad de capas de datos de manera rápida como también si se trabaja con imágenes satelitales.

Las imágenes satelitales provienen de satélite LANDSAT, que fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para monitorear los recursos terrestres. Se han lanzado 8 satélites, los cuales actualmente en operación sólo se encuentran el LANDSAT 5, 7 y 8. Las imágenes LANDSAT, están conformadas por siete o nueve bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, la geología, recursos naturales, las cuales pueden combinarse para producir una gama de imágenes y colores que incrementa notablemente sus aplicaciones, como puede ser para la hidrología o zonas urbanas. Dando estas bandas espectrales una resolución de hasta 15m por pixel, mejorando notablemente, ya que los primeros LANDSAT alcanzaban 60m por pixel<sup>115</sup>.

En la siguiente (imagen 3), se muestra la diferencia gráfica entre el modelo raster y vectorial<sup>116</sup>; la imagen vectorial se muestra a través de puntos líneas o polígonos para representar la información a través del mapa, mientras que la imagen rastrear de igual forma se maneja a través de líneas y puntos, pero a diferencia de las vectoriales éstas se entrecruzan formando rejillas, cada una de éstas es independiente, teniendo su propio atributo, y finalmente se muestra la última imagen representando el mundo real con la combinación de ambos modelos.

---

<sup>115</sup> INEGI. (2015). Aspectos técnicos de las imágenes LANDSAT. Ciudad de México: INEGI.

<sup>116</sup> Ibidem.

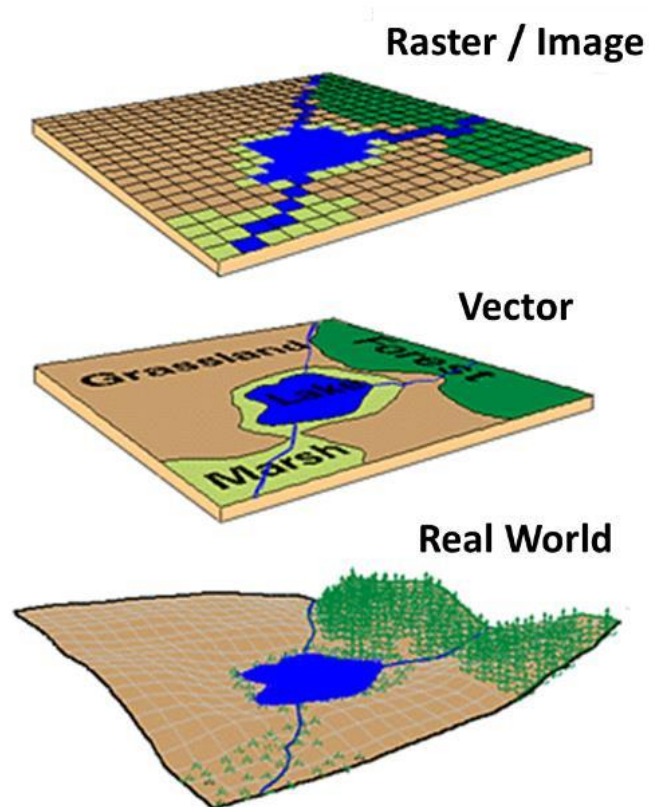


Imagen 3. Modelo Vectorial y el modelo raster, dan como resultado una imagen aproximada a la realidad. Tomado de INEGI (2014)

La combinación de estos dos tipos de datos, aporta una mayor riqueza a la visualización, haciendo que sea más sencillo extraer la información contenida en ella, como un mejor análisis visual del mapeo <sup>117</sup>.

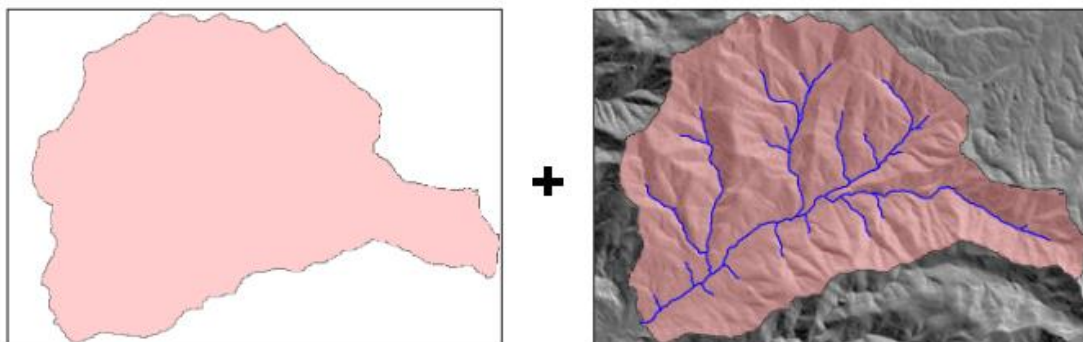


Imagen 4. Suma de un polígono (vectorial) con una imagen satelital (raster). Tomado de Olaya (2017)

<sup>117</sup> Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>

En la (Imagen 4), se muestra un polígono vectorial, a primera vista es sólo es una capa de un polígono, pero sumado al raster del modelo digital del terreno (relieve) se visualiza una cuenca con sus escurrimientos creando un afluente (ríos) delimitado por la cuenca.

“Las capas ráster, llenan todo el espacio y contienen valores en todas sus celdas (píxeles en el caso de imágenes). Por ello, van a tapar lo que se sitúe por debajo de ellas y no resulta buena idea situarlas en lo alto del orden de pintado. En su lugar, se deben considerar como capas base sobre las que situar las restantes, de tal modo que no impidan a estas visualizarse correctamente, mientras que las capas vectoriales van en la parte superior de la capa, por norma general los polígonos van encima del raster, que son las líneas y los puntos respectivamente. Siempre con objeto de evitar que unas capas dificulten la correcta interpretación de otras, dando una comprensión visual del mapa digital”<sup>118</sup>.

Los vectores y raster, serán la base de información para la investigación, ya que con ello se representará visualmente la problemática por la vulnerabilidad hídrica en la zona de Iztapalapa. Se utilizará el software de ArcGIS, para el análisis de los conflictos, los impactos, el riesgo que deriva de la escasez o las inundaciones por la exposición está vulnerabilidad. Se toman aspectos como: población, demografía, relieve (curvas de nivel), uso de suelo, vegetación, hidrología, clima, isotermas e isoyetas, edafología, tipo de suelo, todo esto para relacionarlo mediante capas e identificar los problemas que aquejan a la alcaldía, teniendo un análisis complejo de la situación que se vive en la demarcación. Los SIG's, han traído como consecuencia una mayor conciencia acerca de la importancia del componente espacial de la información, así como sobre las posibilidades que la utilización de este tipo de sistemas ofrece. Respecto a la investigación, la utilización de esta herramienta ArcGIS, da un análisis profundo de la problemática la cual se interrelaciona entre la vulnerabilidad hidrológica, variabilidad climática, aspectos ambientales (vegetación, tipo de suelo, relieve), esto para entender visualmente la relación entre las variables y la complejidad de la relación que existe en los diferentes factores, para dar un análisis, la solución, la propuesta, que dará como

---

<sup>118</sup> Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>

resultado de la creación de los mapas digitales a partir de los SIG's. Así, entre las ventajas del SIG's, es que permiten hacer modelos predictivos los cuales, para esta investigación sobre la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, nos dará una idea clara del territorio, para identificar los riesgos y las problemáticas que conllevan identificando las principales características, todo esto siendo parte del método geográfico.

La visualización de datos, es de gran importancia no solo en el campo del SIG's, sino en todo el ámbito científico en general. Las aplicaciones existentes para la visualización de datos en los SIG's en cuanto a sus capacidades, representan una gran herramienta en el manejo de datos y la interacción entre el usuario y la representación<sup>119</sup>.

Con lo anterior, se dan herramientas para la planificación o gestión, útiles para atacar la problemática a partir de una la información integrada representada en mapas digitales para una posterior toma de decisiones para el desarrollo de una propuesta integral que disminuya, el grado de vulnerabilidad hidrológica en Iztapalapa.

---

<sup>119</sup> Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>

## 2. Pérdida del suelo de conservación y áreas verdes en Iztapalapa

La Ciudad de México, como cualquier gran capital del mundo debe tener una conectividad con sus áreas verdes urbanas y en caso de la ciudad, con el suelo de conservación el cual es según la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), un aporte a la biodiversidad de flora y fauna indispensable para la sustentabilidad y servicios ambientales para la ciudad, ya que de ellas dependen importantes aspectos sociales, ambientales y de embellecimiento del paisaje.

La CDMX, tiene 38,000 ha de áreas verdes (arbolado, pastos arbustos) la mayoría de ellas en cuatro alcaldías del sur y una en el poniente de la ciudad, esto significa que habitantes de las otras doce alcaldías carecen de áreas verdes de espacios públicos y de esparcimiento (tabla 10). Varias alcaldías que crecieron sin ningún control territorial como ambiental, fueron propiciando una alta sobrepoblación, esto dando como consecuencia el aumento de la mancha urbana, en efecto una deficiencia de áreas verdes alcanzando sólo 2 m<sup>2</sup> por habitante, teniendo repercusiones en la población tanto ambientales, como sociales.

Alcaldías	Superficie y kilómetros cuadrados km <sup>2</sup>	Total, de áreas verdes m <sup>2</sup>	Arbolado m <sup>2</sup>	Pastos, arbustos y áreas deportivas m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /hab de áreas verdes	m <sup>2</sup> /hab de arbolado
Álvaro Obregón	80.94	31,148,290	22,664,412	8,483,878	26.66	19.2
Azcapotzalco	33.57	4,556,612	3,640,155	816,457	10.48	8.6
Benito Juárez	26.77	2,953,281	2,860,400	92,881	8.32	8.1
Coyoacán	54.02	14,880,827	11,301,298	3,579,529	23.69	18.0
Cuajimalpa	74.55	50,379,762	42,561,717	7,818,044	32.83	16.8
Cauhtémoc	32.49	3,662,124	3,165,789	496,335	7.02	6.1
Gustavo A. Madero	87.78	19,250,490	10,036,296	9,214,195	8.45	5.0
Iztacalco	23.08	2,885,195	1,748,999	1,136,204	7.30	4.4
<b>Iztapalapa</b>	<b>113.25</b>	<b>18,613,990</b>	<b>6,151,120</b>	<b>12,462,870</b>	<b>7.13</b>	<b>3.1</b>
Magdalena Contreras	75.57	57,611,083	51,818,352	5,792,731	16.51	13.8
Miguel Hidalgo	46.99	14,673,613	12,439,308	2,234,305	41.51	35.2
Milpa alta	282.72	176,831,505	135,506,673	41,324,831	26.45	23.4
Tláhuac	85.65	11,013,140	901,222	10,111,917	7.95	3.2
Tlalpan	307.84	168,352,603	139,097,462	29,255,141	23.45	19.1
Venustiano Carranza	33.89	6,044,086	2,631,040	3,413,046	13.51	5.9
Xochimilco	126.56	34,977,404	14,608,902	20,368,502	23.59	13.9

Tabla 10. Índice de áreas verdes en el suelo urbano. Elaboración propia, con datos de la PAOT (2010)

Estas cifras reflejan la distribución de las áreas verdes dentro de la ciudad de México, lo que respecta Iztapalapa va a diferir más adelante, mostrando que son escasas y no cuentan con la suficiente cantidad en m<sup>2</sup>.

Según la Norma Ambiental para el Distrito Federal, ahora Ciudad de México, la NADF-006-RNAT-2004, define como áreas verdes: a toda superficie cubierta de vegetación natural o inducida, localizada en bienes del dominio público de la CDMX se consideran áreas verdes: “Parques y jardines; arbolado; jardinerías; zonas con cualquier cubierta vegetal en la vía pública; así como área o estructura con cualquier cubierta vegetal o tecnología ecológica instalada en azoteas de edificaciones; alamedas y arboledas; promontorios, cerros, colinas, elevaciones y depresiones orográficas, pastizales naturales y áreas rurales de producción forestal, agroindustrial o que presten servicios ecoturísticos; zonas de recarga de mantos acuíferos<sup>120</sup>.

Por ello la importancia del suelo de conservación y las áreas verdes.

- Permiten la conservación de la biodiversidad.
- Regulan el clima y reducen los efectos de las llamadas islas de calor.
- Detienen el polvo y partículas suspendidas.
- Amortiguan y disminuyen los niveles de ruido.
- Contribuyen en la remoción de la contaminación del aire y a la generación de oxígeno.
- Los árboles mejoran las condiciones del suelo ya que la mayoría de ellos son generadores de hojarasca y mantienen la humedad.
- Evitan la erosión, propician el desarrollo de fauna, dándole refugio, protección y alimento.

Es importante que exista la absorción del agua para la recarga de los acuíferos, lo cual es un problema para Iztapalapa, puesto que, la mayor parte de la superficie está invadida por pavimento y cemento, esto hace que no haya retención de agua subterránea, por lo tanto, se generan hundimientos e inundaciones, lo que provoca que ésta alcaldía, sea una de la más rezagada en cuanto a áreas verdes en la

---

<sup>120</sup> Norma Ambiental para el Distrito Federal, Gaceta Oficial del Distrito Federal, NADF-006-RNAT-2004, 18 de noviembre de 2005.

CDMX, que está por debajo de las demarcaciones internacionales afectando la calidad de vida de los habitantes.

En Iztapalapa vive una población de 1 815 786 habitantes, consta de una superficie de 12 236 961 de m<sup>2</sup> de áreas verdes, dando como resultado un m<sup>2</sup> de área verde por habitante (situación crítica ya que, de acuerdo a la OMS, el índice va de 9 a 16 m<sup>2</sup> por habitante), comprendiendo jardines, camellones, corredores, parques, pastos, arbolado y plazas. Una situación grave teniendo en cuenta que solo el 27% del total de la superficie de áreas verdes en Iztapalapa es arbolado y el resto lo componen pastos y arbustos.



Mapa 24. Índice de áreas verdes por habitante por colonia en Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de la PAOT, USGS, INEGI

De acuerdo a la PAOT, se tienen tres índices de medición de m<sup>2</sup> por habitante de áreas verdes (mapa 24) las cuales están zonificadas y tienen un rango de 0 a 8 m<sup>2</sup>/hab, 8.1 a 13 m<sup>2</sup>/hab y 13.1 a 18 m<sup>2</sup>/hab. En Iztapalapa, ésta medida se encuentra por debajo de la recomendación de la OMS, (Organización Mundial de la Salud) recomienda al menos 9 m<sup>2</sup> por habitante. Iztapalapa en donde viven poco

más de 1.8 millones de habitantes, cuenta por mucho tan solo con 3.1 m<sup>2</sup> de área verde por habitante<sup>121</sup>.

Iztapalapa, presenta un déficit de áreas verdes para sus habitantes. De acuerdo con información de la SEDEMA, el total de áreas verdes de Iztapalapa es de 113.37 km<sup>2</sup>, lo que resulta en 0 m<sup>2</sup> a 3.1 m<sup>2</sup> por habitante. Debido a que en los últimos 30 años ha perdido más de 90% de sus reservas territoriales, ecológicas y agrícolas. Cuando la OMS, recomienda de 9 m<sup>2</sup> a 16 m<sup>2</sup>, contrastando con otras alcaldías como Álvaro Obregón donde se estiman zonas de hasta 40 m<sup>2</sup>. Se muestra una desigualdad entre estas dos alcaldías, pues Iztapalapa se encuentra rezagada en cuanto a cantidad de áreas verdes.

Actualmente, en la CDMX están decretadas veintitrés Áreas Naturales Protegidas (ANP's), que hacen en total de 5 943 ha. En la ciudad, representan el 4% del total de la superficie y un Área Comunitaria de Conservación Ecológica, las cuales abarcan una superficie de 26 047 ha, que representan 17% del suelo de conservación de la CDMX<sup>122</sup>.

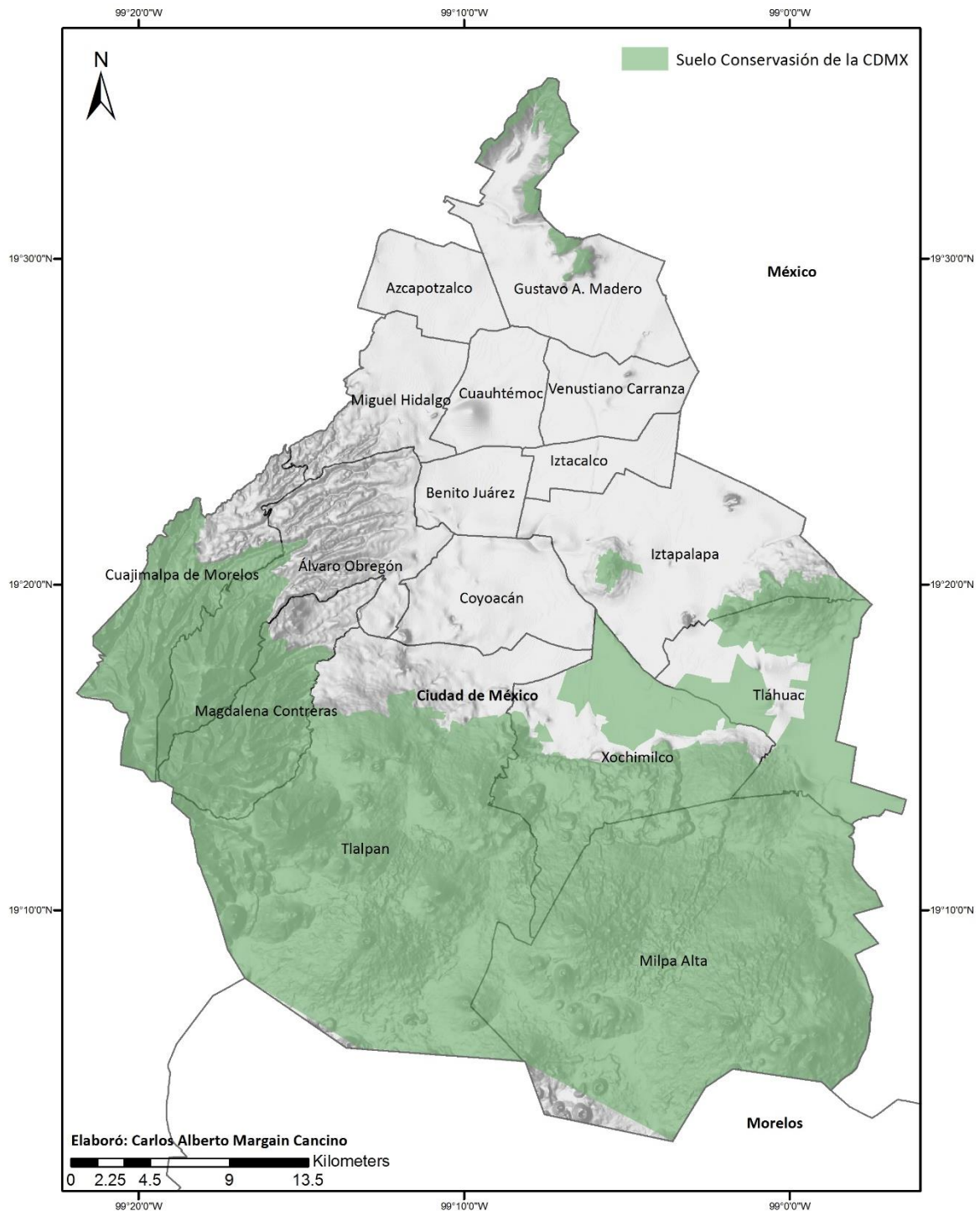
El suelo de conservación, es un término propio en el contexto de la Ciudad de México, que constituye el patrimonio natural del cual depende la sobrevivencia y bienestar de las generaciones futuras de la CDMX, ya que esta zona proporciona bienes y servicios ambientales que permiten la viabilidad de la ciudad, entre los que se encuentran: la captación e infiltración de agua a los mantos acuíferos, la regulación del clima, el mejoramiento de la calidad del aire, hábitat para la biodiversidad, investigación, recreación, producción de alimentos y materias primas, entre otros.

---

<sup>121</sup> PAOT. (2010 a). Presente y futuro de las áreas verdes y el arbolado en la Ciudad de México. Ciudad de México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial.

<sup>122</sup> SEDEMA. (2019). Suelo de Conservación. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Gobierno de la Ciudad de México Sitio web: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/suelo-de-conservacion>

El suelo de conservación abarca el 59%, mientras que el restante pertenece al territorio urbanizado dentro de la Ciudad de México (Mapa 25) pero este porcentaje respecto al suelo de conservación va decreciendo por diversos factores que se retomarán más adelante de la tesis.



**Mapa 25. Suelo de Conservación de la Ciudad de México. Elaboración propia, con datos de CONABIO, INEGI**

De continuar la pérdida del suelo de conservación, es posible que se pongan en riesgo los servicios ecosistémicos de la ciudad, a los cuales no se ha dado la importancia necesaria por parte de la sociedad; pues pudiera disminuir la producción de recursos y servicios ecosistémicos (servicios ambientales) que son los procesos de los ecosistemas que suministran a la humanidad una gran e importante gama de servicios gratuitos como la regulación del clima, conservación de los suelos y la recarga de los acuíferos por mencionar algunos; se podría afectar aún más la capacidad de recarga del acuífero y aumentaría la contaminación ambiental y los efectos del cambio climático<sup>123</sup>.

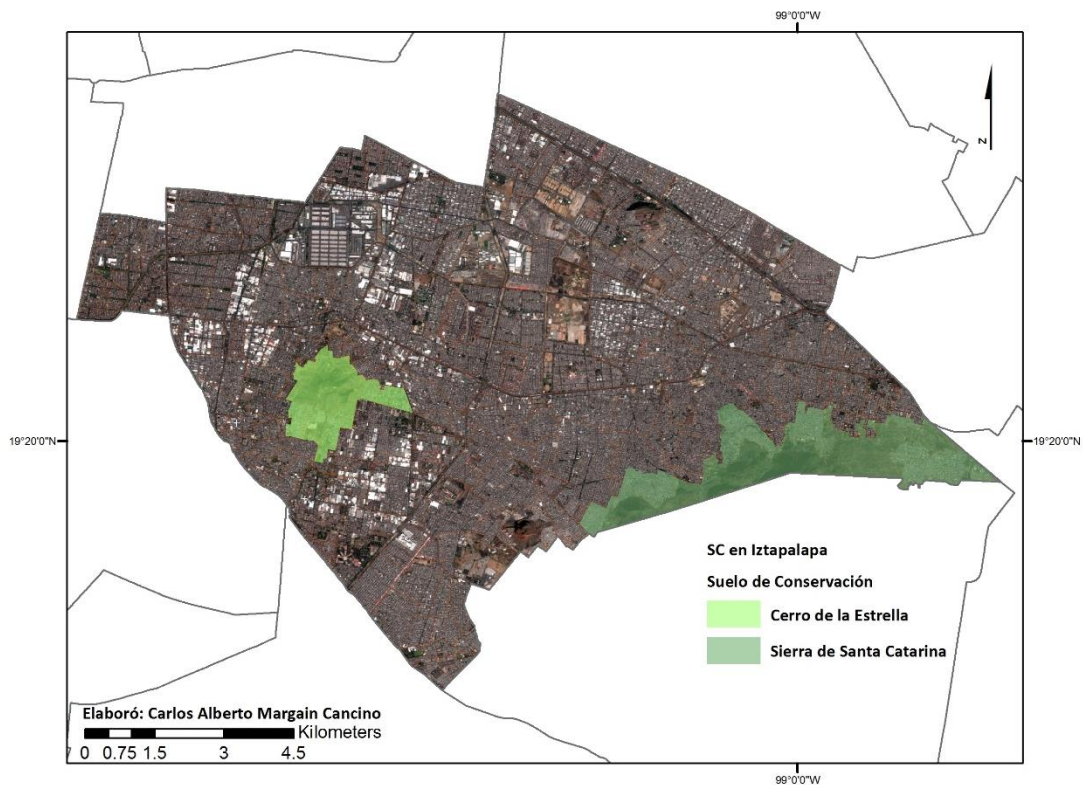
En Iztapalapa, solo existen dos grandes zonas de arbolado, las cuales son el cerro de la Estrella y el deportivo Cuitláhuac, que suman cerca de 100 000 m<sup>2</sup> de áreas verdes. La parte más gris de la demarcación se encuentra en la zona del periférico hasta las colindancias con el Estado de México en la zona oriente en los territoriales de Ermita Iztapalapa y la Sierra de Santa Catarina, ésta última conformada prácticamente por roca ígnea sin arbolado. La parte centro de Iztapalapa, es la más verde, con la presencia del cerro de la Estrella y la zona de reserva.

El suelo de conservación de la CDMX, representa más de la mitad de la superficie de la ciudad, lo que respecta al territorio de Iztapalapa son las zonas del cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, los cuales están permanentemente amenazados por el crecimiento de la mancha urbana, que son las únicas reservas ecológicas del territorio de Iztapalapa. La presencia de asentamientos humanos irregulares, así como el desarrollo inmobiliario, han contribuido a que la urbanización se desplace hacia las zonas rurales<sup>124</sup>, como es el sur de la ciudad asentándose las poblaciones, aunque estén expuestas al riesgo, eventos meteorológicos extremos como lo son las lluvias intensas.

---

<sup>123</sup> SEDEMA. (2016). Suelo de conservación. Ciudad de México: SEDEMA.

<sup>124</sup> SEDEMA. (2019). Suelo de Conservación. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Gobierno de la Ciudad de México Sitio web: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/suelo-de-conservacion>



Mapa 26. Suelo de Conservación de Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de la PAOT, USGS, INEGI

El suelo de conservación que se encuentra dentro de la alcaldía de Iztapalapa, lo integran dos Áreas Naturales Protegidas que son: cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, esta última que comparte territorio con la alcaldía Tláhuac (mapa 26). A pesar de ser un área protegida, dichos espacios se han visto ocupados por asentamientos humanos irregulares, a tal grado que la densidad de población rebasa los 9 mil habitantes por km<sup>2</sup> en suelo de conservación<sup>125</sup>. En la siguiente (tabla 11) se muestran las características del suelo de conservación que existe dentro del territorio de Iztapalapa:

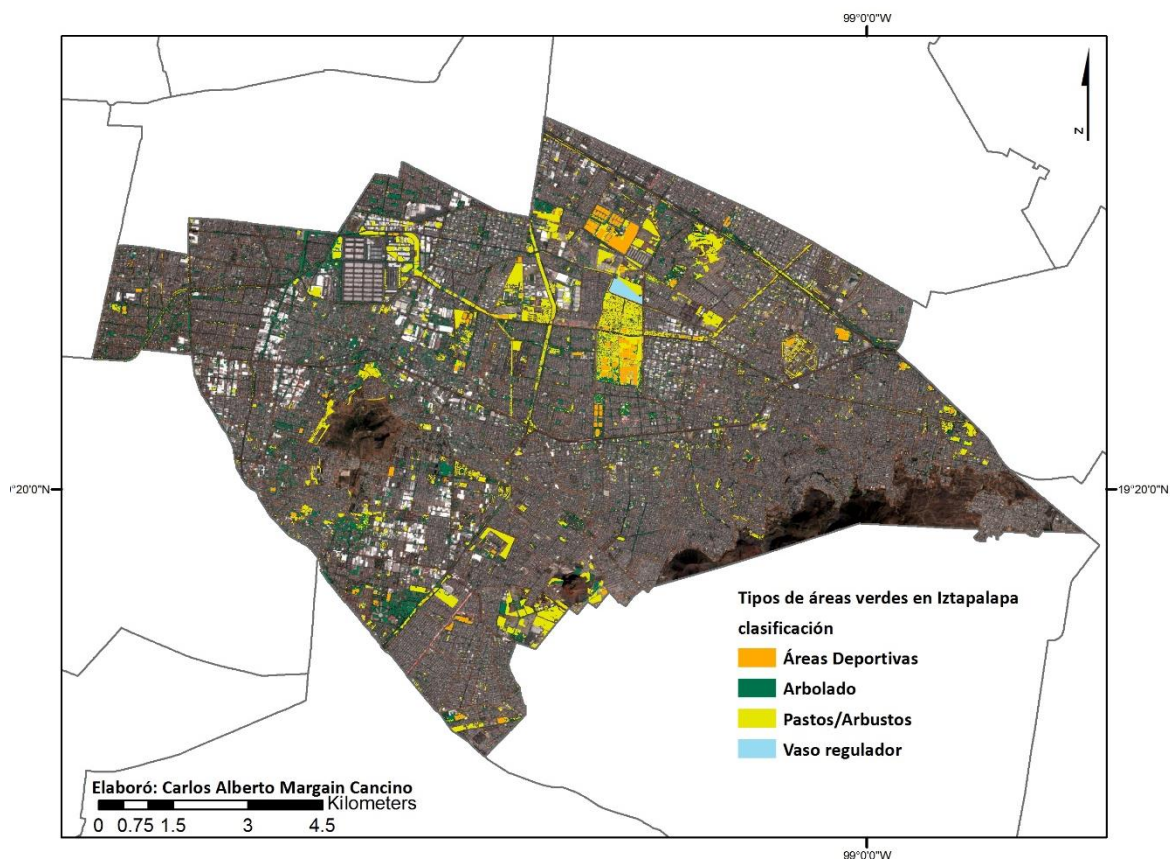
Nombre	Fecha de decreto	Localización	Tamaño de superficie Ha	administración	Tipo de vegetación
<b>Sierra de Santa Catarina</b>	21/10/2003 GODF	Alcaldía Iztapalapa y Tláhuac	2 166 ha	DGCORENA	Pastizal, matorral xerófilo
<b>Cerro de la Estrella</b>	24/10/1938 DOF	Alcaldía Iztapalapa	1 100 ha	SEMARNAT	Bosque artificial de eucalipto - cedro y matorral xerófilo

Tabla 11. Elaboración propia, con datos de la PAOT, (2010)

<sup>125</sup> PAOT. (2010). Presente y futuro de las áreas verdes y el arbolado en la Ciudad de México. Ciudad de México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial.

El cuanto a las áreas verdes en la alcaldía no existe gran diversidad de especies sobre el arbolado (mapa 27), éste en su mayoría consta de eucaliptos (vegetación inducida), pinos, ahuehuetes, pirules entre otros, que la mayor parte se encuentra en avenidas principales, parques, deportivos, camellones o suelo de conservación y la otra parte son prácticamente de arbustos y pastos. La falta de corredores verdes es visible, lo cual genera un impacto al paisaje y a la calidad de vida de la población, por no contar con los servicios ambientales suficientes, así como de zonas de recreación.

Las áreas verdes de Iztapalapa, constituyen para muchos ciudadanos, el único recurso ambiental dentro de la alcaldía como también los microclimas que éstas generan. Las áreas verdes peligran no sólo por causas antropogénicas, sino también, por los efectos que el cambio climático crea, alterado su conservación debido a los daños causados por el aumento de las temperaturas, contaminación atmosférica o la escasez de recursos hídricos (estas dos últimas causadas por actividades antrópicas y el cambio climático).



Mapa 27. Tipo de áreas verdes y zonas deportivas en Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de la PAOT, USGS, INEGI

Como se mencionó anteriormente, el déficit de áreas verdes en el territorio es excesivo, ya que sólo cuenta respecto a áreas verdes Iztapalapa por habitante, con una media entre 0 m<sup>2</sup>/hab. a 3.1 m<sup>2</sup>/hab. Del total de superficie de áreas verdes, se tiene sólo el 27% de arbolado y el resto lo componen pastos y arbustos. Esto genera una importante presión sobre el territorio urbano, dejando poco espacio para las áreas verdes, constantemente amenazadas por nuevos proyectos de urbanización, asociados a la falta de un ordenamiento territorial que determine y proteja el espacio verde.

Se puede decir, en general que las áreas verdes de la ciudad, se encuentran en un acelerado proceso de degradación, producto de los impactos antropogénicos y la variabilidad climática como: el cambio de uso de suelo, el aumento de la mancha urbana, la infraestructura (transporte, vivienda, comercio) que ha dado como resultado menor o nula recarga de los mantos acuíferos, lo cual minimiza la subsistencia de las aguas subterráneas de la cuenca del Valle de México.

Lamentablemente por los factores antes mencionados, han disminuido los espacios en Iztapalapa para crear mayores áreas verdes, ante esta situación el gobierno local se debe dar a la tarea de crear zonas de arbolado y esparcimiento sobre camellones o deportivos siendo éstos lugares donde hay remanentes de áreas verdes. El desarrollo de los asentamientos humanos, la infraestructura y los desarrollos habitacionales, han provocado que las áreas verdes se reduzcan a espacios mínimos, con esto se deben gestionar espacios públicos de esparcimiento sobre áreas verdes de forma obligatoria, por una determinada cantidad de territorio para una distribución igualitaria hacia a población.

Uno de los grandes retos que enfrenta la CDMX y por lo tanto Iztapalapa, es impulsar el desarrollo de un sistema de áreas verdes (parques, jardines, suelo de conservación, corredores verdes y áreas naturales protegidas).

Un caso importante respecto a las áreas verdes y su implementación para que haya un beneficio hacia la población, se dio en la ciudad de Bogotá, Colombia, donde se creó un sistema bajo el concepto de parques metropolitanos. Ellos integran un sistema hídrico con el espacio público construido en la ciudad, no sólo para recreación sino como una estrategia que permite implementar corredores verdes que sirvan como conectores entre los cerros y el río Bogotá, con una función

ecosistémica. Este sistema de áreas verdes (imagen 5) muestra del lado izquierdo las áreas verdes inmersas en la zona urbana, las cuales no tienen conexión con las áreas que rodean a las ciudades. Respecto al lado derecho, las áreas verdes ubicadas al interior de las ciudades se conectan con las áreas verdes perimetrales a través de corredores verdes, fomentando la tendencia de funcionalidad ecosistémica<sup>126</sup>.

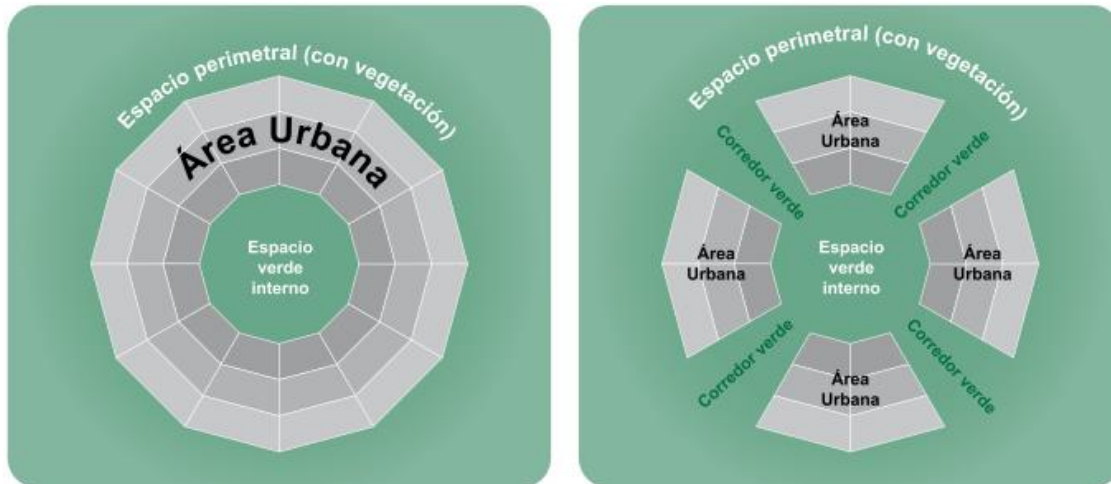


Imagen 5. Áreas verdes dentro de la zona urbana e interconexión de las áreas verdes con la ciudad. Tomado de la PAOT (2010)

<sup>126</sup> PAOT. (2010). Presente y futuro de las áreas verdes y el arbolado en la Ciudad de México. Ciudad de México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial.

### 3. Iztapalapa ante la vulnerabilidad hidrológica

---

La vulnerabilidad hídrica o hidrológica, es un proceso que conlleva a situaciones críticas y algunas veces irreversibles en torno a la disponibilidad del agua que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas, tales como a la escasez del agua, como también la variabilidad climática por eventos hidrometeorológicos extremos que son cambios en el patrón de precipitación que conllevan desde sequías hasta inundaciones, con esto se da el concepto de la vulnerabilidad hidrológica<sup>127</sup>.

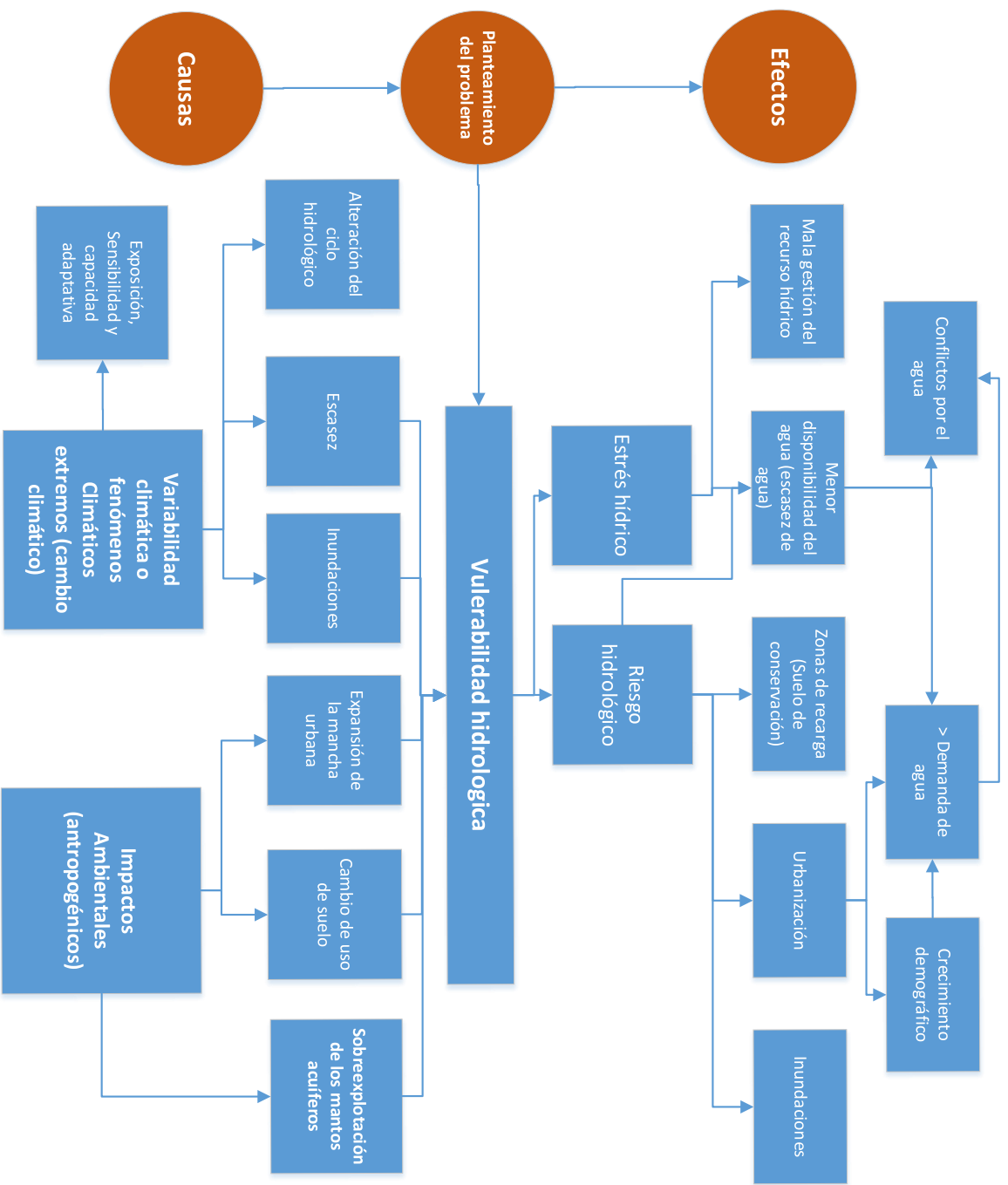
Blaikie (1998), menciona respecto al concepto de vulnerabilidad, en la cual afirma que las amenazas no son naturales, sino son los sistemas sociales y políticos que crean las condiciones en las cuales las amenazas tienen un impacto diferencial sobre diferentes grupos sociales. La naturaleza forma parte de la estructura social de la sociedad, a través de la utilización de los recursos naturales para las actividades económicas, y las amenazas que están entrelazadas con los sistemas humanos al afectar los medios de vida de las poblaciones<sup>128</sup>.

Por otro lado, Ávila (2008), describe a la vulnerabilidad como un estado en el que se puede ser herido o lesionado física o moralmente. Para que el daño ocurra deben presentarse las siguientes condiciones: Un hecho que genere un riesgo; y una incapacidad de respuesta frente a esa contingencia, impacto; y una inhabilidad de adaptación a nuevo escenario generado por la materialización del riesgo. Las poblaciones se concentran más en las zonas urbanas que en las rurales, el aumento demográfico genera presión hídrica, la cual así crea una vulnerabilidad social susceptible a un estrés hídrico, sumada a la variabilidad climática como la escasez y las inundaciones, se crea una vulnerabilidad hidrológica. Así, en base a la vulnerabilidad hidrológica, se realizó (esquema 4) la construcción de la complejidad que conlleva esta problemática, donde se representan las causas y efectos de la vulnerabilidad hidrológica siendo los impactos antropogénicos y la variabilidad climática las causas esenciales de la vulnerabilidad hídrica.

---

<sup>127</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC)

<sup>128</sup> IMTA. (2015). Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.



Esquema 4. Esquema sobre la vulnerabilidad hidrológica por sus respectivas causas y posteriores consecuencias. Elaboración propia.

La vulnerabilidad y seguridad hídrica, son dos conceptos que están estrechamente relacionados. Respecto al indicador de la vulnerabilidad mide el riesgo y daño que los procesos biofísicos y sociales pueden ocasionar a la población y a los ecosistemas, esto en materia de agua se da la vulnerabilidad hidrológica, por otra parte, “la seguridad hídrica muestra la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua, la conservación y el uso sustentable de los ecosistemas acuáticos y terrestres; así como la capacidad para producir alimentos sin atentar contra la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles, y los mecanismos y regulaciones sociales para reducir y manejar los conflictos o disputas por el agua”<sup>129</sup>

Iztapalapa, carece en gran parte de disponibilidad del agua, lo que genera vulnerabilidad por disponibilidad lo cual se define como “el volumen de agua superficial y subterránea potencialmente aprovechable con respecto al total de la población”. La relación entre disponibilidad del agua superficial y subterránea con respecto a los diferentes usos humano, domésticos, comercios e industrial, es lo que se conoce como presión o estrés hídrico, este último es lo que se vive en Iztapalapa, una gran demanda del recurso hídrico por parte de la población, ya que se sabe que es la alcaldía, donde se concentra una mayor población en relación a otras alcaldías de la CDMX<sup>130</sup>.

En un plano actual la Ciudad de México, como la alcaldía de Iztapalapa, se obtiene el agua del acuífero debajo de la ciudad, como también es importada por los Sistemas Lerma y Cutzamala desde una distancia de 150 km de distancia, bombeándola a 1 100 m de altura para que pueda llegar a la ciudad<sup>131</sup>.

En México, la distribución del agua es desigual, contar con tubería no implica tener agua potable. Según datos de Red de Agua UNAM (2019), en el país el 91% de la población cuenta con infraestructura para recibir agua potable distribuyéndose de la siguiente forma:

---

<sup>129</sup> Ávila, P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias*, 46-57.

<sup>130</sup> Ibidem.

<sup>131</sup> CONAGUA. (2012). Acciones de infraestructura de drenaje y robustecimiento en el Valle de México 2012-2017. Ciudad de México: SEMARNAT.

- 47% recibe agua directamente;
- 44% de la población no la recibe directamente (por pipas, por tandeo o su ubicación de la fuente es muy lejana de donde reside la población) y;
- 9% de la población no tiene acceso<sup>132</sup>.

Cabe resaltar que, en México se encuentra que la cobertura del agua potable es alta (91%), sin embargo, se debe de aclarar que estos datos se refieren únicamente a la infraestructura y no al servicio en sí.

En la CDMX, existe una mala distribución del abastecimiento de agua hacia los habitantes, por lo cual se deben de recurrir al servicio de pipas o por tandeo en algunas alcaldías. La Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México, realizó una lista de 286 colonias donde el subministro del agua es por tandeo (tabla 12) y que a la fecha existen algunas colonias que reciben el agua a través de tandeo<sup>133</sup>.

Colonias por alcaldía	Alcaldías
94	Tlalpan
59	Iztapalapa
30	Magdalena Contreras
27	Tláhuac
24	Gustavo A. Madero
16	Xochimilco
14	Cuajimalpa
13	Álvaro Obregón
5	Coyoacán
4	Milpa Alta

**Tabla 12. Distribución del agua por tandeo en colonias. Elaboración propia, con datos de Publimetro (2017)**

<sup>132</sup> UNAM. (2019). Distribución del agua en México. Recuperado el 19 de abril de 2019, de Xochimilco de 2019, de UNAM Sitio web: [http://www.agua.unam.mx/sitios\\_interes.html](http://www.agua.unam.mx/sitios_interes.html)

<sup>133</sup> Notimex. (2017). Estas son las colonias de la CDMX donde se cobrará el agua por tandeo. Recuperado el 19 de abril de 2019, de publimetro Sitio web: <https://www.publimetro.com.mx/mx/noticias/2017/04/26/estas-son-colonias-cdmx-se-cobrara-agua-tandeo.html>

Una situación que se suscitó a finales del año 2018, respecto al tandeo en general dentro de la CDMX y en el Estado de México, es que se dio un corte masivo en estas entidades por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y la Comisión del Agua del Estado de México, donde informaron que las interrupciones en el servicio de agua potable afectarían a cerca de 5 millones de habitantes, dado por el mantenimiento en el Acueducto Ramal Tláhuac entre el 20 al 23 de septiembre, el cual sufre daños desde el sismo del 19 de septiembre de 2017, mismo que afectó principalmente a las alcaldías de Iztapalapa, Tláhuac y el municipio de Nezahualcóyotl el cual impactó a alrededor de 275 mil personas; otro corte fue por el mantenimiento en la Planta Fierro Manganeso, entre el 2 al 5 de octubre que dejó sin agua a 13 colonias del municipio Nezahualcóyotl sumando aproximadamente a 200 000 habitantes sin agua; el último corte y más importante que afectó a 4 500 000 de habitantes, fue del 31 de octubre al 4 de noviembre en 3 municipios y las 13 alcaldías a las que distribuye agua el Sistema Cutzamala, dando el mantenimiento a este último<sup>134</sup>. Este evento suscitado en la ciudad y sus demarcaciones colapso a la población en materia de agua, dando un ejemplo de que sin el vital líquido existen afectaciones en la forma de vida y en las actividades que se desarrollan dentro de la ciudad lo cual genera impactos negativos.

Respecto a Iztapalapa, se tomaron medidas más amplias por su vulnerabilidad hidrológica, respecto al corte general del 2018, pues se implementaron operativos con 150 pipas para suministrar el recurso a la población<sup>135</sup>; lo cual retomando la tabla 12 de distribución del agua por tandeo en colonias, la cantidad de pipas normalmente es de 59 para la alcaldía, lo cual es una cantidad insuficiente para toda Iztapalapa, reafirmando con esto la falta de agua y su distribución en el territorio.

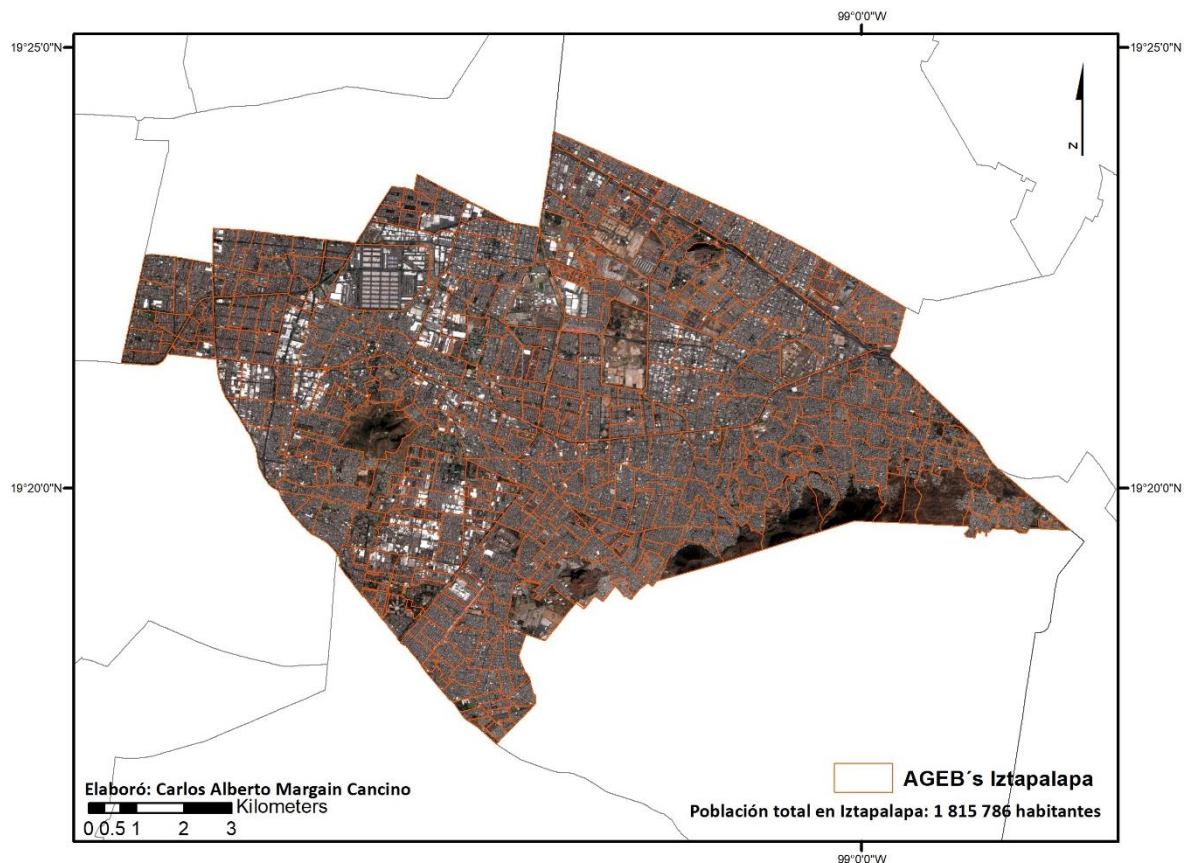
De acuerdo INEGI (2015), en la alcaldía de Iztapalapa habitan un total de 1 827 868 personas, de los cuales 880,998 son hombres (48.5%) y 934 788 son mujeres (51.5%). Del cual, Iztapalapa cuenta con 186 Unidades Territoriales a nivel de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB's) (mapa 28), éstas construidas con fines

---

<sup>134</sup> Medina A. (2018). Habrá tres cortes de agua masivos en CDMX. ¡Toma precauciones!. recuperado el 1 de mayo de 2019, de Somos CDMX Sitio web: <https://somoscdmx.com/noticias/habra-tres-cortes-de-agua-masivos-en-cdmx/2018/09/>

<sup>135</sup> Ibidem.

operativos censales que son de mucho menor dimensión tanto territorial como poblacional respecto al municipio, y se forman a partir de las localidades, de las cuales 65 de ellas, presentan una marginación muy alta, 46 una marginación media y 45 se presentan con alta marginación. Por otro lado, se encuentran 15 Unidades Territoriales con 107 638 habitantes, las cuales presentan grados de marginación baja y los 15 restantes con 71 471 habitantes, presentan una marginación muy baja.



**Mapa 28. Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB's). Elaboración propia con datos de INEGI, USGS**

Lo anterior, pone de manifiesto las condiciones de carencias en las que habita el 21% de la población del CDMX<sup>136</sup>, siendo esta población que carece más del recurso hídrico.

En Iztapalapa por otro lado, la mala calidad del agua debido a la ineficiencia del sistema de potabilización por las condiciones de los pozos de donde se extrae, lo cual obliga a la población a comprar agua de garrafón para beber e incluso, el agua

<sup>136</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

que se recibe en la red provoca daños a la salud. El agua de Iztapalapa, requiere de sistemas más eficientes de potabilización, como también hay algunos pozos en donde el problema es básicamente, el color amarillento por su alto contenido de hierro<sup>137</sup>.

Estas situaciones colocan a la población afectada a una marginación respecto al recurso hídrico, lo cual minimiza la calidad de vida sobre el recurso hídrico, y a su vez, va en contra del derecho humano al agua, el cual es universal y debería ser equitativo.

Los mexicanos gastamos más de 45 mil millones de pesos al año en la compra de agua embotellada, siendo este país, el principal comprador de agua embotellada a nivel mundial. El hábito de consumir agua “purificada”, está tan arraigado en los mexicanos que aún los hogares de bajos ingresos buscan opciones que consideran mejores que el agua de la llave, y el agua purificada de las purificadoras es la única, a la que pueden acceder debido a su bajo costo, esto siendo recurrente en Iztapalapa. Para el 2016, sus ventas abarcaron 52% del total de las ventas de agua embotellada en México<sup>138</sup>.

Éstas purificadoras, se concentran principalmente en dos entidades federativas, Ciudad de México con 922 negocios, Estado de México que cuenta con 2 051, que son el 30% del total del país. Su distribución geográfica en estos dos estados, se caracteriza por estar concentradas en las zonas más pobladas y de menores ingresos. En el Estado de México, el mayor número de purificadoras se ubica en Ecatepec de Morelos, con 1 656 107 y en Nezahualcóyotl 1 110 565, que son los municipios más poblados, y también concentran el mayor número de personas en pobreza extrema, de acuerdo con el Coneval. En el caso de la Ciudad de México, también se observa una gran concentración, principalmente Iztapalapa, con 37.3%, seguida de Gustavo A. Madero con 10.6% e Iztacalco con 5.4%, las tres delegaciones concentran 53% del total<sup>139</sup>. En el país el 78% de la población

---

<sup>137</sup> Agua.org.mx. (2007). Iztapalapa ofrece agua de “mala calidad”. Recuperado el 4 de mayo de 2019, de Fondo para la comunicación y educación ambiental A.C. Sitio web: <https://agua.org.mx/iztapalapa-ofrece-agua-de-mala-calidad/>

<sup>138</sup> Montero D. (2017). Purificadoras de agua y consumo masivo: el agua de los pobres. Recuperado el 19 de abril de 2019, de agua.org.mx Sitio web: <https://agua.org.mx/purificadoras-agua-consumo-masivo-agua-los-pobres/>

<sup>139</sup> Ibidem.

consume agua embotellada, y paga por este servicio \$150 pesos mensuales promedio al mes<sup>140</sup>.

Las purificadoras, son pequeños negocios que se dedican a la desinfección, embotellamiento y distribución de agua en garrafones de 20 litros, operan de forma local y su precio oscila entre los 7 y 15 pesos, esto sólo con lo que respecta, a las purificadoras locales, ya que en empresas como electropura o bonafon, los precios son más altos, oscilando entre 18 a 30 pesos. El funcionamiento de muchas purificadoras es irregular, ya que no están registradas y no todas cumplen con la norma sanitaria establecida. Todo este consumo inducido se ha vuelto una necesidad no sólo en Iztapalapa, sino en todo el país<sup>141</sup>.

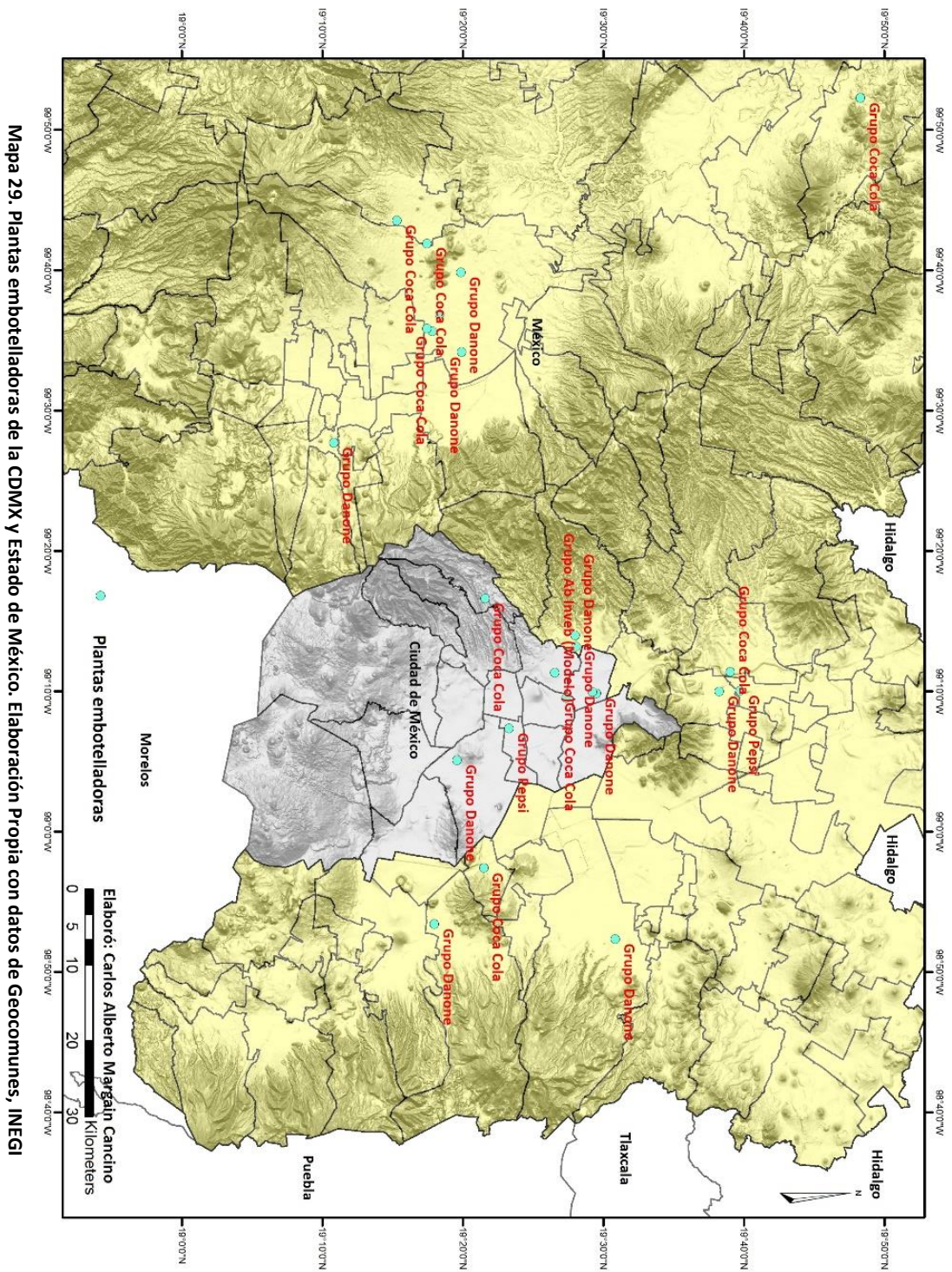
Un dato importante a resaltar, es la inserción del agua embotellada en México. Esta se da a partir del sismo de 1985 como parte de la ayuda de instancias internacionales las cuales proporcionaban agua embotellada a los afectados por el sismo, tomando esto las empresas nacionales e internacionales como oportunidad, ya que las afectaciones a la infraestructura en la red de agua de la ciudad fueron graves, así se empezó a comercializar el agua, que anterior a este evento, mayormente se tomaba directamente de la llave sin necesidad de un consumo por compra. Aún ya restablecida la red, el consumo de agua embotellada no cedió, ya se había establecido creando una necesidad e implantando que ese tipo de agua era la mejor para el consumo humano.

Lo que respecta la Ciudad de México y el Estado de México, las plantas embotelladoras (mapa 29), donde los grupos o empresas dueños de estos son: Grupo Coca Cola, Danone, Pepsi, Ab Inveb (Modelo) y grupo Heineken (Cuauhtémoc Moctezuma). Dichas empresas están concesionadas para la extracción de agua, en zonas donde existe poca disponibilidad del agua, como en la alcaldía de Iztapalapa.

---

<sup>140</sup> UNAM. (2019). Distribución del agua en México. Recuperado el 19 de abril de 2019, de Xochimilil de 2019, de UNAM Sitio web: [http://www.agua.unam.mx/sitios\\_interes.html](http://www.agua.unam.mx/sitios_interes.html)

<sup>141</sup> Montero D. (2017). Purificadoras de agua y consumo masivo: el agua de los pobres. Recuperado el 19 de abril de 2019, de agua.org.mx Sitio web: <https://agua.org.mx/purificadoras-agua-consumo-masivo-agua-los-pobres/>



Mapa 29. Plantas embotelladoras de la CDMX y Estado de México. Elaboración Propia con datos de Geocomunes, INEGI

Durante el período 2007-2012, en Iztapalapa se invirtieron 2,472 millones de pesos, en diversas obras para mejorar la cantidad y la calidad de agua ofrecida en esa alcaldía, entre las que sobresalen: la inversión de 946 millones de pesos para rehabilitar; 785 kilómetros de red; 192 millones de pesos en la reposición de 22 pozos; para mejorar la calidad del agua se construyeron 7 plantas potabilizadoras con capacidad de 2 310 lts/s con una inversión de 657 millones de pesos; se rehabilitaron 20 plantas potabilizadoras con una capacidad de 1 060 lts/s<sup>142</sup>. Con esto, se tiene un panorama de que Iztapalapa cuenta con mayor disponibilidad y mejor calidad de agua.

Uno de los problemas fundamentales del desabasto del agua en Iztapalapa, es la forma como se distribuye el recurso en la ciudad. La CDMX, tiene tres fuentes de abastecimiento del recurso hídrico: alrededor de 700 pozos (agua subterránea) y los sistemas Cutzamala y Lerma (tabla 13).

Los 80 pozos que existen en Iztapalapa, no son suficientes para cubrir la demanda, además que algunos dejaron de funcionar desde hace tiempo (mapa 30). En promedio la extracción de dichos pozos es de un volumen de 137 000 m<sup>3</sup>, siendo estos pozos los que distribuyen la alcaldía, disminuyendo la disponibilidad del agua.

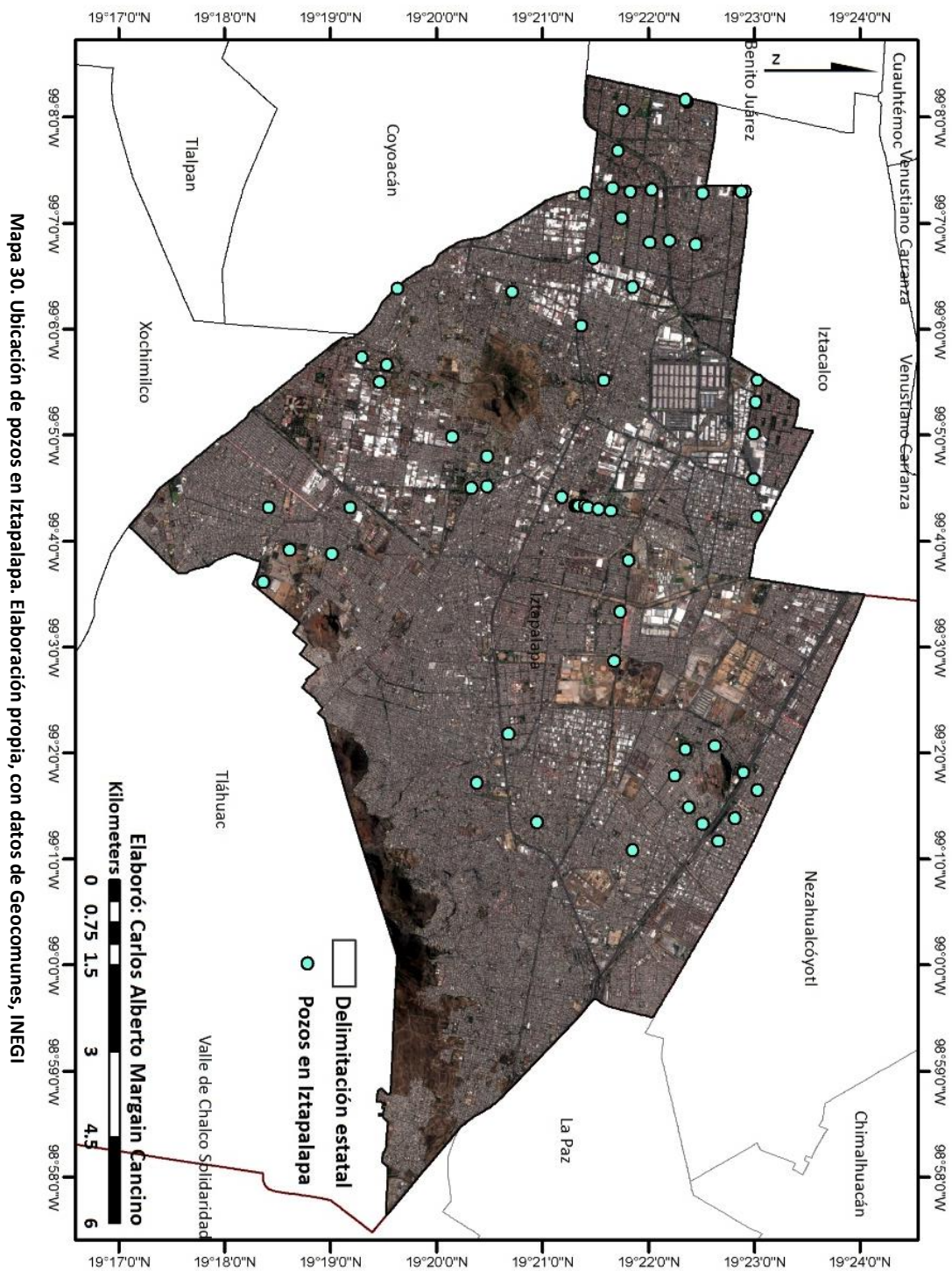
La poca disponibilidad del agua se reparte en algunas zonas donde el agua es de difícil acceso, como en los asentamientos humanos irregulares o donde los pozos han sido sobreexplotados, se reparte el agua por medio de pipas, que en un promedio se realizan hasta 1 300 viajes de pipas para el abastecimiento del agua en la alcaldía. Pero la mayor parte del tiempo se ven obligados a gastar en garrafones de agua y por las mismas pipas, por las que llegan a pagar hasta 700 pesos por pipa<sup>143</sup>.

Fuente	Agua para el abastecimiento en la CDMX (%)
Rio Lerma y Cutzamala	26.5 %
Rio Magdalena	2.5 %
Agua Subterránea (Mantos Acuíferos)	71 %

Tabla 13. Cantidad de agua para el abastecimiento en la CDMX. Elaboración propia con datos de Guerrero, et.al. (2009)

<sup>142</sup> SACMEX. (2012). El gran reto del agua en la Ciudad de México. Ciudad de México: SACMEX.

<sup>143</sup> ADN político. (2018). ¿Cansado de no tener agua? Estás 3 alcaldías de la CDMX siempre lo padecen. Recuperado el 19 de abril de 2019, de ADN político Sitio web: <https://adnpolitico.com/mexico/2018/11/06/cansado-de-no-tener-agua-estas-3-alcaldias-de-la-cdmx-siempre-lo-padecen>



De estos sistemas depende casi el 30% del agua que se consume en Ciudad de México, pero muy poca de ésta llega a Iztapalapa. El Sistema Cutzamala, se encuentra en el poniente y la alcaldía en el extremo opuesto, con esto se estima que el agua que se envía a la ciudad prácticamente se acaba antes de acercarse a la alcaldía, no solo por la distribución en que tiene en la ciudad, sino también por las fugas por parte de los sistemas. El SACMEX, calcula que el 42% del abasto se pierde en tuberías rotas o problemas en las viviendas, esto equivale a unos 12 000 lts/s. en un porcentaje respecto a la CDMX, Iztapalapa cuenta con el 20% de la población de la ciudad, pero sólo el 10% de los pozos de la ciudad<sup>144</sup>.

Respecto a los cortes y fugas menciona Perló M. (2017), que en la CDMX serán cada vez más frecuentes y prolongados. Así lo demuestra la tendencia histórica de la última década y las graves afectaciones del Cutzamala. Respecto a las redes de distribución de agua en la Ciudad de México, se desperdician cerca de 35 % por fugas en las tuberías. De los 63 m<sup>3</sup>/s que llegan, se desperdician 21.5 m<sup>3</sup>/s<sup>145</sup>.

Un estudio de la UNAM, titulado, *la escasez de agua potable en Iztapalapa* (2013) dice que el suministro promedio es de 4 500 lts/seg, mientras que el consumo total en la alcaldía se estima entre 3 500 lts/seg (Plan de desarrollo urbano delegacional 2012) y 3 800 lts/seg. Estos mismos estudios oficiales sitúan las pérdidas físicas de agua en 25%, lo que implicaría tener que suministrar a la red un total de 5 066 lts/seg, para cubrir el nivel de pérdidas. De acuerdo al Plan hidráulico de 1988, fecha la que por primera vez se reportan datos de tandeo, ingresaban en promedio a la delegación, 4,700 lit/seg y, con pérdidas admitidas del 17%, se consumían en ese entonces 3,840 lit/seg. Como puede apreciarse, con base a estos valores la situación general del consumo no se ha modificado sustancialmente, con la salvedad de que en ese año la disponibilidad de agua era mayor (por habitante)<sup>146</sup>.

---

<sup>144</sup> Nájjar A. (2016). Iztapalapa, la zona de Ciudad de México donde la gente llega a pelearse a golpes para conseguir agua. Recuperado el 12 de abril de 2019, de BBC Sitio web:

[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160220\\_iztapalapa\\_mexico\\_zona\\_sedienta\\_agua\\_an](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160220_iztapalapa_mexico_zona_sedienta_agua_an)

<sup>145</sup> López P. (2017). 35% de agua de la ciudad se desperdicia por fugas de agua. Recuperado el 12 de abril de 2019, de Gaceta UNAM Sitio web: <http://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-infraestructura/>

<sup>146</sup> Machorro M. (2013). Estudio sobre la escasez de agua potable en Iztapalapa. Recuperado el 18 de abril de 2019, de UNAM Sitio web:

[http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/carteles/machorro\\_miguel.pdf](http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/carteles/machorro_miguel.pdf)

Bajo este escenario, se tendría un déficit promedio de 566 lts/seg por otro lado, lo que menciona la alcaldía es que Iztapalapa, requiere un suministro de 6 493 lts/seg, para cubrir sus necesidades de agua potable. Actualmente la capacidad actual de la red permanece sin cambios, introducir más agua a la red implicaría incrementar presión al recurso hídrico y aumentar las fugas por esta misma<sup>147</sup>. Así, no atendiendo las demandas de la población respecto a las fugas, dándose más en las zonas vulnerables y socialmente como Iztapalapa.

Un punto importante a retomar, es que existen en Iztapalapa constantes fugas, que conllevan al desperdicio del agua que afecta a la población, ya que el sistema hidráulico requiere de mantenimiento, sin que las autoridades hagan caso a los reportes que realiza la ciudadanía.

“Las autoridades capitalinas, mexiquenses y nacionales, tienen que emprender desde ahora un plan de manejo del Cutzamala para aprovechar sus recursos y administrarlos de manera justa, eficiente y sustentable. Dicho modelo debe incluir, una mejor gestión del propio sistema, que padece de fugas y extracción ilegal de agua.”<sup>148</sup>.

Tras el sismo del 19 de septiembre de 2017, la cantidad de fugas de agua en Iztapalapa aumentó de 182 a 825, esto generó enfrentamientos entre vecinos por el abasto del servicio<sup>149</sup>, por lo que las pipas de agua son una fuente de conflicto en la alcaldía por la obtención del agua, lo cual ocasiona robo de las pipas, cierre de calles y avenidas principales.

La falta de disponibilidad del agua que deriva de las fugas, afecta también a los tres principales pozos de la alcaldía: La Caldera, Jaltepec y el del cerro de la Estrella, las cuales abastecen a parte de la demarcación<sup>150</sup>. Las viviendas de Iztapalapa, cuentan con cobertura de red de agua potable casi en su totalidad, sin embargo, el 30% de la población, es decir, más de 600 mil personas no reciben con regularidad

---

<sup>147</sup> Machorro M. (2013). Estudio sobre la escasez de agua potable en Iztapalapa. Recuperado el 18 de abril de 2019, de UNAM Sitio web:

[http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/carteles/machorro\\_miguel.pdf](http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/carteles/machorro_miguel.pdf)

<sup>148</sup> Perló y González. (2005). ¿Guerra por el agua en el valle de México? Ciudad de México: UNAM.

<sup>149</sup> Milenio. (2019). En plena crisis de agua, en Iztapalapa hay 825 fugas. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de Milenio Sitio web: <https://www.milenio.com/estados/plena-crisis-agua-iztapalapa-825-fugas>

<sup>150</sup> Stettin C. (2019). Tras sismo, 25 colonias en Iztapalapa se quedan sin agua. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de Milenio Sitio web: <https://www.milenio.com/estados/sismo-25-colonias-iztapalapa-quedan-agua>

y suficiencia el servicio de agua, esto con datos del 2004; en la actualidad ha aumentado<sup>151</sup>.

Según el Artículo 9, de la Constitución de la Ciudad de México, establece el derecho al agua y a su saneamiento, que indica que el gobierno de la ciudad debe garantizar la cobertura universal del agua, su acceso diario, continuo, equitativo y sustentable el cual dice de manera textual que: "Toda persona tiene derecho al acceso, a la disposición y saneamiento de agua potable suficiente, salubre, segura, asequible, accesible y de calidad para el uso personal y doméstico de una forma adecuada a la dignidad, la vida y la salud; así como a solicitar, recibir y difundir información sobre las cuestiones del agua"<sup>152</sup>.

Mientras que el Artículo 1, de la Ley General de Aguas, establece la participación de la Federación, los estados, los municipios y la ciudadanía, para garantizar el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.

Los problemas de agua en Iztapalapa, no son solamente cuestión de abastecimiento ya que existen también problemas de infraestructura que no se han logrado resolver, junto a una complejidad de aspectos sociales, ambientales, políticos, geológicos, que, al no desarrollar una resolución del problema en forma multidisciplinaria por las diferentes ciencias, así como con los actores de gobierno, se llegará a un colapso dentro de la ciudad en materia hídrica. Por lo cual, no se está dando respuesta al cumplimiento del derecho como seres humanos al agua, como a las garantías que deben dar las leyes respecto al recurso. Se debe dar un giro radical a estas condiciones, que desafortunadamente ya son una costumbre en Iztapalapa.

---

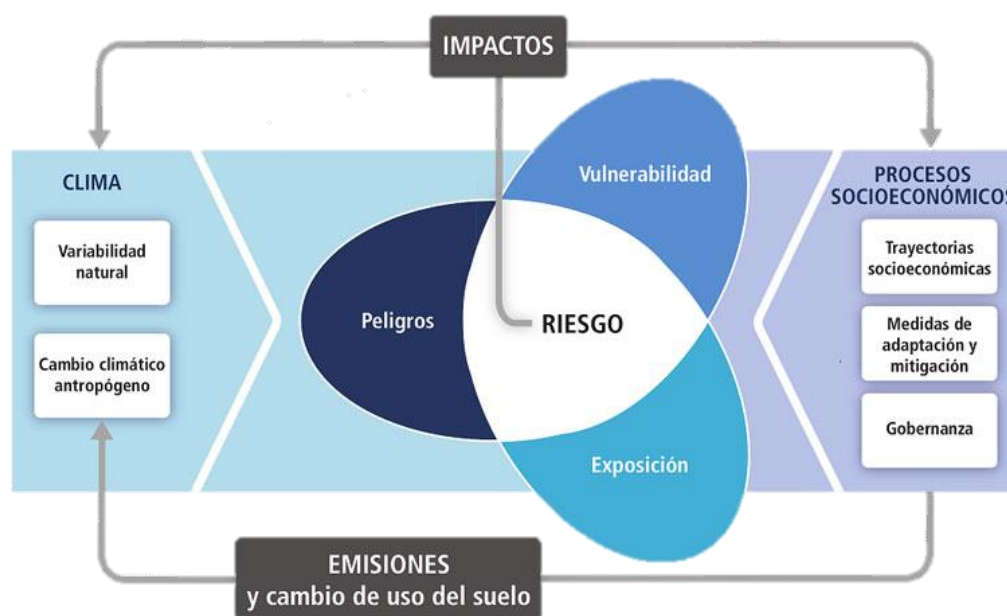
<sup>151</sup>Nájera M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

<sup>152</sup>CPCM. (2017). Constitución Política de la Ciudad de México, Artículo 9. Ciudad de México: Asamblea constituyente.

## 4. Vulnerabilidad ante riesgos hidrológicos

La vulnerabilidad y el riesgo tienen una estrecha relación ya que la vulnerabilidad es la causa, ya sea social, ambiental, marginación, hidrológica entre otras, y el riesgo, es la consecuencia que implica un daño hacia la población. Ésta estrecha relación de la vulnerabilidad y el riesgo en un contexto hídrico da la disminución en disponibilidad de agua, inundaciones, sequías y daños a la salud, de acuerdo a las características geográficas, como las condiciones socio-ambientales, económicas, políticas y de salud, pueden dar, aumentar o agudizar la intensificación del riesgo problema<sup>153</sup>.

La generación de riesgos, los cuales son “el potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores” <sup>154</sup>. A menudo el riesgo, se representa como la probabilidad de sucesos o tendencias que tienen un peligro multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (esquema 5).



Esquema 5. Relación del riesgo hacia la vulnerabilidad, que conlleva a la exposición que detona el peligro. Tomado de INECC (2019)

<sup>153</sup> INECC. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>

<sup>154</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

La evaluación de la vulnerabilidad y la implementación de medidas de adaptación deben realizarse a nivel local respondiendo a condiciones particulares.

Se considera que, al estar expuesto al riesgo, se genera lo que es el peligro, el cual es un “hecho potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales”. Así el término peligro, se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicas relacionadas con el clima o los impactos físicos de este<sup>155</sup>.

En la alcaldía de Iztapalapa viven más de 1 827 868 habitantes tan sólo en el año 2015<sup>156</sup>, donde se sufren más escasez de agua dentro de la CDMX, siendo la alcaldía que sufre más el fenómeno de inundación. Uno de los grandes problemas de la alcaldía ha sido la falta de abastecimiento del agua, que causa estragos a la población quienes están establecidos, en estos terrenos y que son propensos a inundaciones, grietas, deslaves, hundimientos y otros desastres los cuales se refieren a “una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos”<sup>157</sup>.

Estos riesgos dentro del contexto de la vulnerabilidad hídrica, no sólo son la causa de eventos meteorológicos extremos, sino también por cuestiones antropológicas por cuestiones sociales, económicas, culturales, políticas entre otras. Siendo producto de procesos, decisiones y acciones las cuales generan un riesgo en las zonas donde residen. Los fenómenos hidrometeorológicos, son eventos relacionados con la dinámica del agua en la superficie de la corteza terrestre, estos fenómenos se generan por la acción intensa o violenta de los agentes atmosféricos

---

<sup>155</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

<sup>156</sup> SEDEMA. (2019). Suelo de Conservación. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Gobierno de la Ciudad de México Sitio web: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/suelo-de-conservacion>

<sup>157</sup> UNISDR. (2009). terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.

que pueden ser a su vez generadores de eventos hidrológicos que beneficien a la recarga de los acuíferos<sup>158</sup>.

Por sus condiciones de cuenca endorreica, la cuenca de la Ciudad de México, permite una infiltración rápida de las aguas pluviales, pero al no tener un suelo permeable por el casi total sellamiento del suelo por asfalto y pavimento, da como resultado a ser propenso a los eventos hidrometeorológicos como las lluvias torrenciales en el territorio.

Así, dentro de la cuenca de la Ciudad de México, se encuentra Iztapalapa, que está en parte del ex lago de Texcoco, lo cual da como resultado a partir de las lluvias detonan una serie de afectaciones:

**Inundaciones:** Según el Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED) las inundaciones son aquel evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

“En México 24 millones de personas son susceptibles a inundaciones. De acuerdo con cifras de CENAPRED, del total de la estimación de pérdidas y daños reportada por eventos extremos, el 62% (10,678 millones de pesos) correspondió a lluvias e inundaciones”<sup>159</sup>.

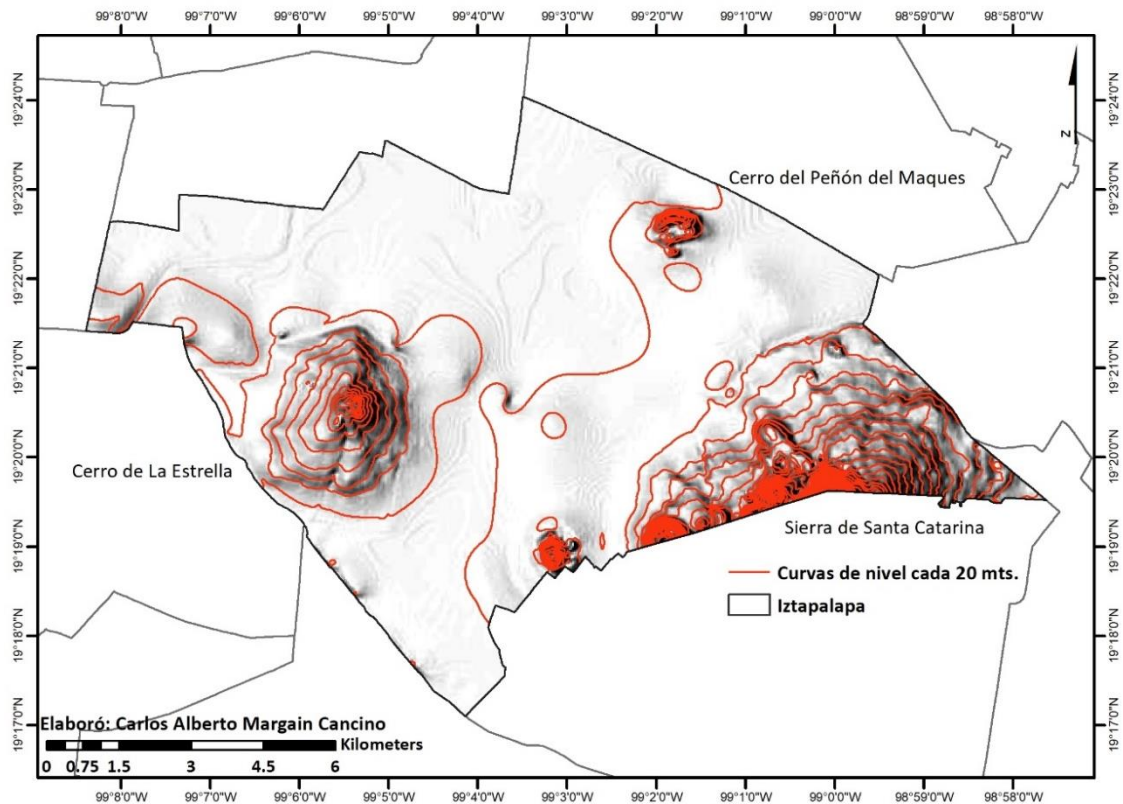
De acuerdo a Servicio Meteorológico Nacional (SMN), en la CDMX las lluvias se presentan en verano, sumada la precipitación total anual es variable: en la región seca es de 600 mm y en la parte templada húmeda (Ajusco) es de 1 200 mm anuales. Estas variaciones climáticas no son exactas ya que varían por año siendo estos datos una media a considerar, ya que el cambio climático de igual forma afecta a estos ciclos.

---

<sup>158</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>159</sup> INECC. (2019). Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones. Recuperado el 17 de mayo de 2019, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático Sitio web: <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/index.html#zoom=12&lat=19.3426&lon=-99.0490&layers=1>

“Las inundaciones pluviales son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. Su principal característica es que, el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte (por ejemplo, de la parte alta de la cuenca)”<sup>160</sup>.



Mapa 31. Curvas de Nivel cada 20 metros en Iztapalapa. Elaboración propia con datos de INEGI

Entre las características del relieve de Iztapalapa, se observan el cerro Peñón del Marques, el cerro de La Estrella y parte de la Sierra de Santa Catarina y en su mayoría predominan las planicies lacustres en un 81 %, (mapa 31) situada a una elevación de 2241 msnm, donde los ríos principales se entubaron y el drenaje superficial natural se transformó por la urbanización, lo cual hace este territorio propenso a las inundaciones. Iztapalapa fue una región con grandes extensiones de agua por tener parte del antiguo lago de Texcoco, en sus inicios a la alcaldía la

<sup>160</sup> CENAPRED. (2014). Fascículo inundaciones 2013. Ciudad de México: CENAPRED.

atravesaba el Río Churubusco que al unirse con el Río de la Piedad formaban el Río Unido<sup>161</sup>.

La escorrentía superficial que se genera a partir de la precipitación sobre las construcciones y calles, es con frecuencia la que genera los problemas de inundaciones, que ocasionalmente afectan a Iztapalapa y transporta el azolve que posteriormente obstruye el drenaje urbano junto con la basura generada por la población inconsciente. La escorrentía natural, que desciende de los cerros existentes en Iztapalapa, no tiene aprovechamiento alguno y al llegar a la parte baja es canalizada y sale de la alcaldía, a través del Canal de Chalco y el Canal Nacional, que se encuentran a cielo abierto y que forman límites con las Delegaciones de Xochimilco y Coyoacán. Además, los canales de Churubusco, La Viga y el Canal de Garay, que se encuentran entubados<sup>162</sup>. Algunas de las zonas más propensas a inundaciones dentro de Iztapalapa debido su topografía, siendo las partes más bajas, son: Santa Martha Acatitla (imagen 6), Vicente Guerrero, Ejército de Oriente; ya que estas colonias se ubican en las partes más profundas de lo que era el ex lago de Texcoco, en donde una forma para agilizar la salida del agua es por medio de cárcamos de bombeo<sup>163</sup>.



Imagen 6. Inundación en Avenida. Ignacio Zaragoza a nivel de Santa Martha Acatitla. Tomado de SPD noticias (2016)

---

<sup>161</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>162</sup> Ibidem.

<sup>163</sup> Díaz C. (2014). Conoce los puntos vulnerables a la lluvia en el DF. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de Milenio Sitio web: <https://www.milenio.com/estados/conoce-los-puntos-vulnerables-a-la-lluvia-en-el-df>

“La extracción de agua de pozos ha originado la sobreexplotación de los mantos acuíferos en Iztapalapa, ya que cada vez se requiere de excavaciones más profundas para acceder al recurso, lo que genera extracción de agua con residuos del subsuelo con agua de apariencia turbia, con esto aunado a la baja permeabilidad de la superficie cubierta por concreto y asfalto, no permite la recarga de los mantos acuíferos de manera natural, lo cual genera impactos en el recurso agua con consecuencias graves y en la mayoría de los casos irreversibles tanto en el medio ambiente, como en la estructura de los suelos”<sup>164</sup>.

En Iztapalapa la presencia de las lluvias intensas genera los encharcamientos, éstas han influido en el incremento de los agrietamientos los cuales favorecen a la propagación de las grietas, esto debido a la presión hidráulica que generan por la acumulación del agua (encharcamientos o inundaciones)<sup>165</sup>.

La ocurrencia de la precipitación en las distintas regiones del planeta, es relativamente constante, con 500 000 km<sup>3</sup>/año en los últimos millones de años, en la actualidad esto ha variado durante el último y presente siglo por los efectos del cambio climático, donde puede disminuir o aumentar la precipitación de una zona en específico, de tal manera que la escasez del agua, se da aunque haya precipitación constante ya que donde se carece de infraestructura para la extracción, conducción y distribución del recurso hídrico, existe un déficit en la provisión del servicio público del agua potable<sup>166</sup>.

En relación a las inundaciones, una característica común de Iztapalapa, se relaciona con otras afectaciones importantes que se suscitan a partir de los riesgos de la vulnerabilidad hidrológica en la Ciudad de México como lo son:

***Hundimientos:*** El hundimiento progresivo y generalizado de la superficie de Iztapalapa, se presenta de manera irregular y está asociado con el fracturamiento (agrietamiento) del subsuelo y en consecuencia con la afectación a la

---

<sup>164</sup> Nájera, M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

<sup>165</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>166</sup> Perevochtchikova, M., et al. (2012). Cultura del agua en México, Conceptualización y vulnerabilidad social. Ciudad de México: UNAM, Porrúa.

infraestructura urbana, por lo tanto, el vacío creado por una gran extracción del agua subterránea, acelera el desplazamiento de la masa de suelo, comprimiéndolo.

También, “la demanda de agua se ha incrementado debido al crecimiento de la zona urbana, esto ha ocasionado que en la zona montañosa se infiltre menos agua de la que se extrae y que en la zona lacustre, los sedimentos arcillosos pierdan agua y se compacten. Esta compactación se traduce en hundimientos y agrietamientos del terreno”<sup>167</sup>.

“El hundimiento de la ciudad de México se descubrió desde 1891, mediante mediciones se encontró que la velocidad del hundimiento variaba entre 3 a 5 cm/año. En 1947, las velocidades habían aumentado de 15 a 30 cm/año, y actualmente se tiene una velocidad de 50 a 70 cm/año. En muchos lugares de la CDMX se tienen fuertes asentamientos de la superficie del terreno, lo que provoca fisuras y grietas”<sup>168</sup>.

El hundimiento ha sido propiciado por la extracción exhaustiva de los mantos acuíferos dentro de la ciudad a mediados del siglo pasado, lo que crea una compactación de la capa de arcilla que sostiene gran parte de la ciudad ya que está asentada en parte de zona lacustre. Con esto, pueden variar los hundimientos a lo largo del territorio (imagen 7).



**Imagen 7. Socavón por hundimiento en la colonia La Paraíso. Tomado de revista Proceso**

---

<sup>167</sup> Nájera, M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

<sup>168</sup> Díaz, J. (2007). Suelos lacustres de la Ciudad de México. Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 6(2).

Los hundimientos acumulados desde 1991 a 2012 en el centro de la ciudad se han registrado con mayor intensidad que van desde 40 a 100 cm/año a partir de 1991. En los últimos 150 años, se estima que el hundimiento acumulado es de 14 metros, principalmente en el centro y oriente de la Ciudad de México, en donde el terreno se hunde hasta 40 cm/año. En el 2011 irá en aumento la tasa de hundimientos en un 10% por año (SACMEX, 2012). En la siguiente (tabla 14) se muestran los indicadores de medición respecto a la distribución de hundimientos anuales entre 1991 a 2012.

Hundimientos por cm/año	Mediciones anuales y valores
7.2	Medidos entre marzo 23 de 1991 y mayo 4 de 1992
8.7	Medidos entre julio 14 de 2002 y agosto 15 de 2003
7.5	Medidos entre septiembre el 1 de 2005 y septiembre 27 de 2005
6.2	Medidos entre octubre 26 de 2007 y noviembre 14 de 2008
7.6	Medidos entre octubre 16 de 2009 y noviembre 11 de 2010
7.2	Medidos entre enero 5 de 2012 y enero 25 de 2012

Tabla 14. Indicadores de medición anuales, entre 1991 a 2012. Elaboración propia con datos de SACMEX (2012)

En la Ciudad de México, por la extrema extracción del agua presenta hundimientos, afirma Ovando E. (2018), investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en un artículo de *La Jornada*, expone que se registran hundimientos entre 8 y 12 cm/año, la extracción de agua de los acuíferos. También menciona que a corto plazo no hay manera de detener los hundimientos, pero una de las soluciones más viables sería dejar de explotar los acuíferos de manera irracional. La sobreexplotación del acuífero ocurre por lo menos desde principios del siglo XX, y en la actualidad siguen los impactos por esto.

No existe aún una medición precisa de la velocidad de hundimiento en Iztapalapa, sin embargo, se han registrado desplazamientos mayores a los 3 metros en los últimos 25 años, por lo que se estima una velocidad aproximada de 15 cm/año. Los hundimientos más pronunciados se presentan en el cerro del Peñón del Marques, sobre la calzada Ignacio Zaragoza. Aproximadamente entre 15 y 20 años después de iniciado el bombeo, se inició la formación de diferentes grietas y fracturas, tanto en la zona donde dominan los materiales volcánicos del Peñón del Marqués como

en la zona lacustre sobre la Calzada Ignacio Zaragoza. Los hundimientos del terreno muestran que la zona del Peñón del Marques, sigue un decremento, mientras que tienden a estabilizarse en el sitio ubicado en la zona lacustre<sup>169</sup>.

Derivado o como consecuencia de los hundimientos, se presenta otro fenómeno que está íntimamente relacionado con los riesgos de la población, que se ve afectada por los:

**Agrietamientos o fracturas:** Los agrietamientos son una consecuencia de la sobreexplotación del agua subterránea y de los hundimientos en la ciudad (imagen 8). En Iztapalapa, la exhaustiva extracción de los mantos acuíferos ha provocado agrietamientos mayormente en colonias: Santa Martha Acatitla, Ermita Iztapalapa calzada I. Zaragoza, Santa Martha Aztahuacan, Ejército de Agua Prieta, así como en las unidades habitacionales Solidaridad y Ejército de Oriente, siendo las zonas más bajas de la alcaldía; “la extracción de agua ha causado hundimiento regional de la Ciudad de México, lo que a su vez ha producido que existan agrietamientos en la zona lacustre (planicies) de Iztapalapa, esto incide en la presencia de grietas graves en los alrededores del cerro del Peñón del Marques así, como en Santa Cruz Meyehualco y en las cercanías del Reclusorio Oriente”<sup>170</sup>.



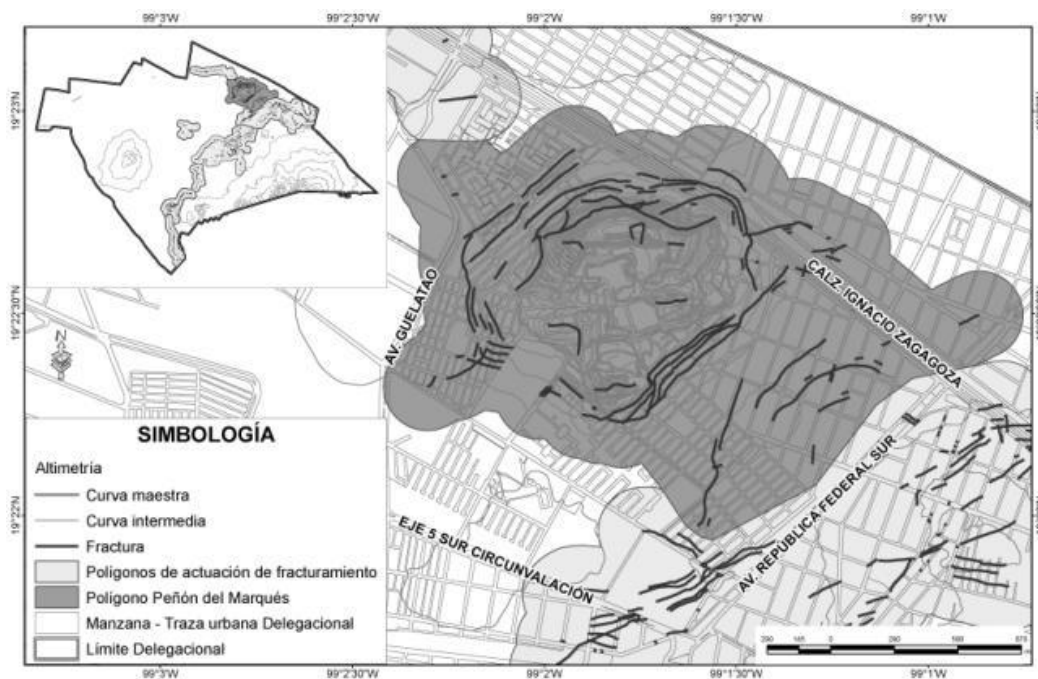
Imagen 8. Fracturas y hundimientos del suelo en Iztapalapa por extracción extensiva de agua subterránea. Tomado de La Jornada (2010)

<sup>169</sup> Nájera M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

<sup>170</sup> Buenrostro I. (2004). Causa averías la sobreexplotación de matos acuíferos en Iztapalapa. Recuperado el 12 de abril de 2019, de El Universal Sitio web: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/58632.html>

“En Iztapalapa hasta la fecha, no se ha desarrollado un trabajo específico para el cálculo de daños o pérdidas probables por cuestiones relacionados con fallas, fracturas y hundimientos del suelo, aunque existen diversos cálculos principalmente referidos al número de viviendas afectadas, el monto de recursos que se requiere para emprender acciones de atención a las viviendas afectadas, muchas veces sin señalar sí con esas acciones es posible mitigar el riesgo”<sup>171</sup>.

“Para entender el problema de los agrietamientos de terreno, es necesario considerar una serie de factores como: relieve (topógrafo), geología, clima, mantos acuíferos, entre otros”<sup>172</sup>. Existen varios estudios sobre este importante problema, entre ellos está el *Informe del estudio de grietas en la delegación Iztapalapa* por Durán (1999), en donde se tienen localizados los puntos más vulnerables respecto a los hundimientos por agrietamientos (tema que se menciona más adelante) el cual, se interpreta el origen en conjunto de grietas en Iztapalapa, a consecuencia del hundimiento del terreno, ocasionado a su vez por la extracción de agua. La posición y dirección que siguen las grietas, es a consecuencia de una estructura geológica, un buen ejemplo de ello, es el cerro del Peñón del Marques, el cual en sus alrededores es una zona lacustre, que da lugar a los hundimientos.



Mapa 32. Fracturas del cerro del Peñón de Marques. Tomado de CERG, (2011)

<sup>171</sup> Nájera M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

<sup>172</sup>

Este cerro, fue arrasado por la urbanización dando impactos negativos, puesto que evita la recarga de los acuíferos y genera la extracción exhaustiva del agua, provocando un fenómeno de hundimientos y por ende agrietamientos (mapa 32)<sup>173</sup>.

De acuerdo con un estudio de impacto ambiental elaborado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) (s/f), el reacomodo o grietas en el subsuelo, causadas principalmente por la extracción de agua subterránea y por las fallas geológicas que condicionan a las construcciones altas, afectan a viviendas de diferentes colonias de Iztapalapa (Tabla 15):

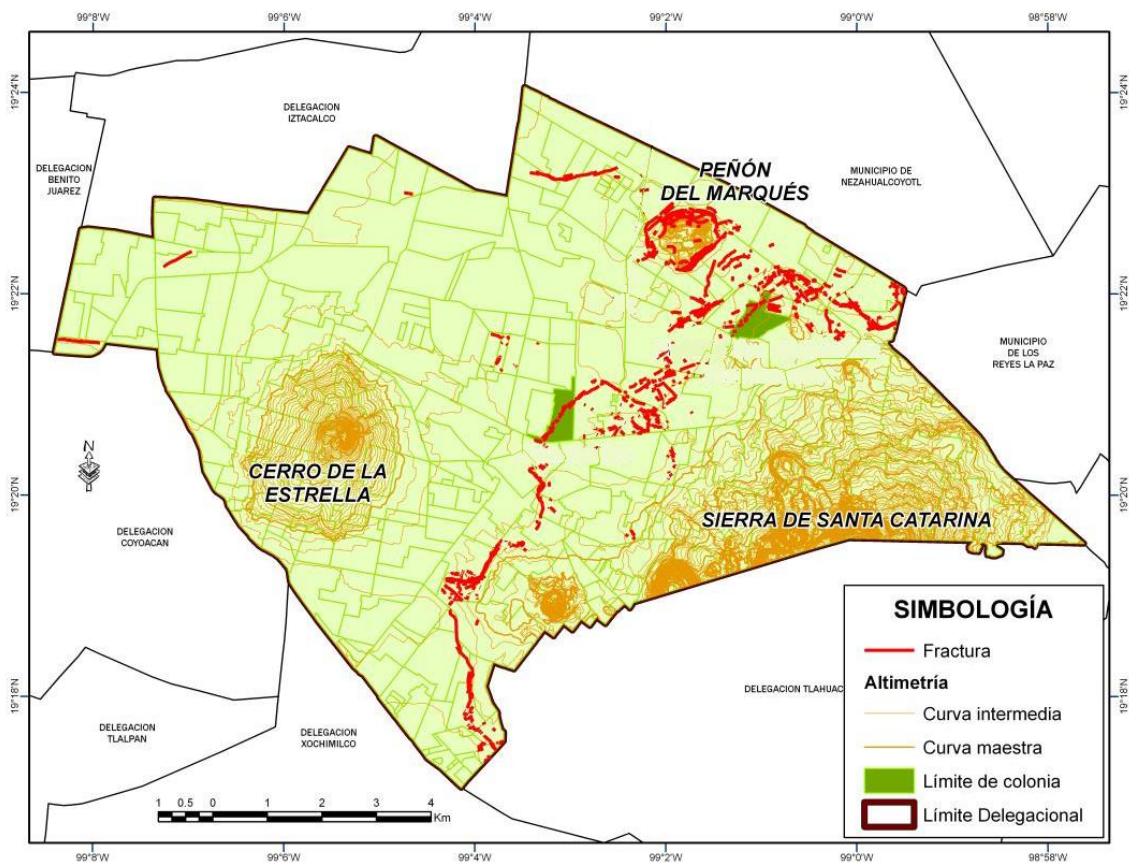
Zonas Afectadas	Ubicación (colonias, pueblos)	Grietas	Hundimientos y/o socavones	Viviendas afectadas
<b>Aculco</b>	Pueblo Magdalena Atlazolpa, Pueblo Aculco, Jardines de Churubusco, Apatlaco, Ricardo Flores Magón, Ampliación el Santuario, Área Natural Protegida, San José Aculco, El Sifón, Escuadrón 201, Sector Popular, Héroes de Churubusco y Estrella del Sur.	4	1	34
<b>Cabeza de Juárez</b>	U.H. Santa Cruz Meyehualco, Jacarandas, Ejército de Oriente II, Ejército Constitucionalista, U.H. Guelatao de Juárez I, U.H. Albarradas y U.H. Constitución de 1917.	45	0	206
<b>Centro de Iztapalapa</b>	Leyes de Reforma 3ra. Sección, Barrio San Miguel y Paseos de Churubusco.	6	0	39
<b>Ermita Zaragoza</b>	Santa Martha Acatitla Norte, El Edén, Z.U.E. Santa María Aztahuacan, U.H. Concordia, U.H. Ermita Zaragoza, Álvaro Obregón, José María Morelos y Pavón, El Paraíso, U.H. Ejército de Oriente (Zona Peñón), Santa Martha Acatitla Sur y Pueblo de San Sebastián Tec.	113	0	1 062
<b>Parajes San Juan</b>	Consejo Agrarista, Francisco Villa, Insurgentes, La Era, Las Peñas, Puente Blanco, Presidentes de México y el Pueblo de Santa Cruz Meyehualco.	16	1	319
<b>San Lorenzo Tezonco</b>	Lomas de San Lorenzo, Pueblo de San Lorenzo Tezonco, Barrio de San Antonio, U. H. Cananea, El Molino Tezonco, La Planta y El Rosario.	5		75
<b>Santa Catarina</b>	Segunda Ampliación de Santiago Acahualtepec	0	3	11
<b>Total</b>		<b>189</b>	<b>5</b>	<b>1 746</b>

Tabla 15. Colonias donde existen hundimientos y agrietamientos en Iztapalapa. Elaboración Propia con datos del IPN, (S/F)

<sup>173</sup> Gutiérrez E. et al. (2011). Centro de Evaluación de Riesgo Geológico. Ciudad de México: Centro de Evaluación de Riesgo Geológico.

Los agrietamientos y hundimientos, representan un peligro constante para la seguridad de los habitantes de Iztapalapa, ya que afectan las instalaciones de agua potable y de drenaje, tanto en sus redes primarias como secundarias, lo cual genera preocupación y descontento entre los habitantes de las colonias que se encuentran en riesgo y conflictos hacia las instancias del gobierno local<sup>174</sup>.

De acuerdo al Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos (2011), en Iztapalapa existen nueve zonas de agrietamientos (mapa 33), los cuales están diferenciados entre sí, por el mecanismo predominante de fracturamiento presente en cada uno de ellos, todos estos ubicados en las planicies de las zonas lacustres, generando deformación con desplazamiento principalmente vertical.



Mapa 33. Ubicación de agrietamientos en Iztapalapa. Tomado de CERG y con modificaciones propias, (2011)

<sup>174</sup> Nájera M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

“En la zona del cerro del Peñón del Marques, el mecanismo de deformación predominante, es un deslizamiento gravitacional (hundimientos) activo que presenta (imagen 9). En San Lorenzo Tezonco, los agrietamientos se asocian con rasgos estructurales de orden mayor en el subsuelo, donde existe una transición de materiales con respecto a otras zonas de Iztapalapa (arcillas y bloques de roca volcánica) con la posible presencia de espacios vacíos por la extracción del agua con dimensiones importantes”<sup>175</sup>.



Imagen 9. Agrietamiento en colonia aledaña al cerro del Peñón de Marques en Iztapalapa. Tomado de VITA.ORG

Los agrietamientos que ocurren en la alcaldía y en los cerros que ésta presenta, se conectan con otro fenómeno como lo son los deslaves, los cuales generan un mayor riesgo para la población, dentro de sus características se tiene:

**Deslaves:** Una de las áreas con mayor vulnerabilidad en la CDMX, son las barrancas, afectadas primordialmente por depósito de residuos, relleno con cascajo y otros materiales, descargas de aguas residuales, construcciones y asentamientos humanos irregulares, estos últimos ocupan barrancas, zonas de pendiente abrupta, zonas vulnerables a deslizamientos de suelo y rocas.

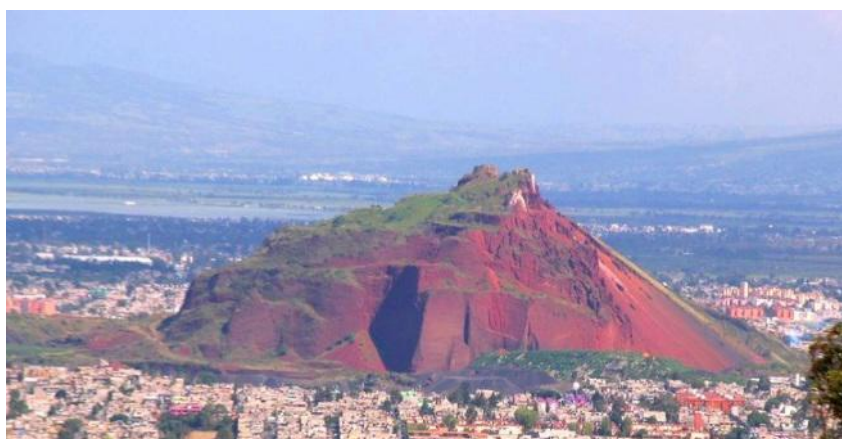
---

<sup>175</sup> Gutiérrez E. et al. (2011). Centro de Evaluación de Riesgo Geológico. Ciudad de México: Centro de Evaluación de Riesgo Geológico.

Iztapalapa es una de las alcaldías, donde existe una mayor cantidad de asentamientos humanos irregulares, describe la Doctora Santos C. del Instituto de Geografía de la UNAM, como “lugar en donde se establece la población fuera del margen de las normas establecidas por el ordenamiento territorial, siendo un proceso de invasión en algunos casos por grupos respaldados por partidos políticos o por la venta ilegal directa o con intermediarios”<sup>176</sup>.

Los asentamientos humanos irregulares, son una problemática compleja y con grandes implicaciones sociales, por tanto, es importante que los municipios y delegaciones se involucren, menciona la Doctora Santos C. del Instituto de Geografía<sup>177</sup>.

Según datos de SEDEMA (2019), se muestra una (gráfica 3) como han aumentado los asentamientos humanos irregulares en el territorio de la alcaldía, en un período del año 2000 al 2015, donde se muestran cuatro períodos, donde se observa un incremento por período de cada hectárea, proyectándose del año 2000 al 2006 el período donde hubo más incremento por asentamientos humanos irregulares de 5 has., mientras se observa desde el año 2012 al 2015 los asentamientos humanos irregulares disminuyeron a 1.3 ha., así durante las últimas décadas se ha dado un incremento poblacional el cual conlleva a ocupar zonas del suelo de conservación, como en la Sierra de Santa Catarina y el cerro de la Estrella donde son más propensos al riesgo (imagen 10).

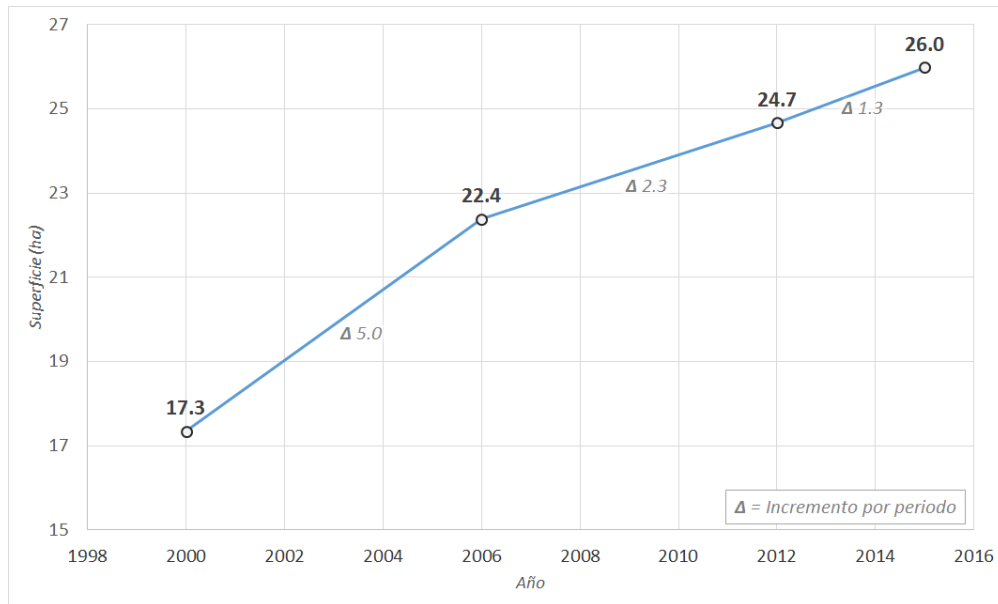


**Imagen 10. Riesgo por deslaves por extracción de minerales y asentamientos humanos irregulares en cerro de La Estrella. Tomado de MXCity (2016)**

---

<sup>176</sup> Santillán M. (2013). Asentamientos irregulares deterioran el ambiente. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de DGDC-UNAM Sitio web: [http://ciencia.unam.mx/leer/233/Asentamientos\\_irregulares\\_deterioran\\_el\\_ambiente](http://ciencia.unam.mx/leer/233/Asentamientos_irregulares_deterioran_el_ambiente)

<sup>177</sup> Ibidem.



Gráfica 3. Aumento de los asentamientos humanos irregulares en Iztapalapa. Tomado de SEDEMA (2019)

La Sierra de Santa Catarina, se encuentra en peligro latente no sólo por agrietamientos, sino por la inestabilidad de taludes y laderas. Al existir en las faldas de la sierra un gran número de asentamientos irregulares, existe un riesgo ante deslaves principalmente en la época de lluvias, debido a que se reblandece la tierra y algunas piedras al no estar detenidas por los sedimentos tienden a caer por gravedad, por lo tanto, el peligro es inminente. Un ejemplo de ello, es lo ocurrido en el cerro del Peñón del Marques en 2017, ocasionado por las fuertes lluvias donde ocurrió un deslave, el cual afectó la Avenida Xipe, en la colonia El Paraíso (imagen 11) pues ahí, existen una gran cantidad de asentamientos humanos irregulares.



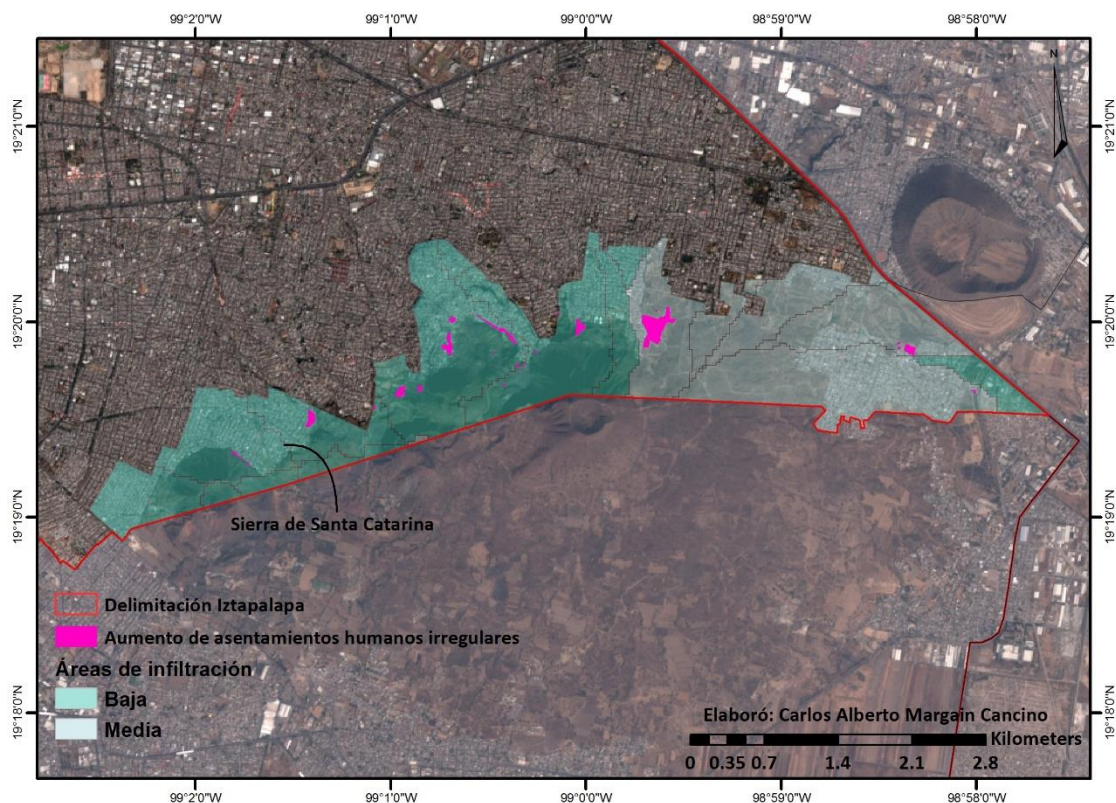
Imagen 11. Deslave del cerro del Peñón de Marques, en la colonia La Paraíso.

Cabe resaltar que el muro de contención que retiene la pendiente abrupta de este cerro en temporada de lluvias, recibe deslaves por parte del cerro de Peñón del Marques. Si la población no tiene la conciencia al peligro que están expuestos por precipitaciones intensas, así como en caso de un sismo lo cual puede provocar algún derrumbe, hay un mayor peligro para su integridad.

La infiltración de los mantos acuíferos en el Valle de México, depende en gran medida de la funcionalidad de los ecosistemas, los cuales en su mayoría han sido eliminados por el crecimiento de la mancha urbana.

Cabe destacar que la mayoría de los asentamientos humanos irregulares están sobre pendientes, como sierras y cerros en el caso de Iztapalapa, los cuales tienen la función de infiltrar las escorrentías hacia los mantos acuíferos, por lo cual va disminuyendo cada más, por la expansión de la mancha urbana.

Cabe mencionar que los asentamientos humanos irregulares siguen en aumento, y con ello, menor recarga del agua subterránea (mapa 34), así como el riesgo que se genera a la población al vivir dentro de la inestabilidad de taludes y laderas.



Mapa 34. Índice de captación en áreas de infiltración y crecimiento de los asentamientos humanos irregulares.  
Elaboración propia, con datos de la USGS, PAOT, INEGI

Los riesgos hidrológicos de la Ciudad de México, son latentes dentro del territorio. En el caso de Iztapalapa, se necesita un acoplamiento entre la organización con un mejor ordenamiento territorial para reducir la vulnerabilidad hidrológica de la zona, la cual tiene varios puntos rojos respecto a eventos hidrometeorológicos extremos que conllevan a inundaciones.

“La Ley de Protección Civil para el Distrito Federal (2014), sienta las bases para el Programa General de Protección Civil, el cual debe definir a los responsables de la evaluación, vigilancia y cumplimiento de objetivos y las actividades de prevención en sistemas vitales como agua potable, abasto del agua, alcantarillado, comunicaciones, desarrollo urbano, energéticos, electricidad, salud, seguridad pública, transporte, espacios públicos, concentraciones e industrias. Esta ley señala expresamente a las delegaciones como responsables de la operación de acciones para la atención de emergencias a través de su Unidad de Protección Civil de la alcaldía”. Sin embargo, hasta la fecha (2013-2018), la administración del Gobierno de la CDMX, no cuenta con un programa vigente sobre la materia hasta el día de hoy<sup>178</sup>.

Lo antes mencionado, es el resultado del desconocimiento e incapacidad del gobierno como de la sociedad, para ajustarse y adaptarse adecuadamente a su entorno propiciando una alta vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales y actividades antropogénicas, lo que propicia asentamientos humanos irregulares, aumentó de la mancha urbana, pobreza y falta de educación (marginación), desordenado ordenamiento del territorio y contaminación ambiental.

La percepción de riesgos involucra los conocimientos, actitudes, creencias, juicios y sentimientos de las personas, así como su disposición a actuar en cuanto a las amenazas hacia aquello que valoran, fundamentalmente la vida, la salud y los bienes<sup>179</sup>.

---

<sup>178</sup> Nájera, M. (2013). Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: GIRD.

<sup>179</sup> Urbina J. (2015). La percepción social del cambio climático en el ámbito urbano. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana Puebla.

## 5. Vulnerabilidad hidrológica por el cambio climático

---

El cambio climático, es una de las problemáticas actuales de este siglo y de finales del pasado que involucra una gran complejidad, el cual debe ser abordado por varias perspectivas desde: sociales, ambientales, económicas, políticas entre otras, para llegar a instrumentos o políticas que permitan mitigar los efectos del cambio climático, una adaptación a este, la cual sea positiva hacia la sociedad.

México, es uno de los países más vulnerables del mundo ante los efectos del cambio climático, debido a su ubicación geográfica entre dos océanos, como ubicado en el trópico y subtropical y características ambientales, sociales y económicas<sup>180</sup>.

Las condiciones del medio ambiente y los recursos naturales en la CDMX, representan un problema social y ambiental que no implica la calidad de vida y salud de los habitantes, sino también el deterioro ambiental que es, el resultado de un desarrollo basado en la idea errónea de que los recursos naturales son ilimitados y, por lo tanto, no valoran la importancia a la conservación de estos.

En relación con el cambio climático, las variables climáticas son un factor dentro de la ciudad las cuales condicionan la dinámica de los ecosistemas que aún existen en el territorio, sumadas a las actividades antropogénicas que modifican el medio natural y que dan como resultado cambios en el clima local, los cuales en la mayoría de las veces son negativos de la población.

Entrando en contexto, el cambio climático se define como “la variación del estado del clima, identificable (mediante pruebas estadísticas, proyecciones, modelos climáticos) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos que por lo regular por un período de 30 años”. El cambio climático, puede deberse a procesos internos naturales o a eventos externos tales como: modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o

---

<sup>180</sup> INECC. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>

cambios por cuestiones antropogénicas persistentes de la composición de la atmósfera (contaminación del aire), cambio de uso del suelo o eventos meteorológicos extremos (lluvias, tormentas, ciclones)<sup>181</sup>.

Otra definición que se tiene es por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, la cual define el cambio climático como el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

“Aproximarse al abordaje del cambio climático desde el referente de la vulnerabilidad social hace posible entender y explicar las causas y síntomas de las consecuencias sociales de los desastres. Asimismo, el concepto “vulnerabilidad” tiene un relevante valor político por constituir una base operativa para el diseño de políticas sociales y de cambio climático”<sup>182</sup>.

Así, la vulnerabilidad se da como la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad, comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño, y la falta de capacidad de respuesta y adaptación<sup>183</sup>.

Con lo anterior, la climatología tiene una estrecha relación con el cambio climático, la cual básicamente es “una rama de las ciencias de la Tierra que se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo cronológico. Así también, aunque utiliza los mismos parámetros que la meteorología (ciencia que estudia el tiempo atmosférico), su objetivo es distinto, ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo”<sup>184</sup>.

El clima, es un factor determinante en la variabilidad climática, en la Ciudad de México, el clima según datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es

---

<sup>181</sup> IPCC. (2015). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. Ginebra, Suiza: IPCC.

<sup>182</sup> IMTA. (2015). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

<sup>183</sup> IPCC. (2015). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. Ginebra, Suiza: IPCC

<sup>184</sup> SMN. (2019). *Climatología*. Recuperado el 6 de mayo de 2019, de Servicio Meteorológico Nacional Sitio web: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia>

semifrío y templado subhúmedo (87%), en el resto se encuentra clima seco y semiseco (semiáridos) (13%), aunado al aumento de la mancha urbana ha puesto en peligro a todos los ecosistemas que existieron en el Valle de México. Los primeros en sufrir estos impactos generados por las actividades antropogénicas fue el recurso hídrico, siendo impactados los lagos del antiguo Valle de México, y en la actualidad quedando remanentes de ello<sup>185</sup>.

La vulnerabilidad con relación al cambio climático, da como resultado la vulnerabilidad climática, que es el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos climáticos extremos<sup>186</sup>.

Según el Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México (CVCCCM), dando un contraste con los anteriores datos, los pocos microclimas que existen dentro de la CDMX (mapa 36), son gracias al suelo de conservación, por ello es importante que las pocas áreas naturales que existan se conserven pues brindan distintos climas los cuales, según el CVCCCM se subdivide en:

*Semifrío subhúmedo*, donde la temperatura media anual va entre 5 °C y 12 °C, la temperatura del mes más frío entre -3 °C a 18 °C y una temperatura sobre el mes más cálido bajo 22 °C. (mapa 36);

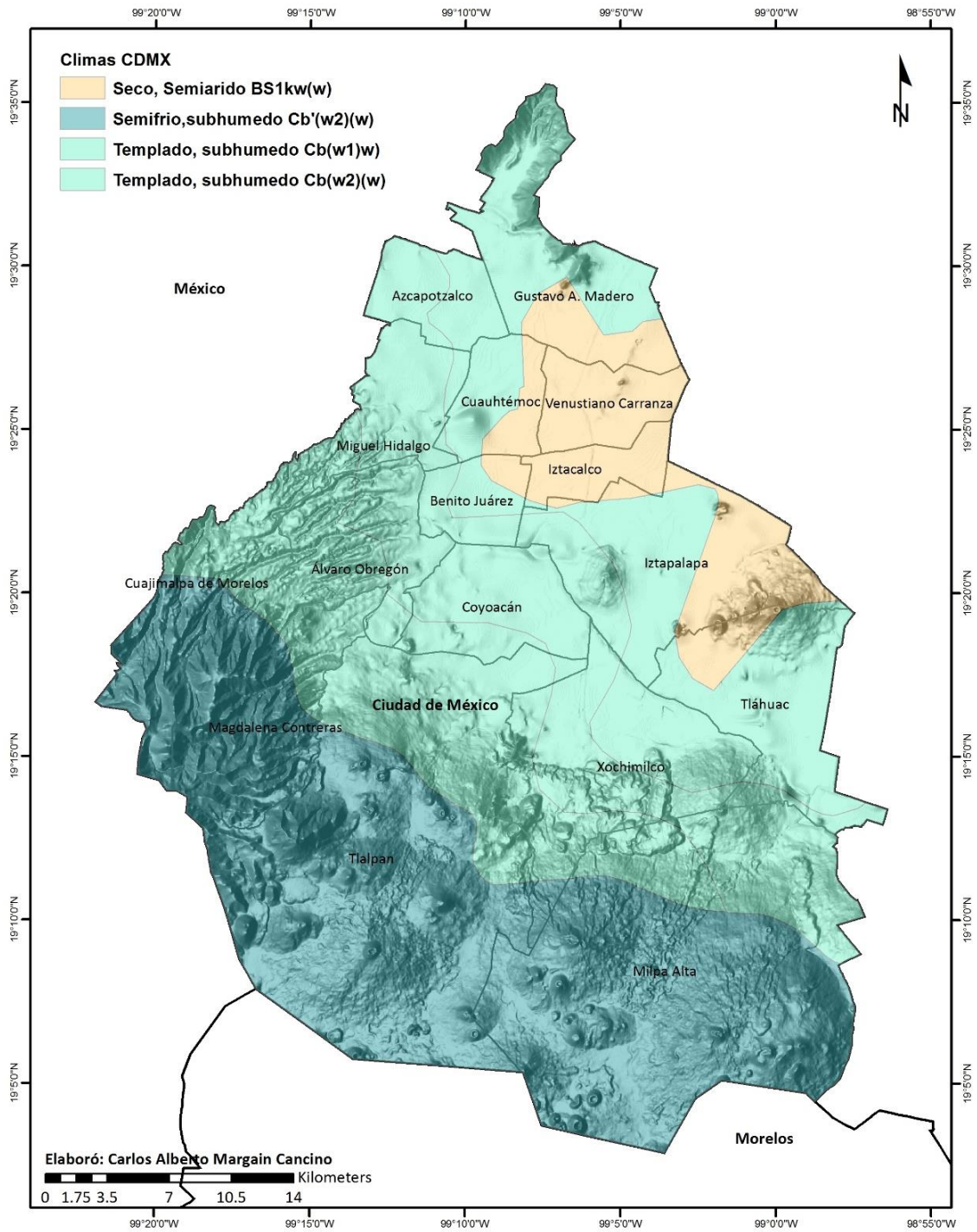
*Templado subhúmedo*, donde la temperatura media anual va entre 12°C y 18 °C, la temperatura del mes más frío entre -3°C a 18°C y una temperatura sobre el mes más cálido bajo 22 °C. (mapa 36);

*Templado subhúmedo*, donde la temperatura media anual va entre 12 °C y 18 °C, la temperatura del mes más frío entre -3°C a 18°C y una temperatura sobre el mes más cálido menor 22 °C. Así, oscilando la temperatura de los climas semifríos y templados subhúmedos en un rango similar (mapa 35).

---

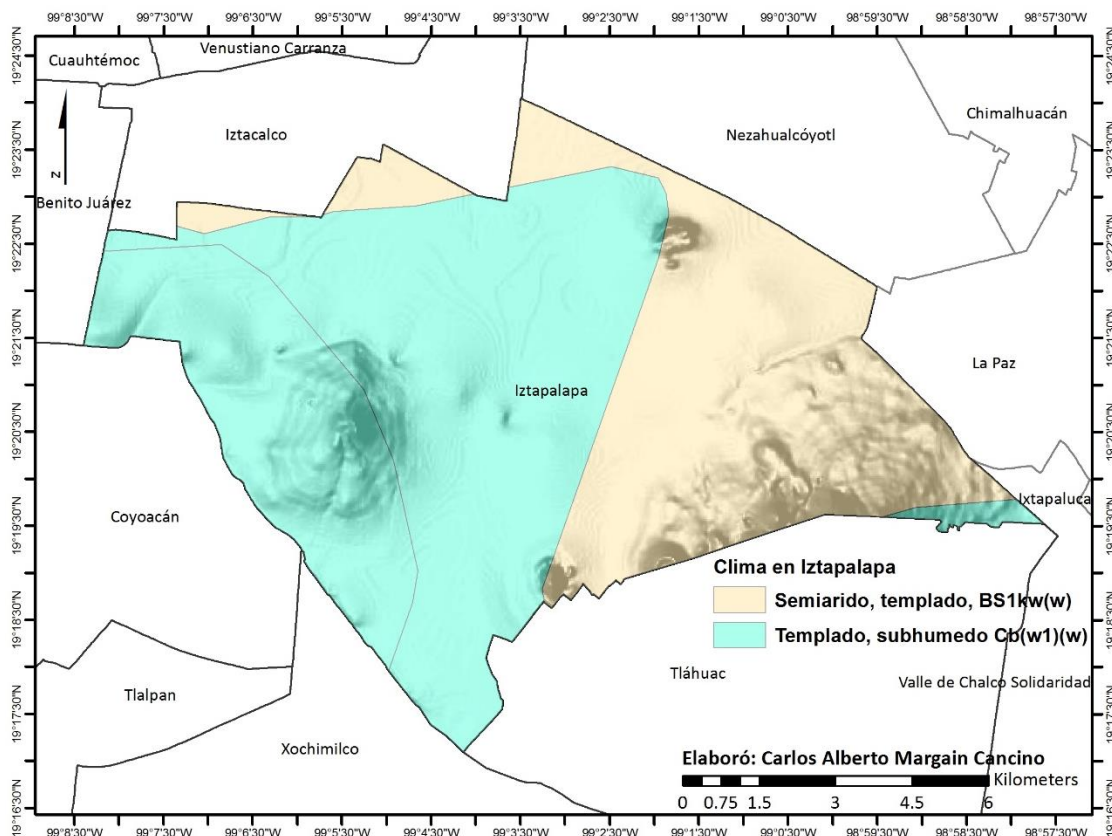
<sup>185</sup> INEGI. (2019). Clima. Recuperado el 6 de mayo de 2019, de INEGI Sitio web: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx>

<sup>186</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC



Mapa 35. Microclimas en la CDMX. Elaboración propia con datos de CVCCCM, INEGI

En Iztapalapa en particular predominan dos climas: seco semiárido y templado subhúmedo (mapa 36). El clima en Iztapalapa en su sección oriente, es en su mayoría semiárido, aunado a la casi nula presencia de áreas verdes y sus suelos de conservación sufren un gran deterioro por el aumento de la mancha urbana, lo cual da mayor aumento a la temperatura promedio de 16.7 °C<sup>187</sup>, ésta es mayor en estas zonas por las excesivas planchas de pavimento y cemento como se ha mencionado anteriormente.



**Mapa 36. Clima en Iztapalapa. Elaboración propia, con datos del CVCCM, INEGI**

Al poniente y sur poniente de la alcaldía, se observa un clima templado, que por las mismas razones que en la zona oriente, sufren de un exceso de temperatura, donde el cerro de la Estrella está perdiendo cobertura vegetal por diversos impactos antropogénicos, lo que más alarma es la extracción de minerales, lo que cambia el clima de la zona.

<sup>187</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

“Gran parte de la amenaza del cambio climático radica en la afectación del ciclo hidrológico y los regímenes de lluvias, intensidad y frecuencia de eventos extremos y sequías cada vez más graves, entre otros fenómenos. Todo ello impacta directamente a las poblaciones humanas, amenazando sus medios de sustento, salud, seguridad e incrementando su vulnerabilidad”<sup>188</sup>.

Un fenómeno exclusivo de las ciudades respecto a las altas temperaturas que se generan en parte por el cambio climático, lo cual también implica a las actividades antropogénicas como la extracción exhaustiva de los mantos acuífero, las nulas zonas de recarga y la falta de áreas verdes, creando como consecuencia las islas de calor urbano, las cuales son en días seguidos con temperaturas alrededor o arriba de los 30°C. El doctor Jáuregui E. investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, explica que “El planeta está prácticamente urbanizado, y de este proceso, acentuado en las últimas décadas, no ha escapado la Ciudad de México, que ha modificado y creado su propio clima, como también no termina de crecer la ciudad, aumentan los tramos asfaltados y es cada vez más notorio el alejamiento del ambiente inicial (ecosistemas) o rural”. Cabe mencionar que Jáuregui, es quien introdujo el término a la climatología mexicana de “isla de calor”, este contraste no dura todo el día, sino que va declinando conforme los rayos del Sol se elevan y calientan la ciudad, pero aun así se mantiene en unos tres grados arriba de la temperatura normal.

La alteración del clima a escala local, no es positivo, haciendo vulnerable la población, ya que por las actividades dentro de la ciudad y sumado el cambio climático, el clima se ha vuelto más extremo, hay aumento de temperatura, ondas de calor (islas de calor urbano), al igual que la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos (lluvias desproporcionadas)<sup>189</sup>. Así, entre más grande sea una la ciudad, crezca la mancha urbana se intensificarán, las islas de calor.

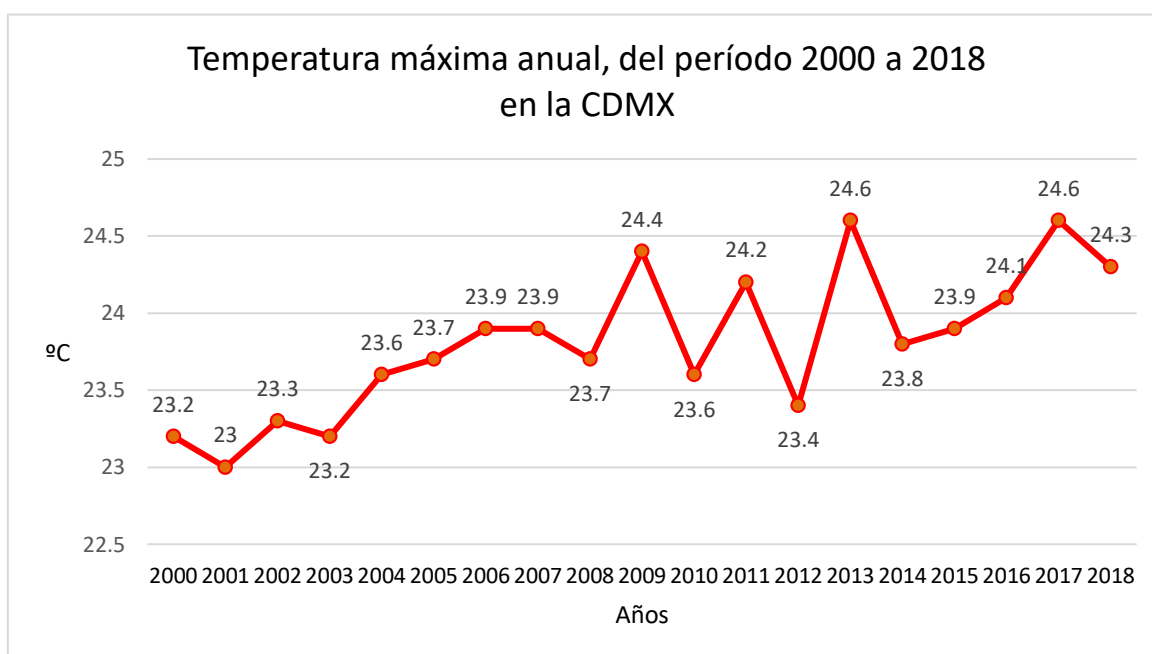
Con lo anterior, se retoman datos de la temperatura anual desde el año 2000 a 2018, para una comparativa de la variabilidad climática que se dio durante ese

---

<sup>188</sup> PNUD. (2008). Guía recursos de género para el cambio climático. Ciudad de México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

<sup>189</sup> UNAM-DGCS. (2012). Modifica la creciente urbanización el clima de la ciudad de México. Recuperado el 8 de mayo de 2019, de UNAM Sitio web: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012\\_069.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_069.html)

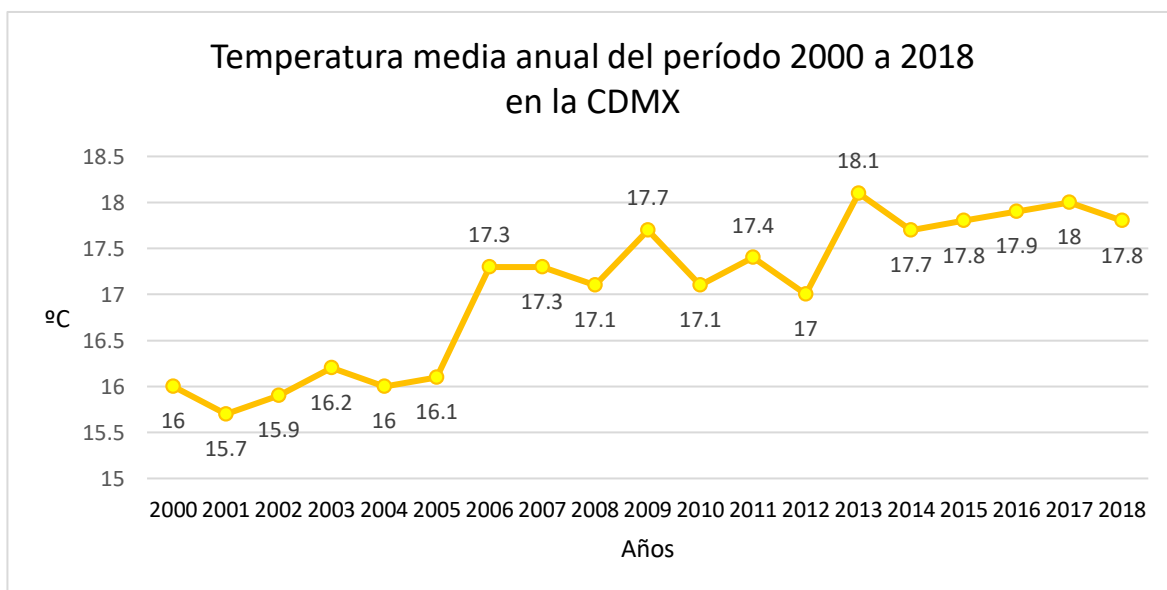
período en lo que respecta a la Ciudad de México. La cual se puede medir como: temperatura máxima anual, temperatura media anual y temperatura mínima anual, todo esto, con datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Éstas se retoman porque nos dan indicadores de como a cambiado el clima a nivel local durante los últimos 20 años aproximadamente, y mostrar la tendencia de que el incremento de la temperatura va en aumento.



Gráfica 4. Temperatura media anual período 2000 a 2018 en la CDMX. Elaboración propia con datos del SMN, (2019)

La temperatura máxima del período 2000 a 2018 en la CDMX (Gráfica 4), se presenta una variabilidad en el clima, la cual va en aumento. Cabe mencionar que este clima local según los datos a partir del SMN, del 2001 la temperatura era de 23°C y a partir de ese año fue aumentado gradualmente, teniendo variaciones en el aumento de la temperatura hasta 2006. Durante los años de 2008 a 2014, ha aumentado la temperatura local en donde se observa una variación muy particular y se muestran picos con aumentos y descensos graduales. A partir del 2014, hay un aumento progresivo, llegando en 2017, a la temperatura máxima del período con 24.6°C. Lo anterior, refleja un aumento del calentamiento local, en parte por las islas de calor generadas dentro de la ciudad, por la eliminación del suelo de conservación y de áreas verdes lo cual produce consecuencias negativas, en

términos del clima un aumento gradual en la temperatura, y sin la regulación del microclima dentro de las ciudades, así como también a consecuencia del cambio climático, por el calentamiento global.

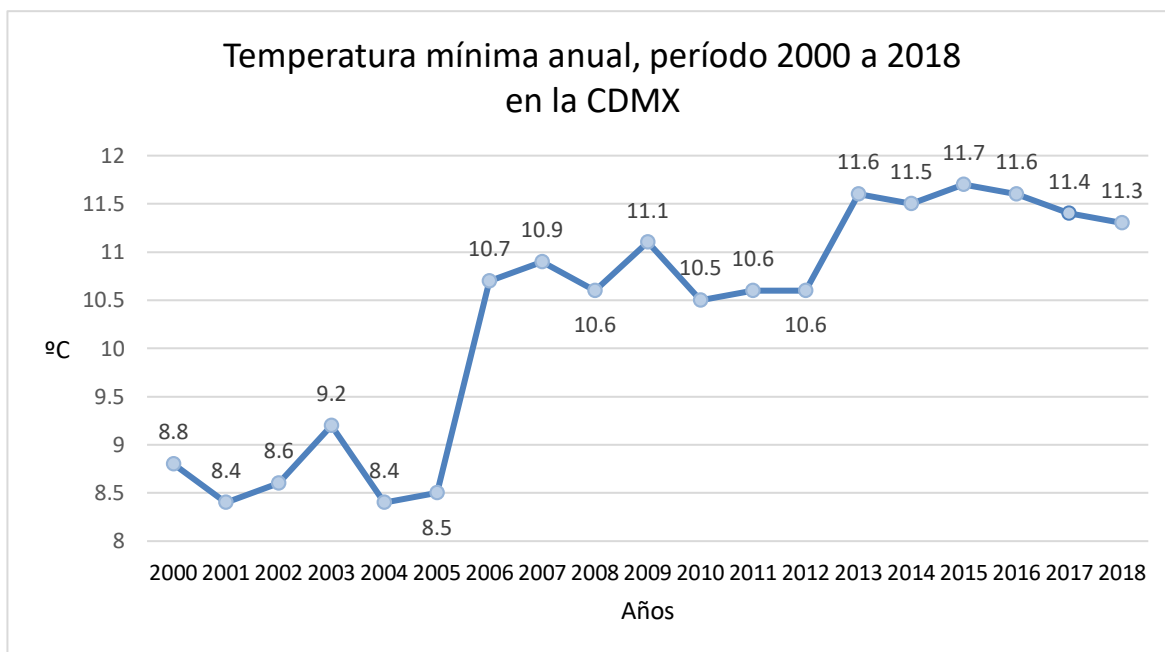


Gráfica 5. Temperatura media anual período 2000 a 2018 en la CDMX. Elaboración propia con datos del SMN, (2019)

Respecto a la temperatura media que comprende del 2000 a 2018 en la CDMX (gráfica 5), se muestran tres períodos con comportamiento distinto, pero lo que respecta a las tres variables se dio un aumento en la temperatura anual. En un inicio fue de 16°C, manteniéndose de 2000 a 2005 en ese rango con un comportamiento progresivo y con una diferencia de 0.4°C, a partir del año 2006, se observa un salto gradual de 16.1°C hasta 17.3°C, lo que equivale a 1.3°C. La temperatura, fue aumentando 1.7 °C, lo cual no deja de ser importante ya que para el año 2013, llegó a su máxima con 18.1°C, lo cual ya implica un incremento considerable en tan sólo 13 años, y a partir de ese año, empieza a disminuir ligeramente, conservándose entre los 17.7°C a los 18°C, con una tendencia a elevarse en años próximos.

La gráfica refleja el aumento gradual de la temperatura local en la CDMX, la cual, al ser una media anual, es alarmante que una media dentro de la ciudad tenga un aumento de casi 3°C. Se involucran factores como el aumento de infraestructura para transporte, mayor cantidad de suelo pavimentado y aumento de la mancha urbana (unidades habitacionales) desplazando o eliminando las zonas respecto al

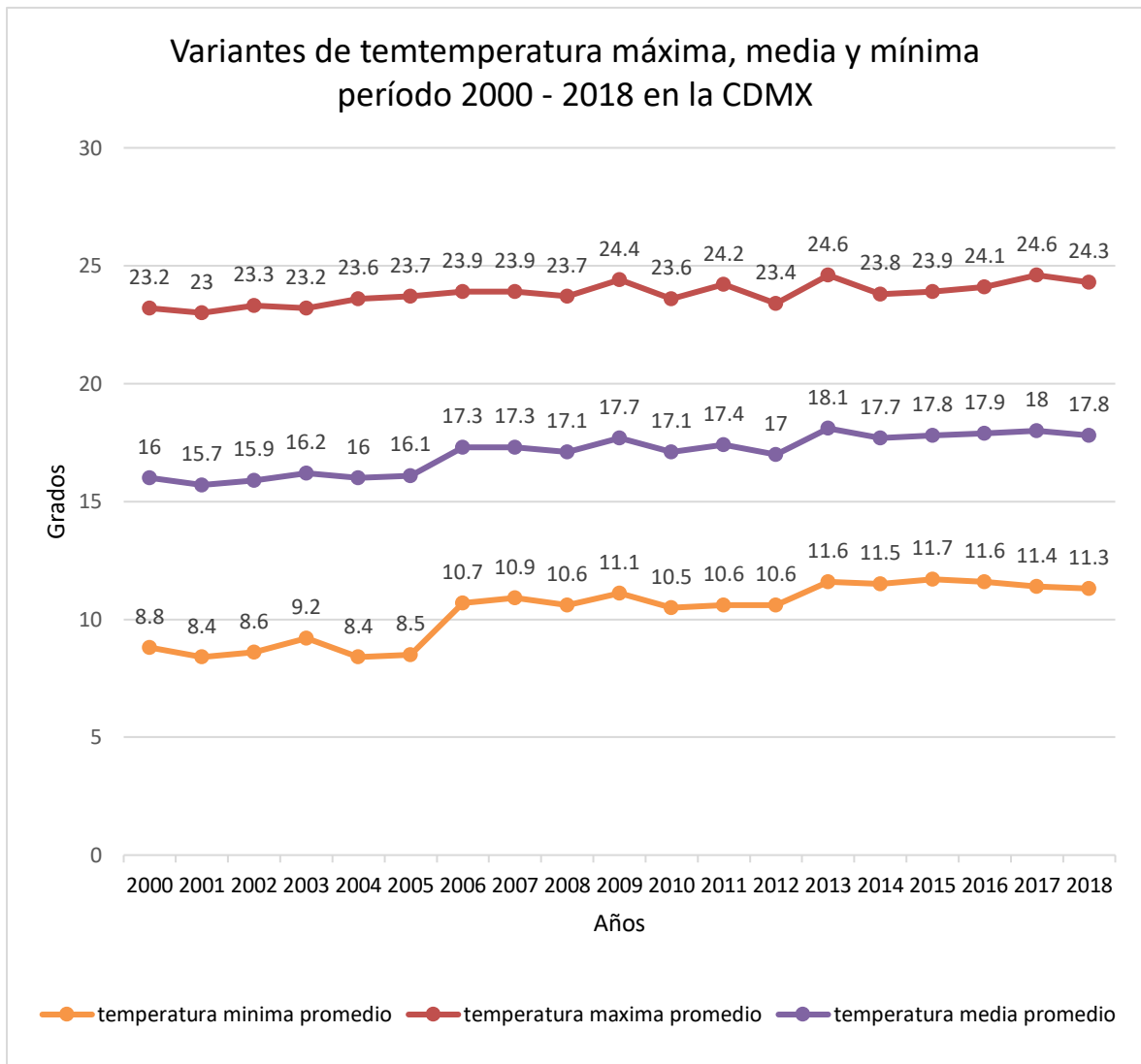
arbolado, pastos, arbustos (áreas verdes), suelo de conservación y en lo que respecta en relación al recurso hídrico, es donde se da la absorción del agua hacia los mantos acuíferos lo que hace más vulnerable a la población respecto a los golpes de calor como a una menor disponibilidad del agua dentro de la ciudad.



Gráfica 6. Temperatura mínima anual período 2000 a 2018 en la CDMX. Elaboración propia con datos del SMN, (2019)

Por último, una comparativa de la temperatura mínima anual período 2000 a 2018 en la CDMX (gráfica 6), se observan tres períodos con comportamientos distintos. Estos arrojan una variación de la temperatura, ya que del 2000 a 2005, se observa que el rango de temperatura osciló entre 8.8°C siendo la temperatura más baja dentro de este período. A partir de año 2006 a 2012, se observa un incremento de casi 2.2 °C, dentro de un rango de 10.7 °C, lo cual es un aumento considerable que implica que los elementos del clima están cambiando, con esto tomando en cuenta el último período que abarca de 2013 a 2018, donde también prácticamente se eleva un grado centígrado saltando de 10.6 a 11.6°C de 2012 a 2013, y se mantiene casi constante, también se puede señalar como en tan sólo en 18 años, se ha incrementado la temperatura mínima anual en 2.5 grados, lo que indica que en la Ciudad de México, se deben tomar ciertas consideraciones con respecto a los efectos de los gases efecto invernadero, cambio de uso de suelo, deforestación, aumento de la mancha urbana, islas de calor urbano, la vulnerabilidad hídrica y sus

consecuencias, que son una advertencias, que las acciones realizadas por la sociedad en general, están favoreciendo al calentamiento local de la ciudad, como al cambio climático.



Gráfica 7. Variantes de temperatura máxima, media y mínima período 2000 - 2018 en la CDMX. Elaboración propia con datos del SMN, (2019)

Así, en una representación de las gráficas (gráfica 7) en conjunto se nota que la temperatura ha aumentado, por las actividades dentro de la ciudad, la falta de ecosistemas, aumento de la mancha urbana, falta de áreas verdes entre otros. Como bien se observa en la gráfica, respecto a la temperatura mínima, media y máxima, es que hay un aumento de temperatura, mostrándose el aumento exponencial que refleja el cambio climático local en la ciudad por el aumento

perceptible de las altas temperaturas, primeramente, entre el 2005 y 2006, donde subió 1°C la temperatura tanto en la temperatura mínima como en la máxima promedio, en la última década en especial; esto a partir del 2013 la cual va en aumento, esto con consecuencias negativas para la población, que cambiará la dinámica social actual.

El cambio climático, es una realidad que cada vez es más visible a nivel local va acrecentando, si bien no hacemos algo ante esta situación en relación con la vulnerabilidad hidrológica se complicará, vulnerando a la población como a las pocas zonas de recarga, las cuales son primordiales para el abastecimiento del agua dentro de la ciudad. “Se prevé que temperaturas más elevadas y los cambios en las condiciones climáticas extremas afecten a la disponibilidad y distribución de las precipitaciones, las corrientes de los ríos y las aguas subterráneas y deterioren la calidad del agua”<sup>190</sup>. Así, la temperatura no solo a nivel local, sino a nivel global ha aumentado durante el último siglo 0.85 °C, lo cual es un incremento muy grande en un período respecto a la edad de la Tierra muy corto.

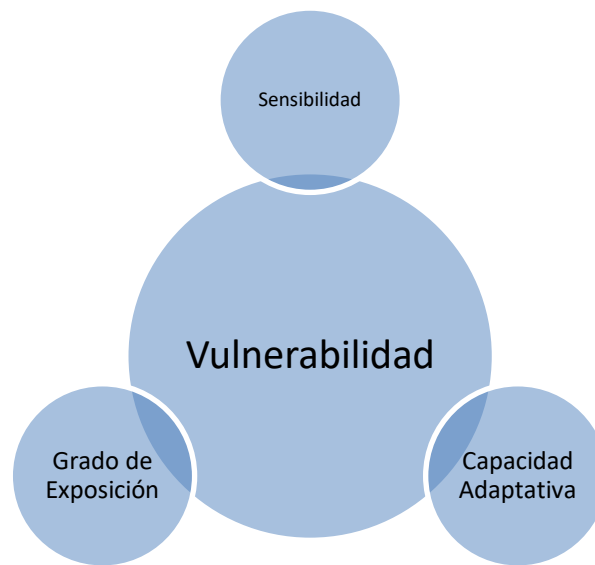
Frente a este contexto de la vulnerabilidad hidrológica en la ciudad de México, en relación con el cambio climático se vinculan los efectos negativos en relación en los cambios en el clima sobre las fuentes de abastecimiento del agua. Hechos recientes, como inundaciones y sequías, demuestran que los efectos del cambio climático están produciendo impactos sobre el sistema hidrológico y la seguridad hídrica de la población<sup>191</sup>. De lo anterior, se desprende el término impacto el cual según el IPCC (2015), son los efectos en los sistemas naturales y humanos, el cual se emplea en un contexto del cambio climático para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos (ciudades) de episodios meteorológicos y climáticos extremos.

Los factores físicos y ambientales presentan vulnerabilidades distintas a las sociales, pero las cuales se interrelacionan ya que existe, una interacción entre lo social y los factores ambientales como la variabilidad climática, esto con relación a la vulnerabilidad (esquema 6) (IMTA, 2015).

---

<sup>190</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>191</sup> Ospina J., et al. (2010). La ciudad de México ante el cambio climático. Ciudad de México: Centro de ciencias de la atmosfera (CCA).



**Esquema 6. Vulnerabilidad hacia el cambio climático, que tiene diferentes efectos a la sociedad.**  
Elaboración propia con datos del IMTA (2015)

Estos factores sirven para comprender la vulnerabilidad en un contexto de cambio climático. Estos indicadores, dan condicionantes sociales, climáticas, ambientales económicas, políticas, para comprender los componentes de la vulnerabilidad actual y futura, hacia una mitigación y adaptación al cambio climático.

- a) *Grado de exposición*: “En el discurso de cambio climático exposición se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis. Puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática”. Se desprenden tres factores para la comprensión de la exposición los cuales son; frecuencia de eventos extremos, problemática ambiental, cambios en el clima por cambio climático<sup>192</sup>.
  
- b) *Sensibilidad*: hace referencia al grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, la variabilidad del clima que

---

<sup>192</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

genere mayores o menores lluvias) o indirectos (por ejemplo, inundaciones por el aumento de la precipitación anual)<sup>193</sup>.

- c) *Capacidad Adaptativa*: “Hace referencia a las capacidades, recursos e instituciones, en diferentes niveles de análisis, que permitan detonar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas”<sup>194</sup>.

A partir de los tres componentes de la vulnerabilidad antes mencionados, se desarrolla la siguiente (tabla 16) que muestra las variables de la vulnerabilidad hidrológica, como las congruencias que implica a partir de los impactos generados por las variables.

Componentes de la vulnerabilidad	Variable	Significado	Fuente
<b>Grado de exposición</b>	Cambio en precipitación anual	Estimada a partir de datos de 15 Modelos de Circulación General (MCG)	IPCC-AR5 (2015)
	Brecha hídrica	Diferencia entre la oferta sustentable actual y la demanda al 2030	Conagua (2012)
	Antecedentes históricos de las sequías	Identificación de las regiones más propensas a condiciones de aridez	Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
<b>Sensibilidad</b>	Población municipal al 2030	Cantidad de habitantes en un futuro cercano	INEGI (2010)
<b>Capacidad adaptativa</b>	Grado de extracción en los acuíferos	Grado de resiliencia ante condiciones de reducción en precipitación	Conagua (2012)

Tabla 16. Factores considerados para estimar la vulnerabilidad hidrológica. Elaboración propia, con datos de INEGI, SMN, CONAGUA, IPCC, NOAA

<sup>193</sup> INECC. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>

<sup>194</sup> Ibidem.

Así con lo anterior, la capacidad adaptativa crea una resiliencia como respuesta, la cual interpreta el IPCC (2015) como la “capacidad de los sistemas sociales, económicos, ambientales, climáticos de afrontar un suceso, o perturbación peligrosa que responde y se reorganiza de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje, lo cual se vivió por la experiencia de la vulnerabilidad y su posterior transformación”.

Con esto, se toma a la resiliencia como la capacidad de un sistema que, en este caso, es sobre el recurso hídrico dentro de la ciudad, se da para resistir a las perturbaciones, así se crea una capacidad de adaptación como respuesta para restaurar el sistema para el mejoramiento respecto los servicios hídricos de la población que reside en la zona.

Así, la vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación”. Así la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, se genera la siguiente fórmula:

Vulnerabilidad = Impacto [(exposición + sensibilidad) – capacidad de adaptación]

Está representado que la vulnerabilidad, es igual a la exposición hacia un riesgo para eventos climáticos o causas antropogénicas, se suma la sensibilidad que tenga el territorio como la población que reside ahí, dando como respuesta una menor capacidad adaptativa a estos cambios<sup>195</sup>.

Así, la relación entre la vulnerabilidad hídrica y el cambio climático se relacionan, por los efectos de menor disponibilidad del agua, como precipitaciones más intensas a causa del incremento de la temperatura, las islas de calor urbano. Todo esto genera impactos negativos hacia la población en conjunto a los riesgos hidrológicos: deslaves, hundimientos, agrietamientos e inundaciones; dependiendo la exposición a estos su peligro.

“Para la población de Iztapalapa, los efectos que causan las inundaciones se manifiestan generalmente en daños a las viviendas, en la infraestructura y en

---

<sup>195</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

conflictos viales y sociales que generan pérdidas económicas debido al retraso laboral, además de accidentes. Esta alcaldía, es una de las varias que presenta un mayor número de inundaciones que se registran anualmente, junto con las alcaldías Álvaro Obregón, Cuauhtémoc, Tlalpan, Miguel Hidalgo, Benito Juárez, Magdalena Contreras, Iztacalco y Venustiano Carranza”<sup>196</sup>.

“Las medidas para proteger el clima local a futuro, son en gran medida las mismas que son necesarias para disminuir la vulnerabilidad frente a otros factores, las cuales requieren ser tomadas de manera inmediata e intensa para enfrentar los actuales retos; en el presente, la baja capacidad de adaptación a cualquier cambio está dada por una mezcla de factores”:

- Falta de mantenimiento de la infraestructura.
- Degradación de cuencas, fuentes de agua locales (pozos, agua subterránea)
- Aumento de la mancha urbana (Casi habitado el 100% del territorio plano, es decir la zona lacustre).
- Falta de acuerdos y planeación entre las instituciones involucradas en la gestión y operación, así como alta resistencia al cambio (no hay un cambio del gobierno hacia las demandas de la población).
- Mal manejo de políticas en materia de agua por parte de instituciones y órganos reguladores del agua<sup>197</sup>.

El recurso hídrico ha tomado una creciente demanda en la CDMX, la cual da un impacto de manera negativa sobre la recarga de acuíferos, como la importación de agua por parte de sistemas Lerma – Cutzamala, genera externalidades negativas hacia las zonas de donde se extrae el agua. La falta de inversión en mantenimiento y rehabilitación, como el deterioro de los sistemas de abastecimiento de agua, se ha generado a causa de la demanda urbana del recurso hídrico exhaustiva.

Los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico, son previsibles que conforme avance el proceso del cambio climático la precipitación anual sea menor,

---

<sup>196</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>197</sup> Ospina J., et al. (2010). La ciudad de México ante el cambio climático. Ciudad de México: Centro de ciencias de la atmosfera (CCA).

pero con mayor concentración. “Es decir, un decremento en las precipitaciones anuales pero un incremento en la intensidad de las tormentas. Por lo tanto, se espera que la disponibilidad media anual de agua por habitante disminuya”<sup>198</sup>. El patrón de distribución de lluvias ha cambiado, por lo que es común que se adelanten o se atrasen y ocurran eventos extremos como lluvias torrenciales o sequías.

Con datos del SMN, respecto a la precipitación en milímetros (mm) anual del período 2000 a 2018 en la CDMX (gráfica 8), en donde se afirma lo antes mencionado sobre la precipitación anual, la cual es menor, a un grado no muy perceptible, teniendo una tendencia a la disminución de la precipitación por año, pero en contraste las lluvias han sido más intensas, como en los últimos años se refleja en Iztapalapa en particular por las inundaciones más intensas en la zona.

Así, la relación existente entre la precipitación y la variabilidad climática refleja respecto a la temperatura mínima, media y máxima, que hay un aumento de esta, mostrándose un aumento exponencial desde esta última década que refleja el cambio climático local en la ciudad por el aumento perceptible de las altas temperaturas en especial los últimos años. Seguirá una tendencia hacia el aumento de temperatura junto con la variabilidad en la temporada de lluvias, como la generación de lluvias más intensas.

Se sabe que en un clima templado con lluvias en verano (Cw), debe de existir un promedio de 600 mm y 1000 anuales<sup>199</sup>, lo cual en la CDMX se observa que la tendencia de la precipitación a partir de 2005 se empieza a dar una variación anual observándose con picos por año desde aumento hasta descensos graduales, como en el año de 2005 con 645.3 mm que a 2006 aumentó a 882.4 mm, así variando la tendencia de las lluvias en descenso y observándose el cambio más drástico se da para 2017 con 488 mm y para el 2018 da un aumento exponencial hasta 782.6 mm. Así en la actualidad, ya no es muy notorio un promedio anual, ya que ha cambiado las precipitaciones por las estrepitosas variaciones en el clima.

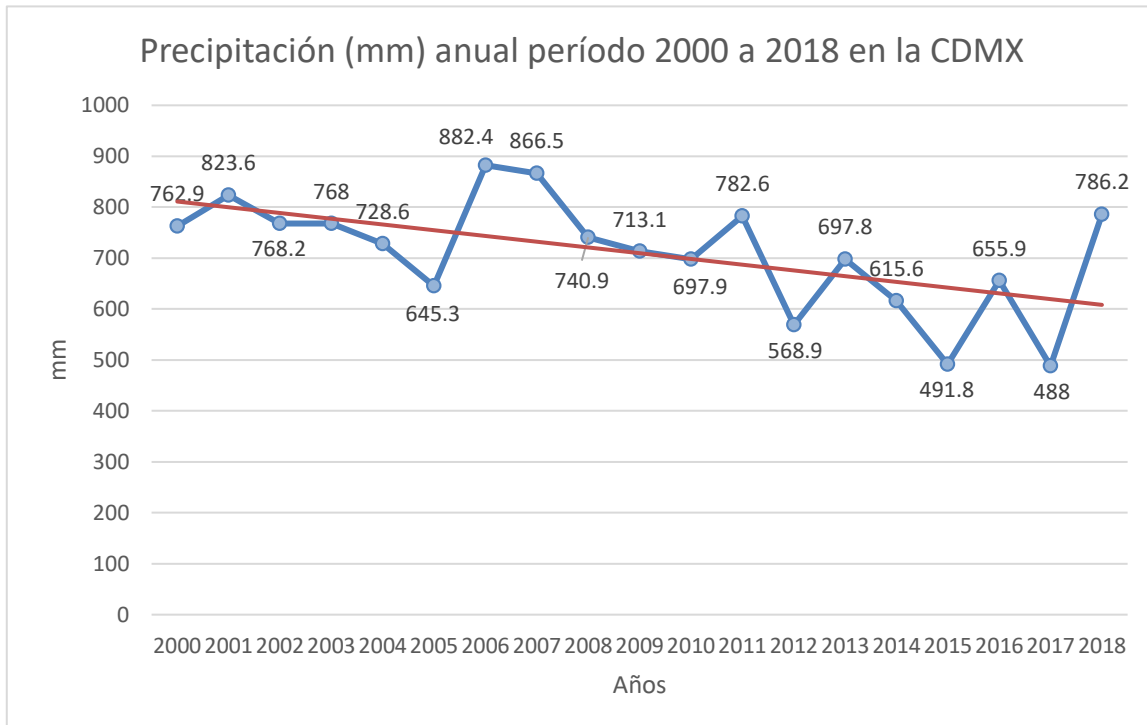
La interrelación que existe entre el clima y la precipitación son variables que tienen un estrecho vínculo, el cual, dentro de la ciudad es vital para el soporte del recurso

---

<sup>198</sup> IMTA. (2015). Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

<sup>199</sup> CONABIO. (2019). Bosques templados. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de CONABIO Sitio web: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>

agua de los mantos acuíferos, como por ende para las áreas verdes, suelo de conservación (ecosistemas), que son el medio para que haya una recarga. Con esto, básicamente es un sistema el cual es complejo por sus múltiples factores que intervienen.



Gráfica 8. Precipitación (mm) anual período 2000 a 2018 en la CDMX. Elaboración propia con datos del SMN, (2019)

“El cambio climático ya está afectando a los recursos hídricos y a su gestión en diversas regiones. Éste puede tener graves efectos en las zonas urbanas, incluyendo un mayor riesgo de inundaciones, una reducción en el suministro de agua”<sup>200</sup>.

Así la “adaptación al cambio climático se define como el ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como

<sup>200</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos”<sup>201</sup>.

Lo que respecta Iztapalapa, la temperatura máxima anual oscila en promedio de 16.7°C<sup>202</sup>, debido a que la temperatura del aire es mayor en los núcleos urbanos, por la capacidad de los materiales de construcción para almacenar calor y prácticamente nulas áreas verdes e invasión de suelo de conservación por asentamientos humanos irregulares eliminando el suelo originario cambiándolo por asfalto y cemento, todo esto crea islas de calor. Esta temperatura va en aumento desde el año 2000 a la actualidad entre los 16°C a los 17.8°C respecto a la temperatura media anual<sup>203</sup>.

La capacidad adaptativa crea una resiliencia como respuesta, la cual interpreta el IPCC (2015) como la “capacidad de los sistemas sociales, económicos, ambientales, climáticos de afrontar un suceso, o perturbación peligrosa que responde y se reorganiza de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje, lo cual se vivió por la experiencia de la vulnerabilidad y su posterior transformación”. Lo anterior, es esencial para afrontar a la vulnerabilidad hidrológica como la relación que existe entre los efectos del cambio climático.

Con esto se toma a la resiliencia, como la capacidad de un sistema para qué en este caso, dentro de la ciudad para resistir a las perturbaciones, a una capacidad de adaptación como respuesta para restaurar el sistema para el mejoramiento respecto los servicios hídricos de la población que reside en la zona.

La conservación del suelo para la recarga, como la regulación de los microclimas locales por las áreas verdes y ecosistemas aún existentes es esencial, para que el flujo del recurso en este caso el agua para que se lleve a cabo, así como hacer un ambiente resiliente ante el cambio climático, pero más que adaptarse la ciudad al cambio climático, se debe de crear una resiliencia ante el cambio climático, una capacidad que tenga la sociedad, con la implementación de acciones a favor del

---

<sup>201</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

<sup>202</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>203</sup> SMN. (2019). Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de Servicio Meteorológico Nacional Sitio web: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia>

clima y por ende al medio ambiente. La implementación de áreas verdes, para mitigar las islas de calor urbano (ondas de calor), es una de las medidas para procurar la mitigación de los efectos extremos, esto creando, rehabilitando, áreas verdes donde son escasas.

En términos generales, para generar un menor impacto al recurso hídrico se pueden implementar algunos de los siguientes aspectos, como el minimizar las pérdidas en redes de agua por fugas de agua potable; promover el uso eficiente del agua dentro del hogar, sanitarios de baja demanda en agua, fomentar e incentivar el reúso del agua gris dentro de las viviendas, captación de agua fluvial (cosecha de agua de lluvias) entre más acciones colectivas que aporten un cambio local<sup>204</sup>. Esto, para minimizar los efectos locales ya que bien se sabe, deben generarse acciones a gran escala para mitigar los efectos del cambio climático por lo menos, y no seguir contribuyendo al cambio climático.

Algunas de las consecuencias del cambio climático, se han incrementado en estos últimos años, como lo son las inundaciones, por el aumento de las intensas lluvias la que generan un grado de vulnerabilidad social.

El aumento de la temperatura local dentro de las ciudades, genera islas de calor urbano, el cual tiene efectos negativos en la población como el estrés, golpes de calor, que afectan en las actividades diarias que realiza la población.

En relación al clima puede generar más evapotranspiración pues las islas de calor urbano crean cambios de clima extremos desde un día caluroso de 30°C, hasta lluvias intensas que generan inundaciones en zonas perceptibles a estos riesgos.

---

<sup>204</sup> IMTA. (2015). Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

### **Capítulo 3. Aproximación a la vulnerabilidad hídrica, riesgo hidrológico y cambio climático a partir de los Sistemas de Información Geográfica**

---

Siendo la problemática principal la vulnerabilidad hacia la sociedad, se retoman algunos tipos de vulnerabilidad los cuales son los principales a tratar en el desarrollo de esta investigación.

- Vulnerabilidad social: con este término se construye un enfoque social sobre la vulnerabilidad, de que los sistemas sociales y políticos crean las condiciones en las cuales las amenazas tienen un impacto diferente sobre diferentes grupos dentro de la sociedad, la cual es una combinación de características de una persona, grupo o comunidad expresadas en relación con la exposición a una amenaza derivada de sus propias condiciones sociales, ambientales o económicas<sup>205</sup>.

También se puede definir como, el proceso por el cual la población humana y los ecosistemas, están sujetos a riesgo de sufrir daño o amenazas ocasionadas como se ha mencionado antes por factores climáticos, biofísicos y sociales, esto dando como respuesta a un escenario donde la situación es limitada o nula hacia una solución a la problemática o impacto para adaptarse<sup>206</sup>.

- Vulnerabilidad hidrológica: proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad, disponibilidad y cantidad del agua que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas, tales como a la escasez del agua y las inundaciones por la variabilidad en el clima por eventos hidrometeorológicos extremos que son los cambios en el patrón de precipitación que conllevan desde sequías hasta inundaciones, con esto se da el concepto de la vulnerabilidad hidrológica<sup>207</sup>

---

<sup>205</sup> Blaikie et al. (1998). Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Bogotá: La RED.

<sup>206</sup> Ávila, P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. Ciencias, 46-57.

<sup>207</sup> PINCC, U. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

- Vulnerabilidad climática: la cual comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación<sup>208</sup>.

Así, estos conceptos se retoman para dar una aproximación a la problemática que existe en la alcaldía de Iztapalapa, como también la relación que hay con el cambio climático de manera local. Se vincula a partir del marco metodológico, el cual es el método geográfico con las herramientas de software como ArcGIS y QGIS, para procesar los datos, crear una visualización (mapas, cartografía) y posteriormente hacer un análisis de estos para dar una aproximación a la vulnerabilidad hidrológica en Iztapalapa y su relación con el cambio climático a partir de los sistemas de información geográfica.

Los sistemas de información geográfica (SIG's), nos dan las relaciones espaciales que existen en diferentes lugares de lo cual se tiene diferentes operaciones, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares partiendo de:

- Datos: se encarga de las operaciones de la lectura, edición, almacenamiento de entrada y salida de datos y la gestión de estos dentro de los sistemas de información geográfica.
- Visualización (creación de cartografía, mapa digital): se crean representaciones a partir de los datos (mapas) permitiendo una interacción visual con ellos.
- Análisis: aquí se concentran el contenido ya visualizado para el análisis de los datos geográficos, esta generación de resultados pueden ser mapas, gráficos, informes o documentos de gestión.

---

<sup>208</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

A partir de SIG's, se tendrán elementos separados los cuales se relacionarán para hacer un análisis complejo entre los diferentes factores que intervienen para comprender diferentes impactos, como problemáticas que existen.

Se desprenderán cuatro problemáticas o impactos a tratar:

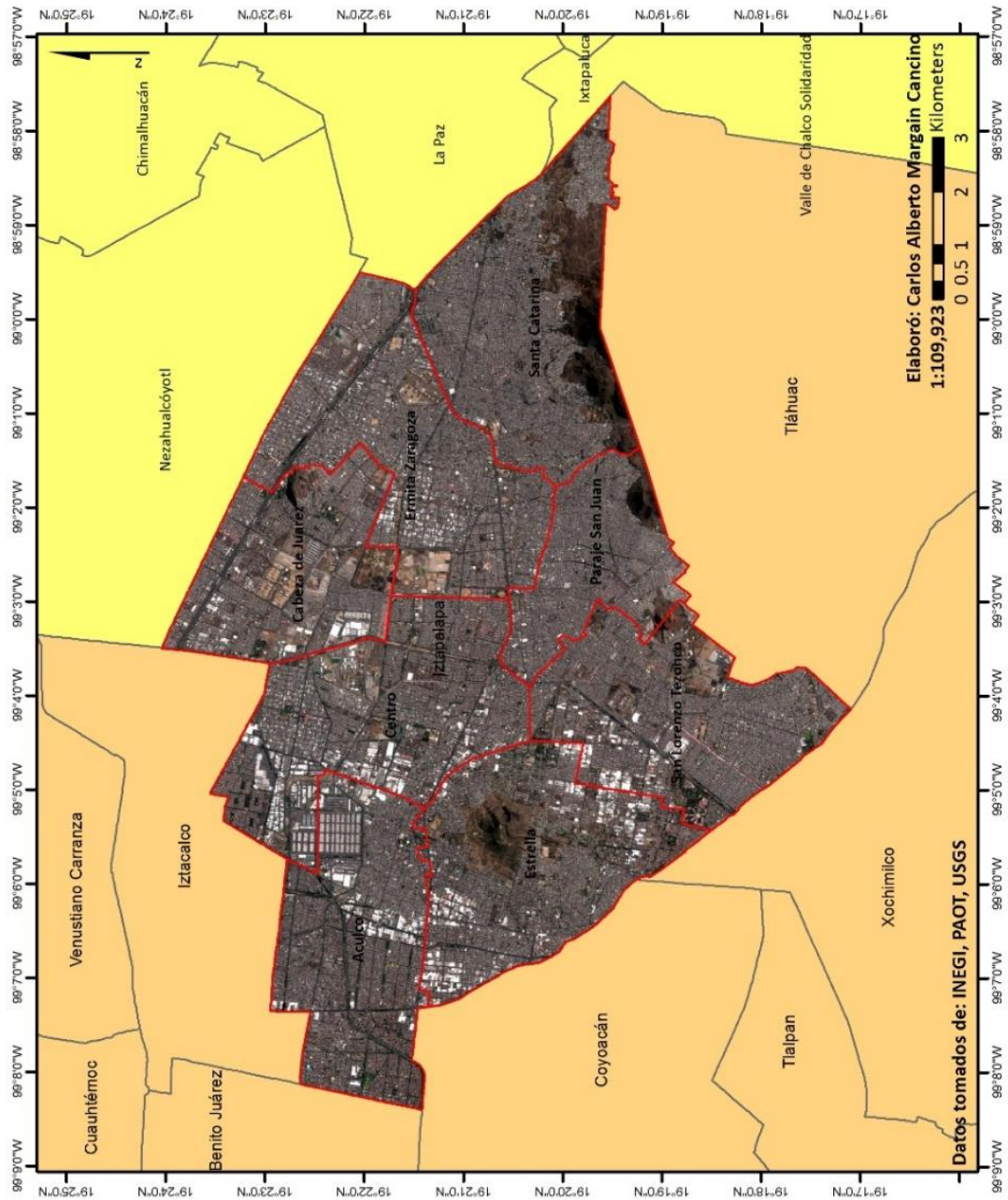
- Aumento de la mancha urbana
- Vulnerabilidad hidrológica
- Riesgos hidrológicos
- Cambio climático

Todos estos, siempre vinculándolos en relación a la problemática de la vulnerabilidad hidrológica, creando un sistema complejo por los diferentes factores que intervienen en cada elemento y los cuales se interrelacionan.

El análisis posterior de los datos ya visualizados en mapas digitales, como resultados pueden ser mapas, gráficos, informes (análisis de los mapas), exponer la complejidad que existen. Para esta investigación, se realizaron diversas zonificaciones espaciales con varias extensiones para realizar un mejor análisis de la alcaldía. A partir de las zonificaciones (tabla 17), se obtuvieron 8 zonas, las cuales son (mapa 37):

Delimitación territorial	Área en Km <sup>2</sup>
<b>Centro</b>	16
<b>Cabeza de Juárez</b>	12
<b>Ermita Iztapalapa</b>	17
<b>Santa Catarina</b>	17
<b>Aculco</b>	14
<b>Estrella</b>	15
<b>San Lorenzo Tezonco</b>	14
<b>Parajes de San Juan</b>	8

Tabla 17. Delimitación territorial por sección. Elaboración propia.



## 1. Aumento de la mancha urbana

---

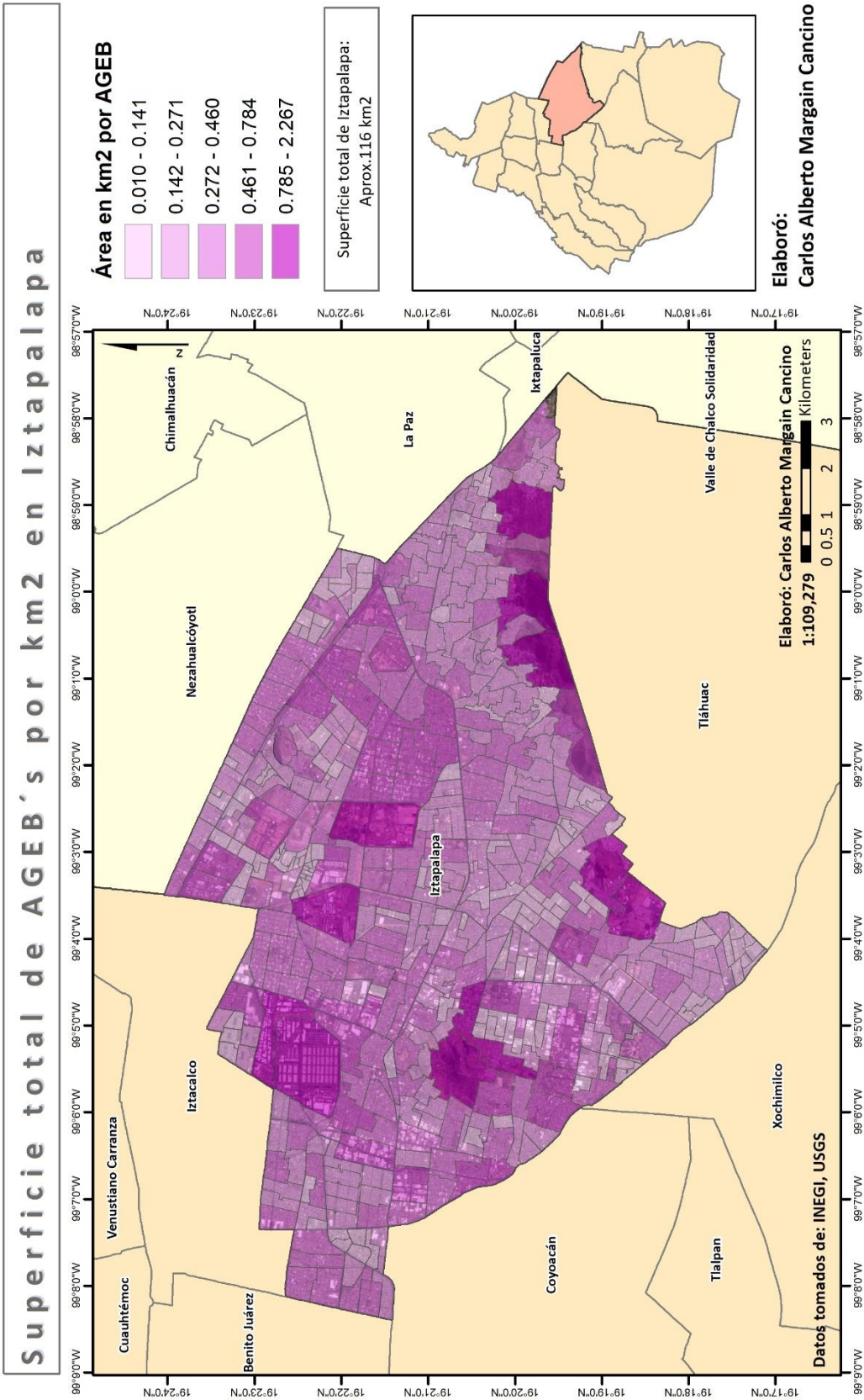
En primera instancia, se introduce a la problemática en relación a los impactos negativos del aumento de la mancha urbana por la densidad poblacional; a la superficie total de la alcaldía y su distribución del territorio, así como a los impactos negativos respecto al aumento demográfico. Respecto a la vulnerabilidad social definida como la exclusión de partes de la población al proceso de desarrollo respecto a factores como empleo e ingreso, educación, salud, vivienda y población al igual que la importancia de la cuestión ambiental con respecto a la falta de áreas verdes, zonas recreativas (parques, deportivos) y suelo de conservación.

En los siguientes SIG´s, se integran y relacionan diferentes variables que dan como resultados distintos procesos y dinámicas sociales que tienen efectos negativos en las diferentes delimitaciones territoriales, y que conllevan la vulnerabilidad hidrológica insitu; también el clima local será afectado por la variación de la temperatura, la cual aumentará, como las precipitaciones se presentarán con mayor intensidad y por lo tanto, todo lo anterior contribuirá al cambio climático en la demarcación.

La relación que existe entre la superficie del área en Iztapalapa y la densidad poblacional de la misma, es esencial para comprender los procesos y dinámicas sociales, que tienen efectos negativos hacia la vulnerabilidad hidrológica, que si bien no se revierte, esto repercutirá en la disponibilidad del agua así como los riesgos hidrometeorológicos que serán mayores, también el clima local respecto a la temperatura aumentará, y las precipitaciones serán más intensas y por lo tanto, todo lo anterior contribuirá al cambio climático.

En los siguientes mapas se visualizarán los diferentes efectos que genera la vulnerabilidad social y ambiental.

El sistema de información geográfica que a continuación se muestra es sobre la superficie de Iztapalapa en km<sup>2</sup> con las áreas geoestadísticas básicas (mapa 38).



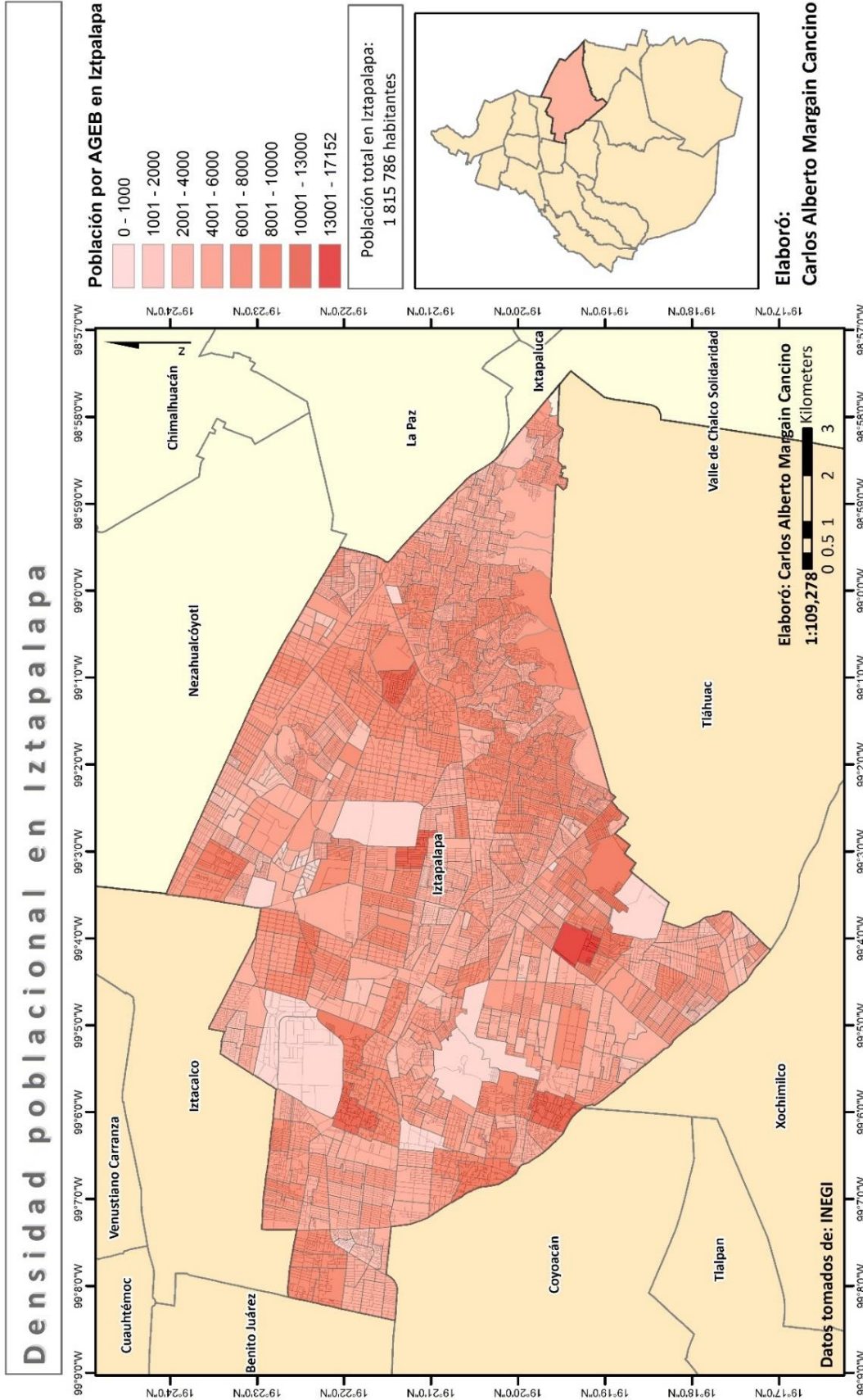
Mapa 38. Superficie total de AGEB's por km<sup>2</sup> en Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de INEGI, USGS

Iztapalapa, cuenta con una extensión de 116 km<sup>2</sup>, se localiza en el oriente de la CDMX, representa el 7.1 del área total de la capital. En general la distribución del área en km<sup>2</sup> por áreas geoestadísticas básicas, es proporcional en casi todo el territorio, pero bien de factores que determinan la distribución de ésta como se describe a partir de la simbología del mapa digital:

- Entre las áreas de 0.010 km<sup>2</sup> a 0,460 km<sup>2</sup>, en la cual la distribución es equitativamente parecida en toda la superficie de los ocho límites territoriales que se le marcaron.
- Respecto a las áreas entre 0.460 km<sup>2</sup> a 0.784 km<sup>2</sup>, se ubican mayormente al oeste en el límite territorial de Aculco cercano a la alcaldía Benito Juárez, como en la zona de Santa Martha Acatitla, Santa María Aztahuacan; más hacia el suroeste en el límite territorial de La Estrella están colonias como, Lomas estrella, Santa María Tomatlán; y en la parte norte que pertenece a Cabeza de Juárez se encuentra Tepalcates.
- Las superficies más amplias diaria en km<sup>2</sup>, que van en un rango de 0.784 km<sup>2</sup> a 2.267 km<sup>2</sup>, se encuentran zonas de comercio como la central de abastos en el límite territorial del Centro; de servicios como la Comisión Federal de Electricidad o la Policía Federal Preventiva de igual forma ubicada en el Centro; zonas recreativas entre ellas parques como el Cuitláhuac y el Santa Cruz Meyehualco dentro de la zona de límite territorial de cabeza de Juárez y Ermita Zaragoza; zonas de suelo de conservación, siendo el cerro de la Estrella, volcán Yuhualixtli en San Lorenzo Tezonco y parte de la Sierra de Santa Catarina, en la cual ya presenta asentamientos humanos irregulares que van en aumento lo que está afectando a la recarga de los acuíferos por ende a menor disponibilidad de agua.

En estas superficies pequeñas y proporcionadas existe la mayor población de la ciudad de México, esto descrito en el siguiente SIG's.

Continuando con el análisis de los mapas, se da una aproximación a la densidad poblacional de Iztapalapa, la cual se refiere al número promedio de un área en relación a una unidad de superficie (mapa 39).



En el Censo Poblacional 2010, se registró una población de 1 815 786, para 2015 se alcanza 1 827 868 habitantes, lo que representa un 20.5% de los habitantes en la CDMX. La densidad poblacional, respecto a su distribución de la población es muy equitativa, se ha desarrollado uniformemente en el territorio a diferencia de otros municipios o alcaldías.

- La población que respecta entre 0 a 1 000 habitantes se encuentra en las zonas industriales o de comercio como la central de abastos, deportivos como el de Santa Cruz Meyehualco o parque como el Cuitláhuac, Santa Cruz Meyehualco o donde existen universidades grandes como la UACM (San Lorenzo Tezonco) o la FES Zaragoza. Esto porque no son zonas habitables, pero sí con un gran cúmulo de personas.
- La distribución de la población entre 1 000 a 6 000 habitantes se da uniformemente en toda la superficie, mientras que respecto a la población entre 6 000 a 10 000 habitantes es más concentrada en zonas como Santa Martha Acatitla, Parajes de San Juan o Cabeza de Juárez, donde existen mayor número de unidades habitacionales.
- Por otro lado, áreas con mayor población son las unidades habitacionales como en la Vicente Guerrero la cual es entre 10 000 a 13 000 habitantes como a los costados de la central de abastos en las colonias de San Ignacio, San Lucas y Santa Bárbara; mientras que en el mapa se observa un recuadro color rojo intenso, dicho punto señala al reclusorio Oriente, el cual presenta una gran concentración de población, con más de 17 000 personas, al sur de la alcaldía.

Una problemática del crecimiento poblacional, es el aumento de la mancha urbana el cual se genera a partir del aumento demográfico, lo que implica la necesidad de buscar viviendas en la demarcación que, en este caso, es Iztapalapa asentándose en lugares no habitables como laderas, a las faldas de los cerros y la sierra o suelo de conservación, generando impactos negativos tanto ambientales como sociales, los cuales se verán un poco más adelante a partir de los SIG's.

La densidad poblacional en la Iztapalapa va en aumento, un factor de la población que se asienta en zonas como las pendientes de la Sierra de Santa Catarina, el cerro del Peñón de Marques o el cerro de La estrella, lo que generan demandas

mayores de servicios como luz, agua, vialidad (avenidas, transporte), esto a su vez, genera el aumento de viviendas que gradualmente invaden estas zonas de alto riesgo, hidrológico como geológico.

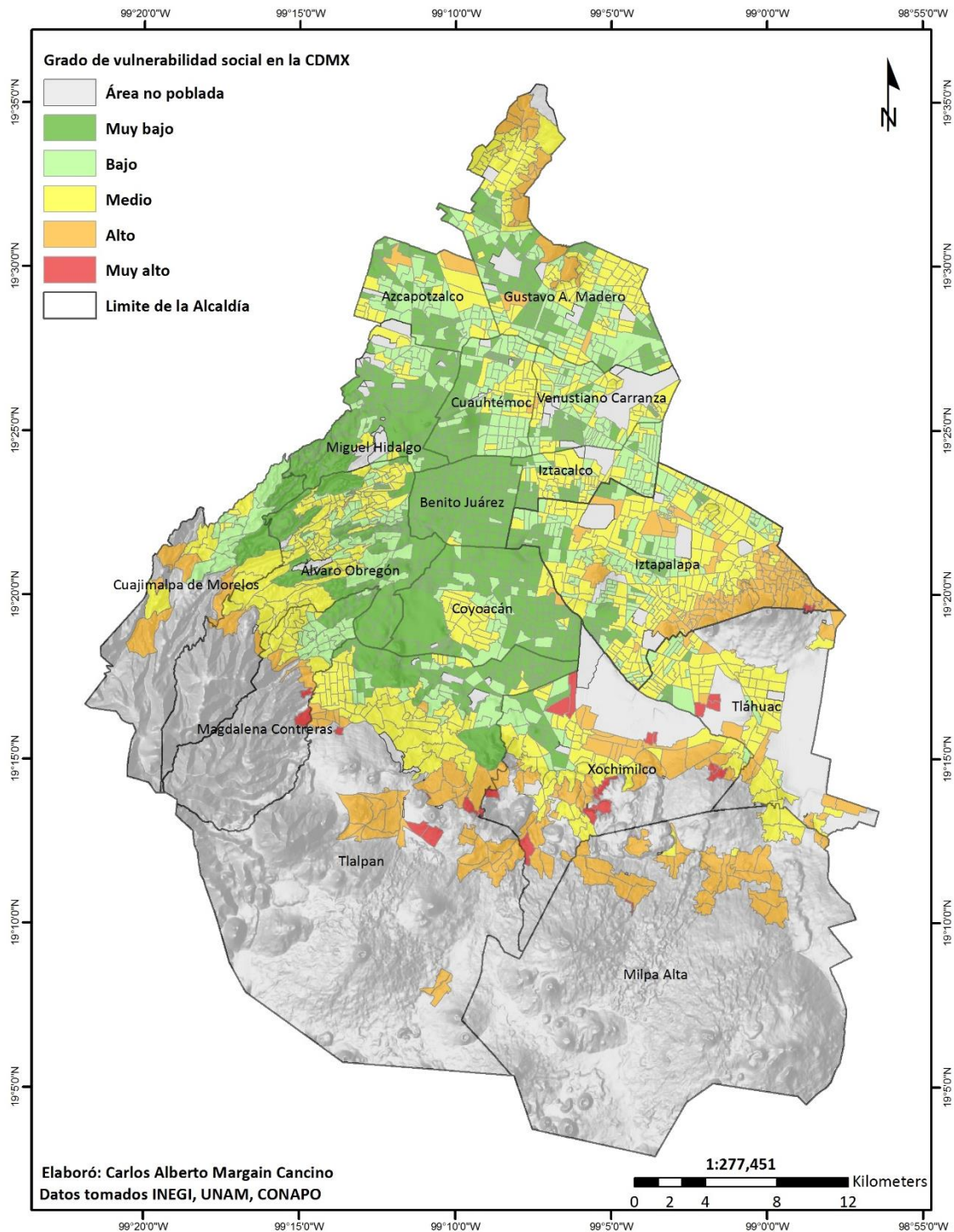
Algunos factores que influyen en la distribución poblacional, como educación (nivel básico, media superior y superior), servicio (hospitales, agencias judiciales, centros comerciales,) áreas recreativas zonas (parques, deportivos, áreas verdes) y suelo de conservación para que los habitantes tengan algo que se le llama “calidad de vida” y tengan un desarrollo y desempeño mejor en la sociedad. Lo anterior, es algo que en la alcaldía de Iztapalapa falta mucho por desarrollar, es indispensable la generación de un cambio para mitigar los efectos negativos del aumento de la mancha urbana.

A partir de los efectos negativos del aumento de la mancha urbana, en zonas que prácticamente no se cuenta con espacios para viviendas, se genera una vulnerabilidad social, la cual es una combinación de características de una persona, hogar o comunidad expresadas en relación con la exposición a una amenaza derivada de su propia condición en las que se desarrolla entrando factores sociales, ambientales, económicos, culturales y políticos, que si bien todo esto posteriormente se centra hacia la vulnerabilidad hidrológica como su relación con el cambio climático.

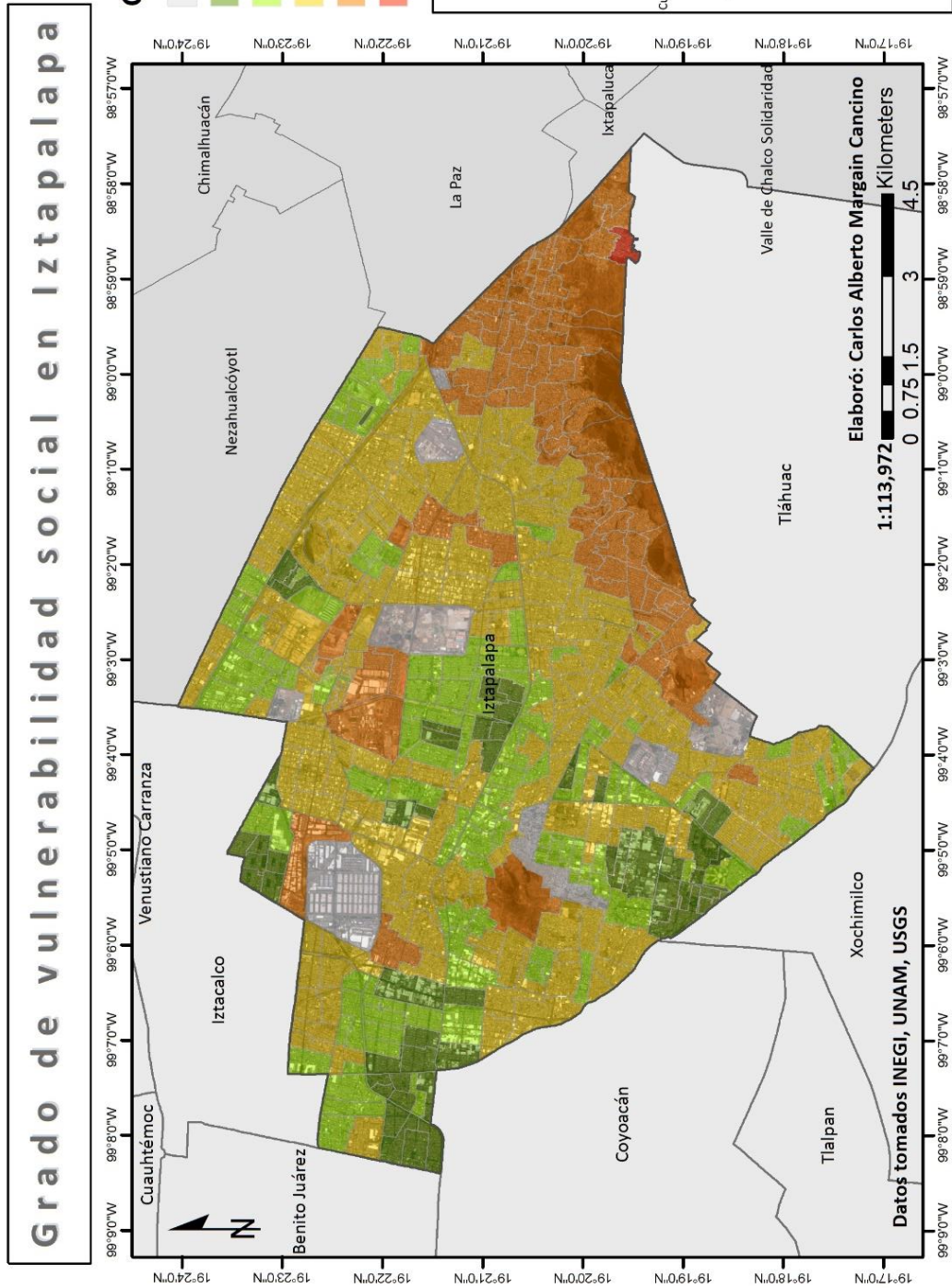
Con lo dicho anteriormente, se genera un mapa digital en relación al grado de vulnerabilidad social, que es igual a la marginación en un contexto social para un análisis espacial de este factor en Iztapalapa, que incluye cinco grados de vulnerabilidad que van de muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, esto para diferenciar los cambios entre cada uno y analizar cada uno.

A partir del grado de vulnerabilidad social, se realizó un sistema de información geográfica sobre los grados de marginación, así como su distribución espacial grados de marginación en la CDMX (mapa 40), la cual se refiere a la exclusión de partes de la población al proceso de desarrollo. Se seleccionaron cinco temas que determinan la capacidad de desarrollo la población que son: empleo e ingreso, educación, salud, vivienda y población. Se muestra, los grados hacia una

vulnerabilidad social entorno a la población. Esto nos permite visualizar donde se localizan los grados de marginación desde muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.



Mapa 40. Grados de vulnerabilidad social en la CDMX. Elaboración propia con datos de INEGI, CONAPO



Mapa 41. Grado de vulnerabilidad social en Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de INEGI, UNAM, USGS, CONAPO

Se extrajo la zona de interés que respecta a Iztapalapa, donde se generó un mapa de grados de vulnerabilidad social (mapa 41) respecto a las áreas geoestadísticas básicas desglozan de las siguientes áreas territoriales:

- *Centro*: se puede ver que en la zona Centro, existe una marginación alta, respecto a las áreas aledañas a la Comición Federal de Electricidad y parte de la central de abastos, el valor medio predomina junto con el bajo y muy bajo en la parte sur de la zona.
- *Ermita Iztapalapa*: Esta zona del mapa, la cual es una de las más grandes en cuanto a superficie, predomina un grado de marginación medio, cabe señalar que el parque Santa Cruz Meyehualco se encuentra dentro de ésta área, mientras que del lado de la penitenciaría Juvenil de Santa Martha Acatitla, es donde existe grado alto y sus zonas aledañas y por último el grado bajo se ubica parte de la Avenida Ignacio Zaragoza, más preciso en Faro de Oriente y las unidades habitacionales aledañas.
- *Cabeza de Juárez*: en esta zona el grado alto en la colonia Renovación la cual se encuentra aledaña a el parque Cuitláhuac, respecto al el grado medio se ubica en las colonias de Ejército de Oriente y La Paraíso, donde existe mayor incidencia en delincuencia, mientras que el grado bajo se encuentra por mencionar alguna en Ejército Constitucionalista, donde se encuentra el CCH Oriente y el grado muy bajo se ubica en Cabeza de Juárez donde la FES Zaragoza.
- *Santa Catarina*: se muestra en el mapa, la zona de la Sierra de Santa Catarina, ésta presenta un alto grado de marginación, de sur a noreste en zonas irregulares, seguido de un grado medio al noroeste donde todo el territorio es cemento y asfalto, ubicándose la UACM plantel Casa Libertad al norte de este límite territorial, cabe resaltar que en este límite territorial existe la única zona con muy alto índice de vulnerabilidad al sureste de la alcaldía en la colonia Emiliano Zapata a orillas de la Sierra de Santa Catarina.
- *Aculco*: la distribución de los grados de vulnerabilidad social de esta área, se distribuyen casi en forma homogénea, respecto al grado medio se encuentra la alcaldía de Iztapalapa, también se tiene parte de la central de abastos, mientras que en el grado bajo por mencionar algunas

colonias, se encuentran Escuadrón 201 y Héroes de Churubusco y en el muy bajo, se localizan Portales Oriente Miravalle y Ermita, las cuales colindan con la colonia Portales en la alcaldía Benito Juárez.

- *Estrella*: el cerro de La Estrella y su población aledaña, se encuentra en un grado alto, sobre el grado medio se ubica una parte al oeste de las orillas del cerro, en la zona de grado bajo están en la el área de reserva del suelo de conservación y en el grado muy bajo están hacia el sur en las colonias ejidales como Santa María Tomatlán y Lomas Estrella.
- *San Lorenzo Tezonco*: una pequeña proporción se encuentra en un grado alto, aledaño al volcán Yuhualixtli, en San Lorenzo Tezonco, donde a sus faldas se encuentra ubicada la UACM, plantel San Lorenzo Tezonco, al límite de ésta se encuentra un grado medio por mencionar algunas colonias como Lomas de San Lorenzo y San Lorenzo y en el grado muy alto están El Vergel y aledañas a Canal de Garay así como al oeste de esta zona.
- *Parajes San Juan*: el grado de vulnerabilidad social que se representa en esta zona, es alto, en donde la parte sur se toma en cuenta la parte del volcán Yuhualixtli en San Lorenzo Tezonco (la mayor para la extracción de material de construcción), se presenta un grado medio con una muy pequeña proporción al norte y de un grado bajo casi al centro de este límite territorial.

A partir de la aproximación del análisis del mapa, se deduce que en las zonas donde existe más áreas verdes y zonas recreativas, centros educativos (universidades, preparatorias), deportivos, culturales (Faro de Oriente) o unidades médicas, hay una mayor resiliencia hacia la vulnerabilidad social, mientras que donde existen zonas degradadas como el cerro de La Estrella o el parque Cuitláhuac, centros de distribución comercial como la central de abastos, penitenciaría juvenil o empresas como la Comisión Federal de Electricidad, existe un grado alto de vulnerabilidad social, el cual incide por las mismas actividades negativas que repercuten dentro de la sociedad.

## **Discusión**

El aumento poblacional, va en aumento y más en una ciudad como la CDMX, el cual es un centro económicamente activo, a este paso la superficie por habitante se duplicará, concentrándose en zonas muy pequeñas, como son las colonias de Iztapalapa, una gran cantidad de personas, que a su vez demandarán más recursos, como el hídrico, necesario para la vida diaria.

La mancha urbana en la alcaldía va en auge, la cual requiere y exige mayor disponibilidad del agua, incluso en zonas donde el acceso o servicio no existe, esto crea un estrés en el recurso, que llevan a problemáticas sociales y ambientales dentro de la población.

Si bien se sabe que, la expansión de la urbanización crea el aumento de la mancha urbana la cual necesita de servicios entre ellos el hídrico, el cual, por falta de infraestructura o muchas veces por estar asentados en lugares inaccesibles para vivir como los asentamientos humanos irregulares, no es posible que el recurso se proporcione, aunado la excesiva extracción del recurso hídrico, lo que genera consecuencias negativas en el medio como ocurre en la alcaldía de Iztapalapa, modificando casi en su totalidad su superficie, lo que trae consigo impactos mayormente negativos respecto a servicios básicos (agua), lugares de esparcimiento (áreas verdes, suelo de conservación) casi nulos, dando como resultado que estos impactos se profundicen hacia una menor recarga de agua subterránea.

Sobre las problemáticas sociales, respecto a la vulnerabilidad hidrológica, un punto importante a retomar, es que existen en Iztapalapa constantes fugas, que conllevan al desperdicio del agua que afecta a la población, ya que el sistema hidráulico requiere de mantenimiento, sin que las autoridades hagan caso a los reportes que realiza la ciudadanía, no siendo atendidas las demandas de la población que habita el territorio y mayormente las personas con más afectaciones son las que viven dentro de las zonas donde hay un grado alto de vulnerabilidad, como se analiza en mapas anteriores dentro de este subcapítulo.

## 2. Vulnerabilidad hidrológica

---

La vulnerabilidad hídrica o hidrológica, es un proceso que conlleva a situaciones críticas y algunas veces irreversibles en torno a la disponibilidad del agua que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas, tales como a la escasez (disponibilidad) del agua, como también la variabilidad climática por eventos hidrometeorológicos extremos que son cambios en el patrón de precipitación que conllevan desde sequías hasta inundaciones, con esto se da el concepto de la vulnerabilidad hidrológica<sup>209</sup>.

Hay que dar un énfasis hacia la vulnerabilidad hídrica o hidrológica, ya que es una variable del tema central de este trabajo, por ser el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad del agua que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas, la variabilidad en el clima tales como a la escasez del agua y las inundaciones que son eventos hidrometeorológicos extremos.

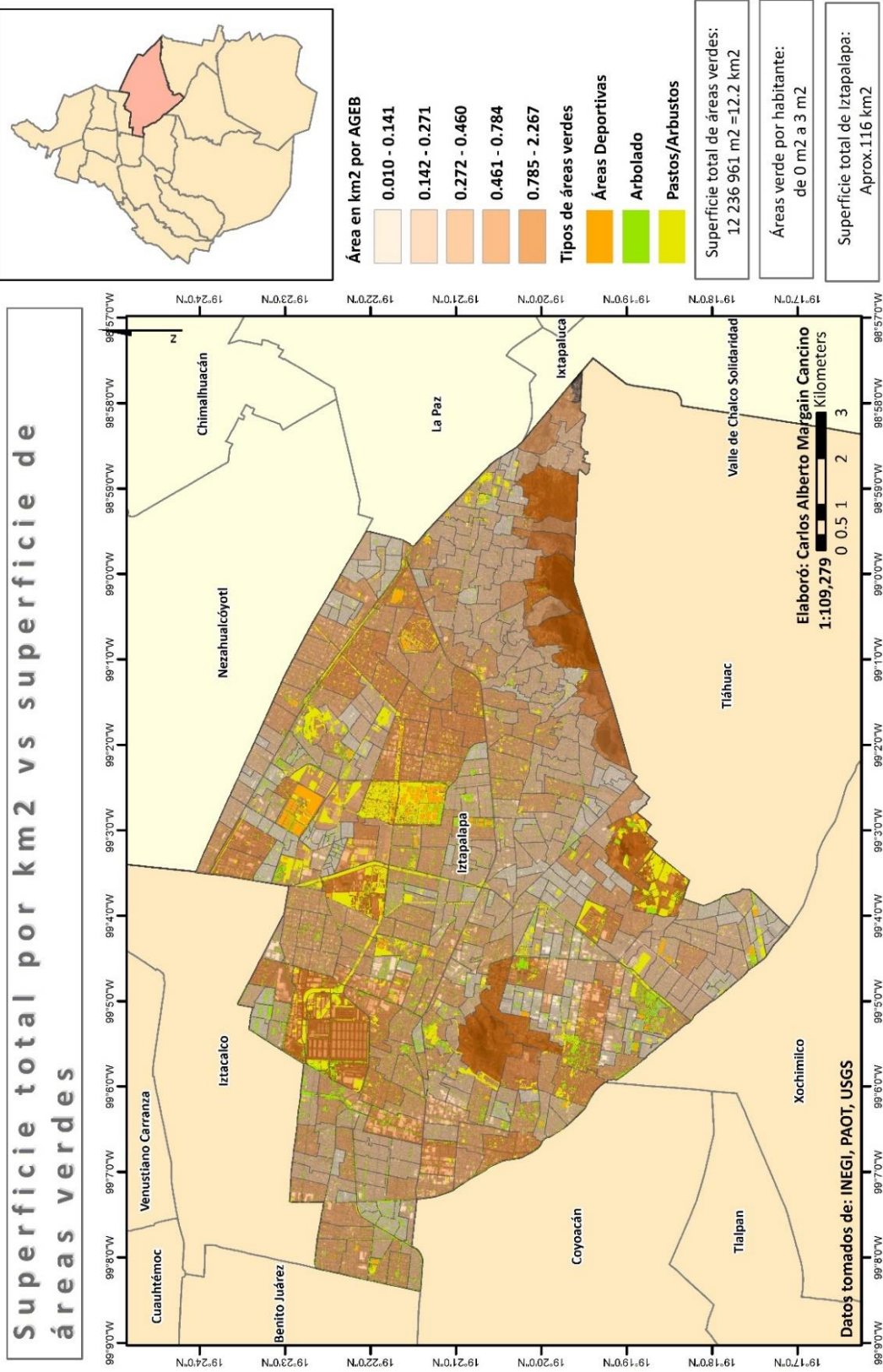
A partir de la vulnerabilidad hidrológica, se realizaron SIG's, que visualizan y analizan la problemática en relación con la superficie de Iztapalapa y su conexión con las áreas verdes ya que de estas son casi nulas tanto como uso recreativo, zonas de recarga y a nivel paisaje.

La problemática de la disponibilidad del agua en Iztapalapa se puntualiza en este subcapítulo, donde se muestran las zonas de distribución del agua ya sea por pozos o tandeo para dar un panorama amplio y dar así una aproximación al acontecer que se vive en Iztapalapa respecto a la escasez del recurso. Estos se describen por la delimitación territorial donde se focalizan las colonias con más demanda del recurso y por ende problemáticas.

En relación con la superficie, Iztapalapa cuenta con 116 km<sup>2</sup>, la cual es menos del 10% de las áreas verdes respecto a su superficie, ya que solo cuenta con 12.2 km<sup>2</sup> de superficie en la alcaldía (mapa 42).

---

<sup>209</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).



Iztapalapa en su territorio vive una población de 1 815 786 de habitantes (INEGI, 2010), que consta de una superficie de 12 236 961 de m<sup>2</sup> de áreas verdes, dando como resultado un m<sup>2</sup> de área verde por habitante (situación crítica ya que, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, el índice va de 9 a 16 m<sup>2</sup> por habitante), los cuales tendrían beneficios como regular el clima y reducir los efectos de las islas de calor, como mayor infiltración de agua a los mantos acuíferos.

La mancha urbana ha eliminado las zonas de áreas verdes, así como el suelo de conservación, el cual es invadido por asentamientos humanos irregulares que propensa el cambio de uso de suelo transformándolo a urbano o como también por extracción de materiales, esto en mayor parte en el cerro del Peñón de Marques, el volcán Yuhualixtli en San Lorenzo Tezonco y la Sierra de Santa Catarina, lo cual genera riesgos para la población aledaña, como deslaves, hundimientos, fracturas (agrietamientos) e inundaciones.

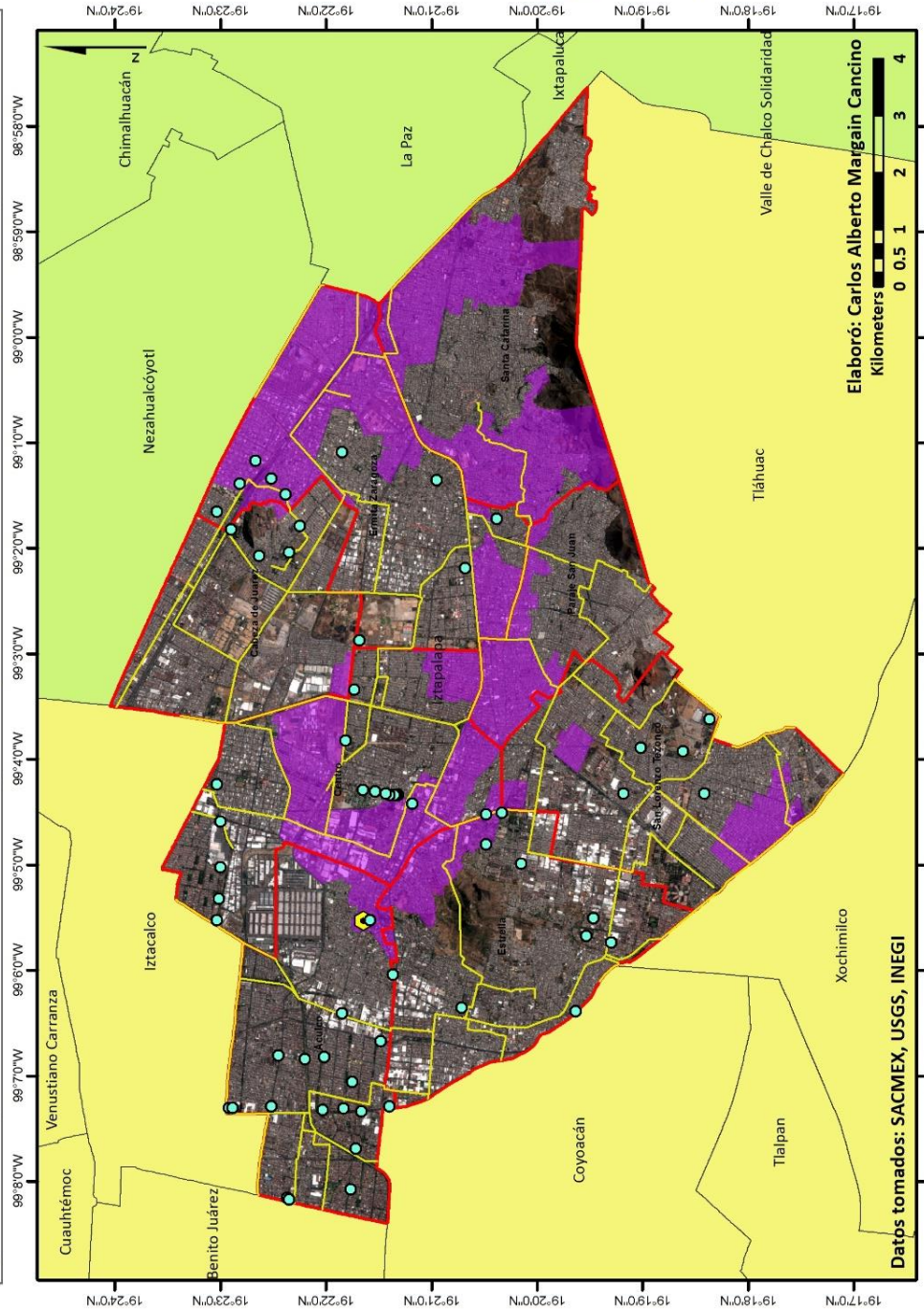
La superficie que aún cuenta con remanentes de áreas verdes, y suelo de conservación es invadida por parte de las inmobiliarias con el aumento de construcción de unidades habitacionales, o agrupaciones como UPREZ (Unión Popular Revolucionaria Emiliano Zapata) o CUFAS, las cuales invaden en Iztapalapa por mencionar alguna el suelo de conservación del cerro de La Estrella, en la cual se asentaron, tomando dos hectáreas y talando más de 50 árboles<sup>210</sup>.

En el mapa anterior, se representan las zonas donde hay remanentes de áreas verdes, donde se muestran en los límites territoriales de Cabeza de Juárez parque Cuitláhuac, la Ciudad Deportiva Francisco I. Madero; hacia los límites de Ermita Zaragoza el parque Santa Cruz Meyehualco, parque Ecológico El Salado, como una pequeña parte del cerro del Peñón de Marques ya que está habitado en su mayoría, ubicada en la zona la colonia El Paraíso; en los límites territoriales de San Lorenzo Tezonco, se cuenta una amplia área de vegetación importante dentro de las instalaciones de la UACM Plantel San Lorenzo Tezonco y parte del Volcán Yuhualixtli.

---

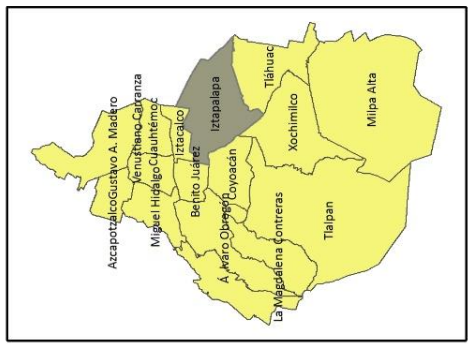
<sup>210</sup> Proceso. (2018). Desalojan a un grupo de invasores del Cerro de la Estrella en Iztapalapa. Recuperado el 21 de junio de 2019, de Revista, Proceso Sitio web: <https://www.proceso.com.mx/546837/desalojan-a-un-grupo-de-invasores-del-cerro-de-la-estrella-en-iztapalapa>

# Zonas por distribución por tandeo, pozos y red primaria de agua potable en Iztapalapa



Elaboró: Carlos Alberto Margain Cancino  
Kilometers 0 0.5 1 2 3 4

Datos tomados: SACMEX, USGS, INEGI



- Delimitación estatal
- límite territorial
- Distribución por tandeo
- Pozos en Iztapalapa
- Alcaldía Iztapalapa
- Red primaria de agua potable

La gestión del agua refleja un mal funcionamiento de políticas públicas

Se reciben entre 22 000 a 25 000 de fugas de agua al año

Mapa 43. Zonas de distribución por tandeo, pozos y red primaria de agua potable en Iztapalapa. Elaboración propia, con datos de SACMEX, INEGI, USGS

Lo que respecta a la relación entre el abastecimiento por tandeo, la red primaria de agua potable y los pozos de Iztapalapa, se visualiza y analiza a partir del mapa, para dar una aproximación a lo que ocurre en la demarcación respecto a la disponibilidad del agua (mapa 43).

La densidad poblacional de esta alcaldía, es la más alta en dentro de la CDMX, por eso es de vital importancia generar estrategias viables para que toda la población tenga disponibilidad del agua.

El manejo administrativo de los servicios y distribución del agua se torna de manera negativa, por escasez y falta de servicio en diferentes sectores, esto también en relación al inadecuado uso del vital líquido por parte de la población.

La red de agua potable en Iztapalapa, lo que respecta a la red primaria cuenta con menor longitud la cual es de 267 km (mapa 44), mientras que la red secundaria cuenta con una mayor extensión con 2 140 km, sumando 2 406, en las cuales existen fugas que generan efectos negativos. Se desperdician 5 000 lts/seg, ésto por fugas de las cuales se reportan 22 000 a 25 000 por año. Esto es ocasionado por la falta de mantenimiento a la infraestructura de red de agua potable<sup>211</sup>.

Con las pérdidas por fugas se da la distribución por tandeo o pipas (mapa 44) las cuales abastecen a las zonas más afectadas como en el sur en la delimitación territorial de Santa Catarina, donde la distribución mayormente es por pipas o tandeo en colonias como Xalpa, Tenorios, San Miguel Teotongo, Lomas de Zaragoza o Tenorios; en la parte norte donde se encuentra la delimitación territorial de Ermita Zaragoza, mayormente en las zonas a los costados de la avenida Ignacio Zaragoza como se localiza en el mapa; en el área de la Estrella el abastecimiento por tandeo se da mayormente en colonias como Plan de Iguala, El Molino, El Manto y San Juan Cerro; en la parte Centro este déficit por el agua se da en colonias como San Miguel, Leyes de Reforma 2da Sección, Ejército Constitucionalista, donde es mayormente por tandeo; en Cabeza de Juárez las colonias más afectadas son Ejército de Oriente, Ejército de Agua Prieta y la Paraíso, donde esta última con riesgos hidrológicos latentes como deslaves y agrietamientos; las zonas con tandeo y pipas respecto a la delimitación territorial de Paraje San Juan, se da en las colonias Santa Cruz Meyehualco, Lomas de Santa Cruz Meyehualco y parte de

---

<sup>211</sup> SACMEX. (2012). El gran reto del agua en la Ciudad de México. Ciudad de México: SACMEX.

Palmitas, donde el acceso de agua mayormente es por pipas; en el área de Aculco se da el tandeo en las colonias San Pedro, San Pablo y San Lucas; y por último pero no de menor importancia en la delimitación territorial de San Lorenzo Tezonco, se da en colonias como Valle de San Lorenzo, José López Portillo, Puente Blanco o El Molino.

La relación entre los pozos (80 pozos que existen en Iztapalapa) y tandeo se visualiza dentro del sistema de información geográfica (mapa 44) que la mayor parte, sino es que todos los pozos se ubican a los alrededores de donde se da el abasto por tandeo o pipas, que bien esto no asegura la disponibilidad del recurso ya que la recarga de los acuíferos es primordial para la subsistencia de los mismos.

Las políticas públicas, deben ser un instrumento por el cual se debe haber una efectiva implementación para la resolución de los problemas de abastecimiento, distribución y escasez del agua para la población.

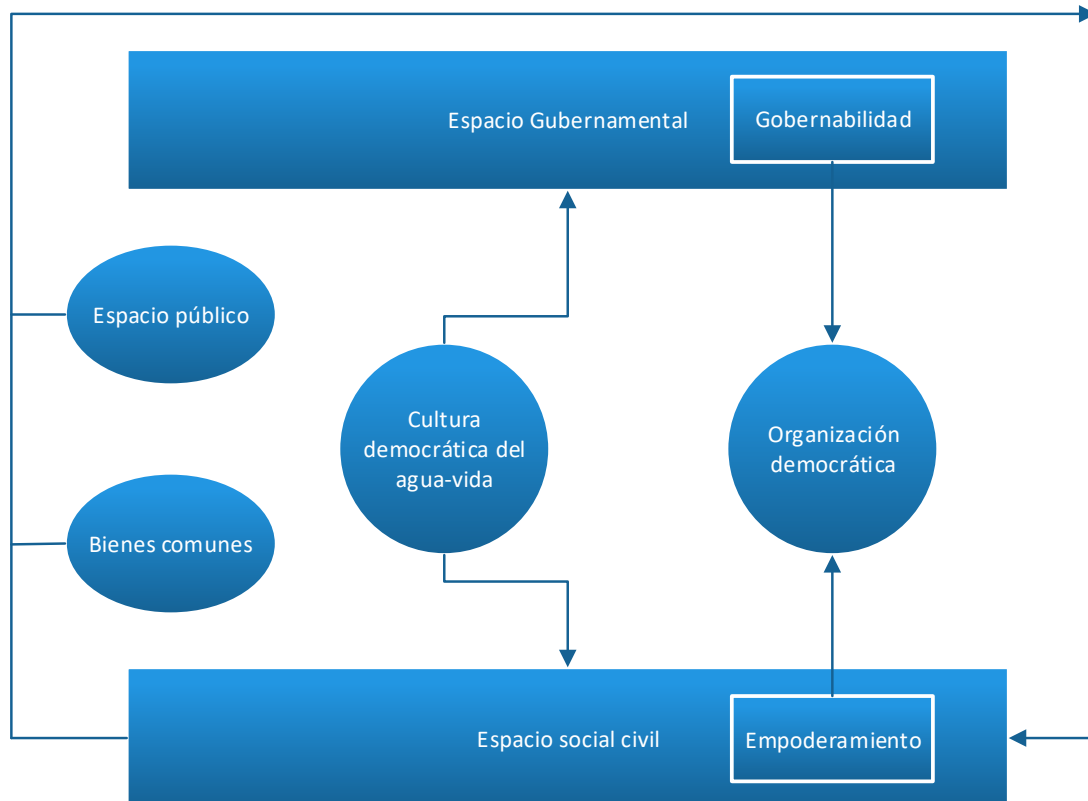
Es de vital importancia que la vinculación entre estado, gobierno y administración pública sea transversal para una comunicación entre todos los actores que intervengan.

Las acciones en las ciudades, tienen un fuerte énfasis en el sector público-urbano (Esquema 6) hacia una cultura democrática del agua en México, donde “la cultura del agua es el conjunto de las costumbres y valores, como de actitudes y hábitos” los cuales pueden ser individual o en una sociedad con su relación con el agua, su importancia para el desarrollo de todo ser vivo, como su disponibilidad del recurso dentro del medio donde el individuo se desarrolla<sup>212</sup>.

El espacio gubernamental como el de la sociedad civil, son representados por dos factores, la gobernanza y el empoderamiento por parte de la sociedad en general para la apropiación de los espacios públicos y crear en un contexto del recurso hídrico, una cultura democrática del agua, así no sólo el gobierno local en este caso Iztapalapa; no es el único tomador de decisiones, la comunidad es parte de ello a partir de una organización democrática para dar una respuesta viable a el problema de la falta de disponibilidad del agua en la alcaldía (Esquema 6).

---

<sup>212</sup> Perevochtchikova, M., et al. (2012). Cultura del agua en México, Conceptualización y vulnerabilidad social. Ciudad de México: UNAM, Porrúa.



Esquema 6. Cultura democrática del agua. Elaboración propia con datos de Perevochtchikova, M., et al, (2012)

Debe de existir un fomento hacia esta cultura, que implique instituciones de educación desde básica hasta superior, también las gubernamentales que den un mayor énfasis hacia este tema al mismo tiempo, exista un buen manejo de la gestión del recurso hídrico.

De acuerdo a Urbina (2015), al juzgarse menos responsables las personas se hace más difícil relacionarlas en acciones y programas de mitigación y el considerarse invulnerables los lleva a no tomar medidas de adaptación, esto en materia de agua, como en cambio climático. Así, este par de elementos, si no se atienden adecuadamente, pueden desembocar en daños mayores y desastres.

## **Discusión**

A escala global, se prevé que los efectos del cambio climático sobre los recursos hidrológicos, serán de gran impacto, lo que hará que la demanda de agua en diferentes regiones se incremente, como es el caso de la Ciudad de México y específicamente en Iztapalapa, será una de las alcaldías con mayor demanda del vital líquido.

Es necesario la realización de estudios en el tema de la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático en Iztapalapa, como en toda la ciudad, para un mejor manejo del recurso hídrico y con ello adaptarse a la variabilidad climática para mitigar los efectos negativos que repercutirán en la Ciudad de México, ya que la vulnerabilidad de la población por la existencia de una menor disponibilidad del agua va en aumento.

Se debe llevar a cabo una buena gestión del agua, para ello las instancias encargadas de este servicio como SACMEX y la misma alcaldía, la cual debe actuar ante las demandas de la población. Las políticas públicas, deben ser efectivas para resolver las problemáticas de la falta de disponibilidad del agua y riesgos hidrológicos, considerando que existen diferentes características físicas, sociales y ambientales; en donde es escasa el agua y es diferente el servicio de distribución ya sea por tandeo o por pozos que distribuyen el agua en la red de drenaje para garantizar el derecho al acceso de agua potable.

Se debe impulsar el desarrollo de un sistema de áreas verdes (parques, jardines, suelo de conservación, corredores verdes y áreas naturales protegidas), que integren un sistema hídrico (canales) con el espacio público construido (ciudad) tanto favorezca a mitigar las islas de calor, como a nivel paisaje para un ambiente más sano y estético, puesto como se vio durante la investigación la alcaldía sólo cuenta con 12.5 km<sup>2</sup> de áreas verdes. Considerando también, que la conservación y restauración de ecosistemas en Iztapalapa como en la CDMX, brindan servicios ecosistémicos que sirven para la protección ante eventos climáticos y que, a su vez, forman parte de las estrategias de mitigación encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad climática.

### 3. Riesgos hidrológicos

---

Los riesgos hidrológicos de la Ciudad de México son latentes dentro del territorio. En el caso de la alcaldía de Iztapalapa, necesitan un mejor ordenamiento territorial para reducir la vulnerabilidad hidrológica de la zona, la cual tiene varios puntos rojos respecto a eventos hidrometeorológicos extremos que conlleva a inundaciones.

Como se menciona en capítulos anteriores, la vulnerabilidad y el riesgo, tienen una estrecha relación ya que la vulnerabilidad es la causa, ya sea social, ambiental, marginación, hidrológica, política entre otras y el riesgo, es la consecuencia que implica un daño hacia la sociedad.

Hay que dar énfasis en este subcapítulo sobre la generación de riesgos, ya que son “el potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores”<sup>213</sup>.

Esta estrecha relación de la vulnerabilidad y el riesgo en un contexto hídrico, crea una disminución en la disponibilidad de agua, inundaciones, sequías y daños a la salud, de acuerdo a las características geográficas, como las condiciones socio-ambientales, económicas, políticas y de salud, pueden dar, aumentar o agudizar la intensificación del riesgo problema<sup>214</sup>.

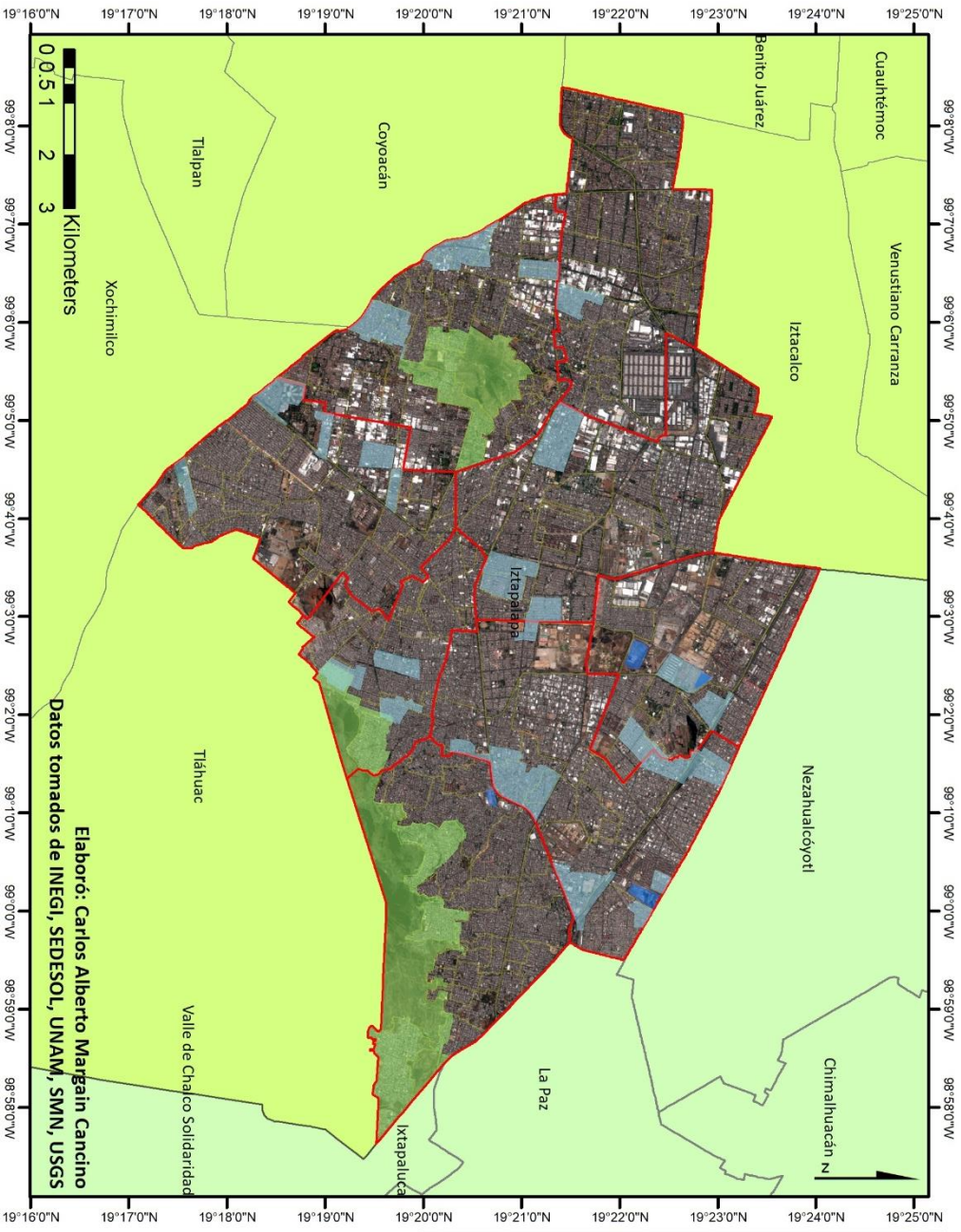
A partir de los siguientes SIG's, se visualiza la interrelación que existe entre los factores que provocan un riesgo en la demarcación, como las zonas propensas a inundaciones en la alcaldía, así también la pérdida casi total de áreas verdes y suelo de conservación, son factores importantes que repercuten en la recarga de los mantos acuíferos, los cuales son de vital importancia para los pozos, a partir de esto se realizó un SIG's para identificar las zonas potenciales para la recuperación de estas áreas.

---

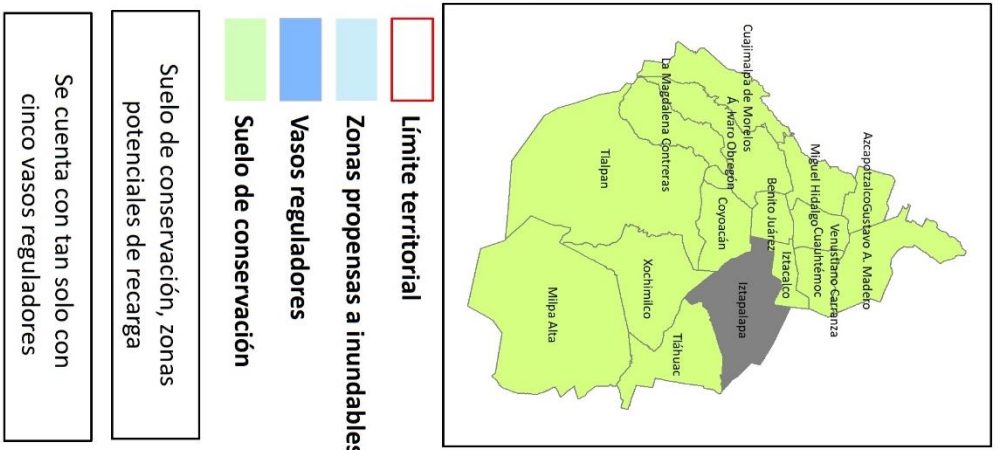
<sup>213</sup> IPCC. (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Ginebra, Suiza: IPCC.

<sup>214</sup> INECC. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>

# Zonas propensas a inundaciones en Iztapalapa



Mapa 44. Zonas propensas a inundaciones en Iztapalapa. Elaboración propia con datos de INEGI, UNAM, USGS



En el país 24 millones de personas son susceptibles a inundaciones, de acuerdo con cifras de CENAPRED, del total de la estimación de pérdidas y daños reportada por eventos extremos, el 62% corresponde a lluvias e inundaciones, durante la temporada de verano.

Los eventos meteorológicos extremos, como las lluvias intensas son un riesgo que se vive latente en Iztapalapa (mapa 44), por ser una zona lacustre perceptible a inundaciones que está en todas las delimitaciones territoriales con excepción de Santa Catarina, por ser donde se encuentra el mayor relieve. De acuerdo a dichas delimitaciones territoriales, las zonas de inundación son:

- *Centro*: las zonas más susceptibles a inundaciones se ubican en las colonias del Barrio de San Miguel, Unidad Vicente Guerrero y Constitución de 1917.
- *Ermita Zaragoza*: los límites territoriales con más superficie, donde las inundaciones se generan mayormente en las colonias de Santa Martha Acatitla, incluyendo los límites de la alcaldía con el Estado de México, donde se localiza el paradero de Santa Martha donde son recurrentes las inundaciones y conflictos viales, la Unidad Santa Cruz Meyehualco y Santa María Aztahuacan, abarcando una gran superficie respecto a Iztapalapa.
- *Cabeza de Juárez*: en esta zona el grado de inundaciones es más grave, en las colonias de Ejército de Oriente zona Peñón, Chinampac de Juárez y Unidad Ejército de Oriente, éstas áreas con una gran superficie dentro de este límite territorial.
- *Aculco*: las inundaciones en esta zona se focalizan en el barrio Santa Bárbara y parte de Granjas de San Antonio.
- *Estrella*: las inundaciones de esta área se localizan en las colonias de Los Cipreses, Minerva, Pueblo Los Reyes Culhuacan, Pueblo Culhuacan, San Antonio Culhuacan, Barrio San Antonio Culhuacan, Pueblo de Santa María Tomatlán, 12 de Diciembre y Lomas Estrella.
- *San Lorenzo Tezonco*: La distribución de inundaciones, es más alta en las colonias Cananea, El Vergel, cerro de la Estrella y San Juan Estrella.

- *Parajes San Juan:* Las zonas más susceptibles a inundaciones se ubican en las colonias como Degollado, Desarrollo Urbano Quetzalcoatl, Lomas de Santa Cruz, Buenavista Iztapalapa y Polvorilla.

Un caso notable, fueron las inundaciones ocurridas en el año 2018, en Calzada Ignacio Zaragoza hasta Rojo Gómez incluyendo el Puente de la Concordia, donde el tránsito estaba prácticamente detenido, de igual manera en Calzada Ermita Iztapalapa se presentaron varios encharcamientos<sup>215</sup>.

En Iztapalapa la presencia de las lluvias intensas, son las que generan los encharcamientos, éstas han influido en el incremento de los agrietamientos los cuales actúan a su vez como propagadores de las grietas, ésto debido a la presión hidráulica que generan por la acumulación del agua (encharcamientos o inundaciones)<sup>216</sup>.

La ocurrencia de la precipitación en las distintas regiones del planeta, es relativamente constante, con 500 000 km<sup>3</sup>/año en los últimos millones de años, en la actualidad las lluvias han variado durante el último y presente siglo, por los efectos del cambio climático, donde pueden disminuir o aumentar de una zona en específico, de manera que la escasez del agua se da, aunque haya precipitación constante ya que donde se carece de infraestructura para la extracción, conducción y distribución del recurso hídrico existe un déficit en la provisión del servicio público del agua potable<sup>217</sup>.

Así, las inundaciones desarrollan impactos negativos que bien son consecuencia de una mala distribución territorial al abarcar superficie la cual no debe ser poblada, como los cerros que se encargan de la recarga de acuíferos en Iztapalapa, ya que se cuentan con muy pocas áreas verdes y suelo de conservación.

Para reducir los riesgos respecto a las inundaciones en Iztapalapa, la rehabilitación y creación de vasos reguladores, son en una buena medida, una solución dentro de la CDMX para contrarrestar las inundaciones, ya que estos tienen la función de

---

<sup>215</sup> Redacción Kal. (2018). ¡Aléjate del oriente de la CDMX! Hay mucho caos por la lluvia. Recuperado el 21 de junio de 2019, de Chilango Sitio web: <https://www.chilango.com/noticias/inundaciones-en-iztapalapa-caos/>

<sup>216</sup> SEDESOL. (2011). Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.

<sup>217</sup> Perevochtchikova, M., et al. (2012). Cultura del agua en México, Conceptualización y vulnerabilidad social. Ciudad de México: UNAM, Porrúa.

amortiguar la carga de agua excedente como su posterior infiltración hacia el agua subterránea (mantos acuíferos).

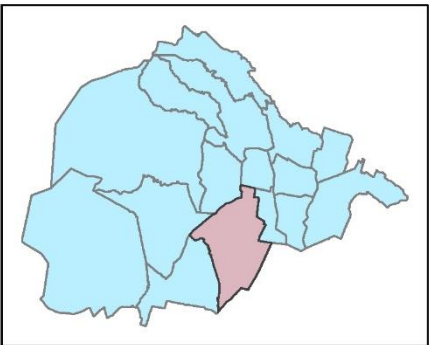
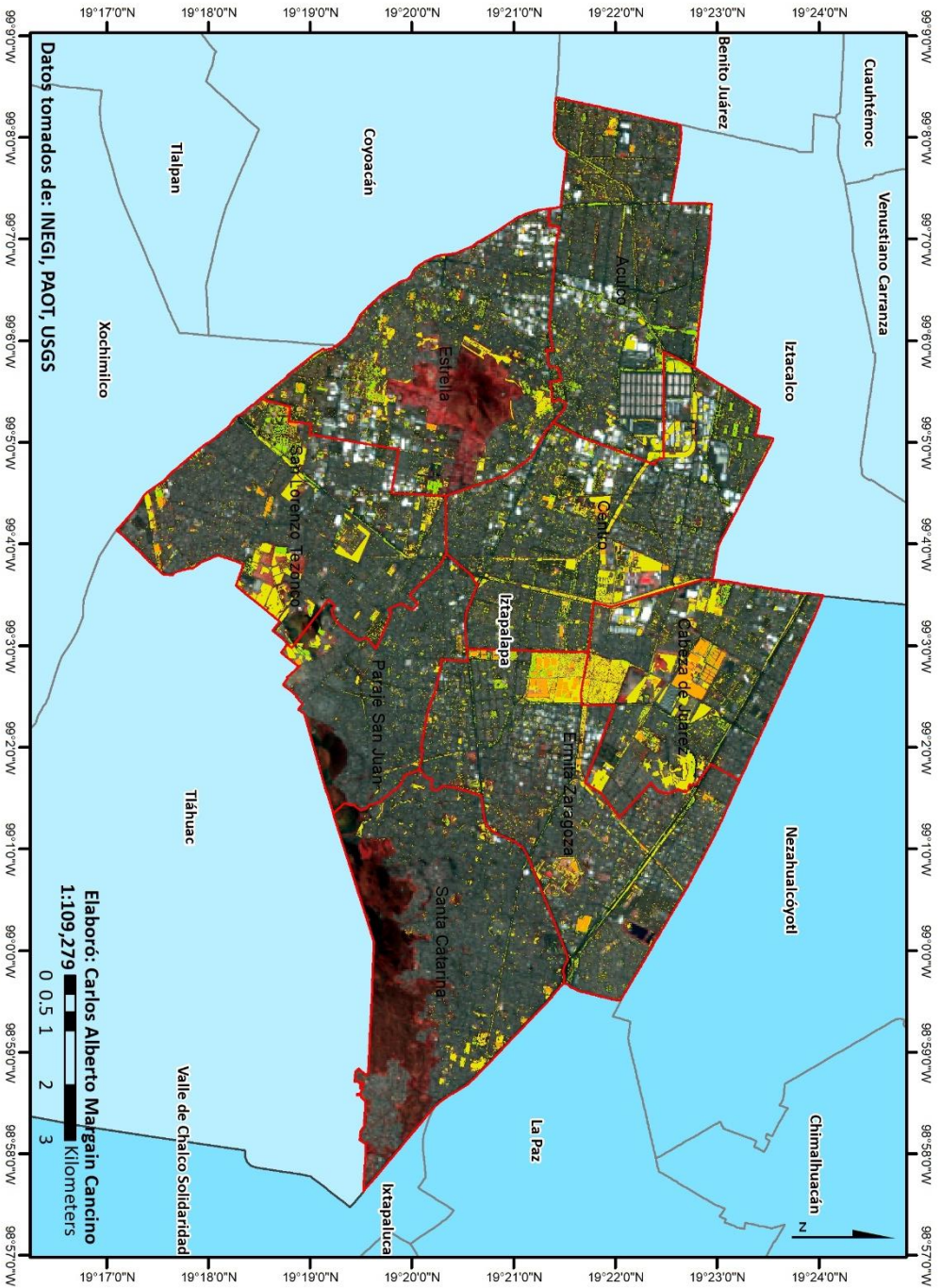
Existen cinco vasos reguladores en Iztapalapa, los cuales son, El Salado ubicado a un costado de la unidades habitacionales Solidaridad y La Colmena, al norte de Iztapalapa en la zona de Ermita Zaragoza; Laguna Menor Iztapalapa y Laguna Mayor Iztapalapa, los cuales están en la zona de Cabeza de Juárez al lado de Chinampac de Juárez, Unidad Habitacional Ejército de Oriente como en la colonia La Paraíso al sur de esa delimitación; La Quebradora, a un costado de las colonias Xalpa y Citlalli, en el área de Santa Catarina la cual colinda con Santa Martha Aztahuacan del área de Ermita Zaragoza; y el que está cerca de la UACM plantel Casa Libertad, a un costado del Puente de la Concordia, el cual parece más un relleno sanitario invadido por la acumulación de basura que concentra.

Con lo anterior, se tiene referencia de donde se ubican los vasos reguladores, con esto, se puede plantear donde se pueden implementar otros para reducir las inundaciones en la alcaldía por medio del cuidado, manejo y seguimiento adecuado de los vasos reguladores.

En relación a lo anterior, hay zonas potenciales para la recuperación de áreas verdes y el suelo de conservación en Iztapalapa para la recarga de acuíferos para una mayor disponibilidad del recurso (mapa 45).

A través de las imágenes satelitales, se realizó una combinación de bandas satelitales, por medio de imágenes LANDSAT están compuestas por 7 o más bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales.

# Zonas potenciales para recuperación de áreas verdes y suelo de conservación



**Limite territorial**

**Tipos de áreas verdes**

- Áreas deportivas
- Arbolado
- Pastos/Arbustos

**Superficie total de áreas verdes:**  
 12 236 961 m<sup>2</sup> = 12.2 km<sup>2</sup>

**Infrarrojo cercano:**  
 áreas potenciales para la generación de áreas verdes y suelo de conservación

Las bandas satelitales pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones, esto para captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle<sup>218</sup>.

Se muestran las áreas urbanas donde casi toda la superficie esta urbanizada, esta combinación es sensible a la clorofila, permitiendo que resalte la vegetación que aparece en tonos rojos. Las pocas áreas verdes que hay se ubican en áreas deportivas, camellones y parques.

Se focalizaron las áreas verdes en Iztapalapa, donde el suelo aún se puede regenerar, las áreas verdes pueden contribuir al aumento del suelo de conservación ya degradado, ubicados en los límites territoriales Parajes San Juan, Estrella y Santa Catarina. Esto contribuiría a una mayor absorción del agua para la recarga de los acuíferos, como de los pozos de extracción de agua en Iztapalapa.

Reforestar camellones como el de avenida Zaragoza, avenida de las Torres; en parques como el Cuitláhuac; en áreas deportivas como el deportivo Santa Cruz Meyehualco, son medidas que aportarían una reducción a los efectos negativos locales como las islas de calor urbano, así como reducir las inundaciones en zonas bajas de la alcaldía.

Este sistema de áreas verdes tiene una gran importancia, ya que infiltran el agua de las lluvias (precipitaciones) hacia las aguas subterráneas (mantos acuíferos). Esta problemática, es de vital importancia atenderla en Iztapalapa, ya que es uno de los riesgos hidrometeorológicos que inciden a la vulnerabilidad de la población que esta expuesta a las inundaciones.

La relación que hay entre la vulnerabilidad hidrológica antes expuesta en los mapas digitales y el cambio climático, incide en factores como el aumento de la mancha urbana, la disponibilidad del agua, la escasez del agua, falta de áreas verdes y suelo de conservación (cambio de uso de suelo), falla en infraestructura (hundimientos, agrietamientos, deslaves) los cuales tienen una conexión dentro de la ciudad (sistema complejo), que cada acción genera una reacción, es decir, entre más densidad poblacional haya en un lugar, habrá una menor capacidad de infiltración por el cambio de uso de suelo, que es en este caso pavimento / asfalto.

---

<sup>218</sup> INEGI. (2015). Aspectos técnicos de las imágenes LANDSAT. Ciudad de México: INEGI.

## **Discusión**

La mayor parte de los ecosistemas presenta un cierto grado de degradación, en la mayoría de los casos como producto de las actividades antropogénicas, aunque también pueden provocarse por procesos naturales (erupciones volcánicas, inundaciones, huracanes, etc.) o como una combinación de ambos. La rehabilitación de estos, será una forma de mitigar los efectos negativos de la falta de disponibilidad de agua dentro de la ciudad y específicamente en Iztapalapa, como se desarrolla en los SIG's, donde se muestra puntualmente las zonas donde existe mayor degradación del suelo y sus pocos ecosistemas que quedan.

Para contrarrestar los riesgos respecto a las inundaciones en Iztapalapa, la rehabilitación de los vasos reguladores es una buena medida, éstos son áreas dentro o aledañas a un cuerpo de agua, como lagunas, ríos o arroyos que durante la época de lluvias los excesos de agua que desbordan son desviados hacia zonas inundables, que bien en la ciudad son una posible solución para contrarrestar las inundaciones, estos tienen la función de amortiguar la carga de agua excedente como su posterior infiltración hacia el agua subterránea (mantos acuíferos), lo cual sería de gran beneficio para mantener los mantos acuíferos, lo que a su vez favorecería a que fuera menor el hundimiento de las alcaldías, específicamente en Iztapalapa.

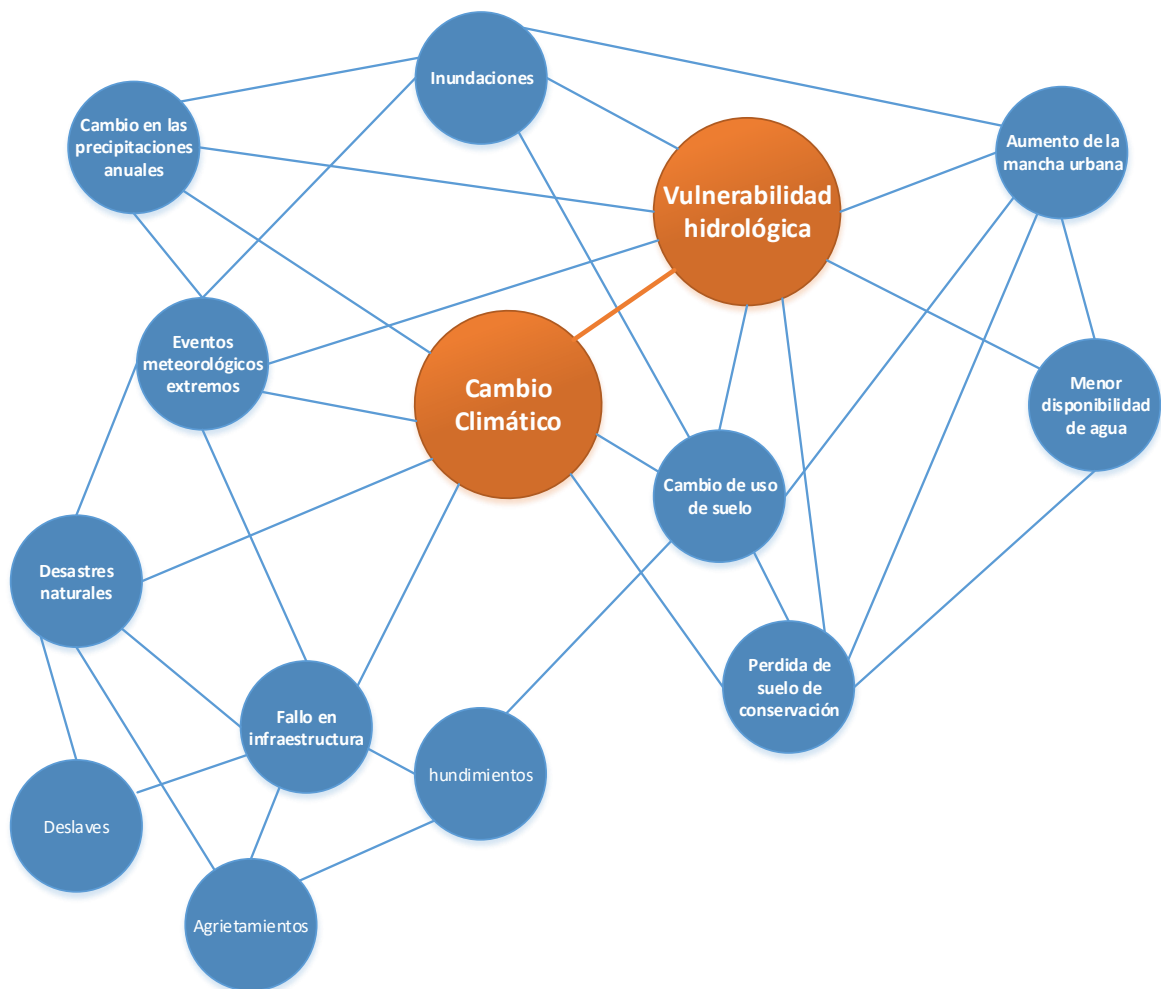
Se debe implementar tecnología para poder reintegrar el agua pluvial, para el agua del subsuelo (mantos acuíferos), una opción es por medio de técnicas de inyección para la integración del líquido, así como, la importancia de implementar zonas donde se haya vasos reguladores, esto para evitar inundaciones y minimizar los riesgos hidrológicos en la población.

Sumado a lo anterior, se puede decir también, que la vulnerabilidad hidrológica en la alcaldía de Iztapalapa, es una zona con alta propensión al riesgo hidrológico por parte de los eventos meteorológicos extremos como lo son las inundaciones, deslaves, hundimientos y encharcamientos. La vulnerabilidad hidrológica y el cambio climático crean riesgos en las comunidades, esta relación entre estas dos variables se modifica el ciclo hidrológico, por lo tanto, la disponibilidad del recurso hídrico, hace más vulnerable a la población ante estos fenómenos.

## 4. Cambio climático

---

En relación al cambio climático, la falta disponibilidad del agua dentro de las ciudades no sólo aquí en la CDMX, sino en gran parte del país, como en el mundo por lo que es de vital importancia, atender esta problemática. La vulnerabilidad hidrológica de la población es latente, la cual debe mitigarse junto con el cambio climático, hacia estas dos variables se debe generar una resiliencia, ya que todo está conectado. A partir del cambio climático y la vulnerabilidad hidrológica, se desprenden otros efectos negativos que pueden empeorar la vulnerabilidad hidrológica y viceversa (esquema 7).



Esquema 2. Conexiones entre la vulnerabilidad hidrológica y el cambio climático. Elaboración propia

Las condiciones del medio ambiente y los recursos naturales en la CDMX, representan un problema social y ambiental, que no implica la calidad de vida y salud de los habitantes sino también, el deterioro ambiental que es el resultado de un desarrollo basado en la idea errónea de que los recursos naturales son ilimitados y, por lo tanto, no tomando valoración e importancia a la conservación de estos. En relación con el cambio climático, las variables climáticas dentro de la ciudad son un factor que condiciona la dinámica de los ecosistemas que aún existen en el territorio, sumada las actividades antropogénicas que modifican el medio natural, dan como resultado cambios en el clima local que la mayoría de las veces son negativos para la población.

Dentro de la CDMX, no hay aceptación hacia los impactos hacia la exposición al cambio climático (mapa 46), la cual se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, que en este caso son las alcaldías. Se consideran las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos. El grado de exposición al cambio climático, se presenta en los siguientes efectos: Eventos extremos, problemas ambientales y variabilidad climática<sup>219</sup>.

Respecto a los tres indicadores que se mencionan, son los siguientes:

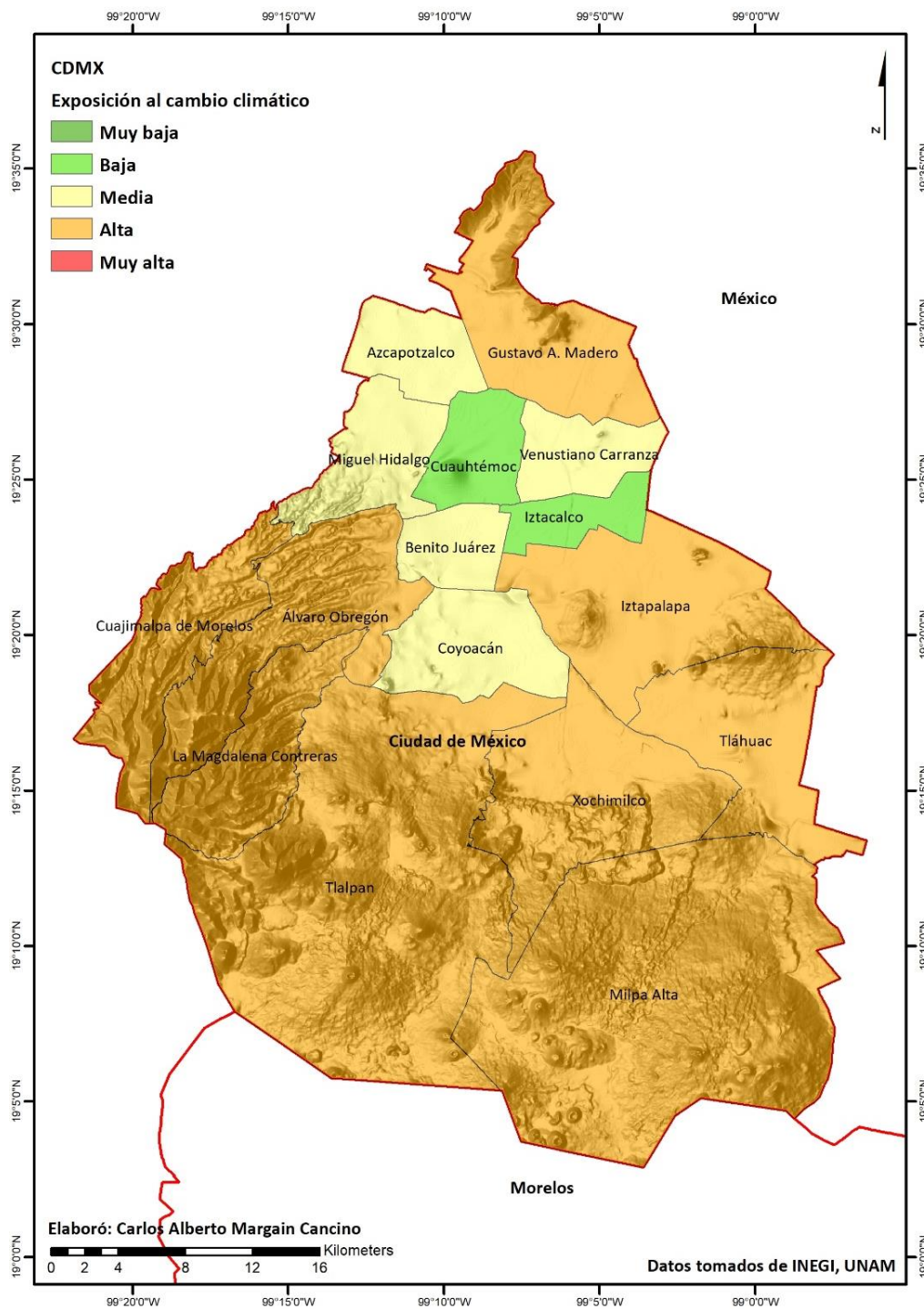
- *Frecuencia de eventos extremos*: mencionan las zonas con alta frecuencia de eventos extremos en relación al clima como sequías e inundaciones y que la población se encuentra más expuesta a estos eventos.
- *Problemática ambiental*: Se refiere a aquellas cuestiones ambientales que se denotan respecto a que la alcaldía se encuentre con algún grado de degradación en sus recursos, que contribuye a que las alcaldías se encuentren más expuestas a sufrir algún daño ambiental.
- *Variabilidad climática*: Representan los cambios modelados por cambio climático, entre más adversos sean los cambios mayor dificultad se presentará para poder ajustarse, estando así más expuestos a los efectos

---

<sup>219</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

del cambio climático. Se incluyen únicamente dos variables representativas: temperatura y precipitación<sup>220</sup>.

Con lo anterior, se generó un índice de grados hacia la exposición al cambio climático, entre Muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto (mapa 46).



Mapa 46. Exposición al cambio climático en la CDMX. Elaboración propia. Con datos de INEGI,

<sup>220</sup> PINCC. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).

De acuerdo a la clasificación del mapa de exposición climática de la CDMX, se observa de manera muy general la variabilidad climática, lo que refleja una exposición al cambio climático negativa. Sin embargo, la existencia de ecosistemas, (bosques, húmedos, subhúmedos) como el Desierto de los Leones, Parque Nacional Cumbres de Ajusco, humedales en Xochimilco, Parque Nacional cerro de la Estrella, Lago de Chalco, como la parte sur de la ciudad. Lo anterior no se refleja en el mapa, ya que es muy general la exposición climática, lo que desfavorece a varias alcaldías que cuentan con factores ambientales que generan diferentes microclimas dentro de la ciudad.

Se puede observar en el mapa anterior que Iztapalapa, al estar dentro de una exposición alta (mapa 46) por los efectos al cambio climático antes mencionados, por factores que inciden directamente como:

- El *aumento de la temperatura local* (islas de calor urbano) la cual, por múltiples factores, relacionados con nulas áreas verdes, pocos cuerpos de agua, suelo casi totalmente urbanizado por una plancha de concreto y pavimento que absorben más los rayos solares, los cuales se dispersan en forma de calor. Estos efectos generan más presencia de aire caliente en ciertas zonas de la ciudad. Cabe resaltar que este fenómeno, es un producto de la forma en que han crecido las ciudades y no una relación directa con cuestiones meteorológicas o del clima;
- También una *menor precipitación, pero con mayor intensidad*; la precipitación tiene períodos específicos de acuerdo al clima, esto quiere decir, que estos ciclos están en un desequilibrio, esto en relación a los eventos meteorológicos, sobre este factor han cambiado los periodos de lluvias, se presentan en ocasiones con mayor intensidad y en menor tiempo. El funcionamiento natural del agua, es a través de las cuencas, es por ello que al estar inmersos dentro de una (la cuenca del Valle de México) está expuesta a inundaciones por el cauce natural de la Cuenca donde se encuentra parte de Iztapalapa. La interrelación que existe entre el clima y la precipitación son variables que tiene un estrecho vínculo, el cual, dentro de la ciudad, es vital para el soporte del recurso agua de los mantos acuíferos, como para las áreas verdes y el suelo de conservación

(ecosistemas), que son el medio para que haya una recarga, por lo cual la importancia de cada una es:

- El *suelo de conservación y de áreas verdes*, esto es claro, con sólo 12 km<sup>2</sup> de la superficie total en áreas verdes de un total 116 km<sup>2</sup> de superficie en la alcaldía, esto hace que haya una menor recarga de agua subterránea, siendo un factor determinante para la disponibilidad del agua, ya que a corto plazo podría haber un mayor déficit del vital líquido, a causa de que un gran porcentaje del agua que se subministra a la población, es de pozos dentro de la ciudad.

Uno de los grandes retos que enfrenta la CDMX y en particular Iztapalapa, es impulsar el desarrollo de un sistema de áreas verdes (parques, jardines, suelo de conservación, corredores verdes y áreas naturales protegidas), para mitigar las islas de calor urbano dentro de la ciudad. Se puede implementar para contrarrestar las islas de calor como la infiltración del agua a los mantos acuíferos, la integración de corredores verdes junto con vasos reguladores para su interconexión lo cual sería una forma de integrar un sistema hídrico con el espacio público dentro de la ciudad, para reducir el aumento de temperatura y las inundaciones.

Un método de igual forma para contrarrestar estos impactos negativos dentro de las ciudades es “el fenómeno Oasis”. Éste se presenta en ciudades que han crecido en el desierto como Phoenix en Arizona. El fenómeno Oasis, se presenta en las ciudades que fueron planeadas con áreas verdes y fuentes de humedad, que en la CDMX aplicaría en vasos reguladores, que provocan “islas de frescor” siendo lo contrario de las islas de calor, presentando un clima menos cálido en las zonas que la rodean.<sup>221</sup>

La conservación del suelo para la recarga (Sierra de Santa Catarina, cerro de La Estrella, cerro del Peñón de Marques), como la regulación de los microclimas locales por las áreas verdes y ecosistemas aún existentes es esencial, para que el flujo del recurso en este caso el agua, se lleve a cabo, así como crear un ambiente resiliente ante el cambio climático, pero más que adaptarse la ciudad al cambio climático, es decir, una capacidad para integrarse a los cambios en el clima por

---

<sup>221</sup> García, L. (2019). Islas de calor, un fenómeno de las ciudades. Recuperado el 15 de junio de 2019, de UNAM, DGDC Sitio web: <http://ciencia.unam.mx/leer/779/islas-de-calor-un-fenomeno-de-las-ciudades>

parte de la sociedad, así como la implementación de acciones a favor del clima y medio ambiente.

Otras acciones que se pueden realizar, pero muy alejadas de la realidad, son las que se deberían implementar según acuerdos internacionales, como en el acuerdo de París (2015), donde se propuso limitar a 1.5°C la temperatura para 2020, estableciendo metas cada país para lograr este objetivo global. Así, el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), toma algunas de las decisiones sobre mitigación y adaptación al cambio climático las cuales son:

- Disminuir en un 22% las emisiones de GEI y en un 51% las de carbono negro
- Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas
- Lograr una tasa cero de deforestación
- Generar alertas tempranas de prevención ante eventos climáticos extremos
- Reducir la vulnerabilidad de la población, los ecosistemas y la infraestructura ante el cambio climático<sup>222</sup>.

La creación de una educación formal y no formal hacia el cambio climático, respecto a la sensibilización hacia la población en materia legal, donde ya existen las bases para la realización de acciones en esta materia las cuales son:

- Ley General de educación: Artículo 7
- Ley General de Cambio Climático (LGCC): Artículo 2, 7, 8 ,9 30 y 34
- Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 20-30-40

Estas acciones en materia de cambio climático, tienen como objetivo el impactar a la sensibilización y corresponsabilizar a todos los sectores de la sociedad respecto a este fenómeno<sup>223</sup>.

---

<sup>222</sup> INECC. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>

<sup>223</sup> Ibidem.

## **Discusión**

La preocupación en la sociedad por el agua debe estar latente. Haciendo un cambio individual en su consumo, como de mayor importancia del lado de las instituciones encargadas del recurso; por estos impactos negativos en el recurso hídrico, se deben contrarrestar e implementar acciones para revertir cambios negativos, con la ayuda de la política ambiental en materia de agua. Esto para minimizar los efectos locales ya que se sabe, se deben generarse acciones a gran escala para mitigar los efectos del cambio climático por lo menos, y no seguir contribuyendo al cambio climático.

Si bien en Iztapalapa los problemas de agua, retomando las discusiones anteriores, no son solamente cuestión de abastecimiento, ya que existen también problemas de infraestructura que no se han logrado resolver, junto a una complejidad de aspectos sociales, ambientales, políticos y geológicos que, al no desarrollar una resolución del problema en forma multidisciplinaria, esto para correlacionarlo con el cambio climático local, para reducir el impacto al recurso hídrico, se pueden implementar algunos de los siguientes aspectos, como el disminuir las pérdidas en redes de agua por fugas de agua potable; promover el uso eficiente del agua dentro del hogar; captación de agua pluvial, entre otras acciones colectivas que aporten un cambio local.

Dentro de la legislación, se deben implementar de manera adecuada los instrumentos para establecer límites, crear incentivos, generar oportunidades, para las dependencias de la administración pública federal y para las estatales o municipales y la participación ciudadana. Aunado a lo anterior, se deberán atender los impactos por la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, para ello, es necesaria la construcción de una gobernanza que rija los aspectos sociales, ambientales, políticos y económicos. No sólo se debe ver el problema de la escasez, inundaciones y disponibilidad del agua desde el cambio climático; también se deben de mitigar los impactos antropogénicos sobre la explotación a los mantos acuíferos por la demanda de las actividades humanas sobre el recurso. Se deben modificar los efectos negativos de la mala distribución del agua, hacia un manejo responsable y equitativo, empezando desde las autoridades encargadas hasta la sociedad en general.

## Conclusiones

---

El agua, es indispensable para la vida porque los seres vivos no podemos vivir sin ella, interviniendo en todas las funciones vitales de los seres vivos y otros microorganismos. La concientización hacia el agua, debe ser atendida por las poblaciones ya que somos quienes la consumimos, como también es necesario la implementación de políticas públicas que atiendan de manera puntual este problema respecto a la escasez, disponibilidad, calidad y cantidad del agua.

En Iztapalapa, existe una gran negligencia de las instituciones en materia de agua, para gestionar soluciones al problema de la disponibilidad del agua, así como para prevenir las inundaciones. Existiendo una brecha en la gestión del agua la cual conduce a un riesgo hidrológico, que a su vez conlleva, a conflictos por el agua por la deficiente gestión del recurso.

Con base a lo anterior, aunque se vea un entorno utópico respecto a la gobernanza, la responsabilidad compartida entre los diferentes actores que integran los diferentes sectores: social, privado y público, son elementos clave para alcanzar una gobernabilidad efectiva, siendo estos tres actores pilares fundamentales para la gobernanza eficaz del agua. Con esto, deben de aplicarse los siguientes puntos para llevar a cabo estas acciones:

- Mayor participación social de manera incluyente, esto a partir con la creación de programas que involucren a la sociedad a la toma de decisiones en materia del agua dentro de la alcaldía.
- Unificar los criterios y decisiones del gobierno a través de planes de desarrollo, para la prevención de riesgos a los fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones, para una prevención de riesgos.
- La misma sociedad debe analizar sus problemas locales respecto a la vulnerabilidad que pueda generar alguna afectación grave, involucrando a los sectores públicos, como gobierno para atender las problemáticas en torno al agua como disponibilidad de recurso y prevención de inundaciones. Si bien, el sector privado se encuentra lejos del sector social y gobierno, las empresas deben de ser socialmente responsables e incorporarse dentro de

las acciones para la resolución del problema del agua, ya que estas también son un gran consumidor en materia de agua.

Si se crea una mejor respuesta al cambio climático y se mitigan sus efectos, puede que haya un cambio significativo en la sociedad, con una resiliencia hacia a la crisis no solo del agua, sino a otras problemáticas de la población tanto sociales, ambientales y climáticas. Una de las acciones locales para la mitigación son el rescate y la rehabilitación de las áreas verdes y el suelo de conservación, para la infiltración hacia los mantos acuíferos (agua subterránea) lo cual no sólo ayudará a que haya más disponibilidad del recurso sino que también, generará efectos positivos para contrarrestar y ser resiliente ante los efectos del cambio climático locales como la conservación del suelo de conservación y áreas verdes, contribuyendo con ello a que disminuyan las islas de calor urbano.

A partir del cambio climático y la vulnerabilidad hidrológica, se desprenden además efectos negativos que pueden empeorar la vulnerabilidad hidrológica y viceversa. La responsabilidad social por parte de la población, es de vital importancia ya que recurso es escaso, para la disminución del estrés hídrico, tanto en la actualidad, como en escenarios futuros. En estas dos variables se debe generar una resiliencia, ya que todo está conectado.

Para combatir el cambio climático, existen acciones que favorecen a mitigar los impactos negativos, esto con base a la transformación de la sociedad, apoyándose a una utopía donde el cambio climático sea el “cambio”, donde esto de un paso a la realidad, sin negar los problemas, siendo el mapa donde hay que avanzar hacia reducir los efectos del mismo, donde la vulnerabilidad al recurso hídrico disminuya, y, por lo tanto, la problemática del agua en Iztapalapa no sea un tema prioritario.

Un aspecto importante fundamental en la investigación, son los SIG's, como una herramienta de análisis que permite comprender, analizar, solucionar, gestionar y dar propuestas o soluciones para reducir la vulnerabilidad hidrológica que existe en Iztapalapa; a partir de los mapas que conforman los SIG's donde se plasmaron todos los factores y elementos que integran el tema de la vulnerabilidad hidrológica, dando pauta para la toma de decisiones que ayuden a la sociedad a gestionar una mejor disponibilidad de acceso al recurso hídrico y que se generen acciones para combatir la variabilidad climática así como dar una mejor respuesta hacia los

riesgos que se generan, lo que permitirá obtener una capacidad adaptativa hacia los efectos del cambio climático. De acuerdo al uso que se hizo de los sistemas de información geográfica, donde se visualizaron los escenarios que no son favorables en Iztapalapa, y a partir de ello, se puede dar un panorama donde se puedan mitigar los efectos de la vulnerabilidad hídrica y de la variabilidad climática, lo que permite crear una visión positiva ante el cambio climático, mientras más se reduzcan los efectos favorecerá a una sociedad más resiliente ante estas causas.

Con base a lo anterior, se puede decir que se cumplió el objetivo de esta investigación, se logró una aproximación a la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático a partir de los Sistemas de Información Geográfica.

A manera de conclusión, se da una visión desde las ciencias ambientales en cuanto a la comprensión del problema, posibilitando comprender la dinámica del ambiente como un sistema complejo, que en esta tesis fue a partir de la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, caracterizado por las interacciones de múltiples procesos donde están involucrados el ambiental, político y social.

Así, se puede concluir que, en este trabajo se logró conjugar la relación entre la vulnerabilidad hidrológica y el cambio climático, los cuales son de gran importancia para hacer estudios particulares a nivel local dentro de la alcaldía, así también a nivel estatal para mejorar la calidad desde una visión del agua o para dar una solución a las problemáticas hacia la disponibilidad, escasez, eventos meteorológicos extremos que incluyen inundaciones, encharcamientos, deslaves, agrietamientos y hundimientos), que son estudios de manera individual por diversas ciencias, los cuales deben de analizarse de manera interdisciplinaria, a partir de las ciencias ambientales y su relación con el cambio climático.

Este trabajo fue de gran relevancia por la contribución desde las ciencias ambientales a la problemática de la vulnerabilidad hidrológica y su relación con el cambio climático, ya que las multidisciplinas que se manejan se complementan para aportar una visión más integral del problema, y que, al conjugarse con la tecnología aplicada a las ciencias, en este caso con los SIG's quedan mejor puntualizadas las causas, relaciones, consecuencias y posibles intervenciones para dar solución a la problemática en concreto.

## Referencias

---

- Aguilar, A. (2013). *La pobreza en los acuerdos informales periféricos en la ciudad de México: el caso de Magdalena Contreras, Distrito Federal*. *Revista de geografía económica y social*. Distrito Federal: geografía económica y social.
- Aguilar, A. et al. (2010). *Calidad del agua un enfoque multidisciplinario*. Ciudad de México, México: Instituto de investigaciones Económicas.
- Asamblea constituyente. (2017). *Constitución Política de la Ciudad de México*. Ciudad de México: Asamblea constituyente.
- Ávila, P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias*, 46-57.
- Blaikie et al. (1998). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogota: La RED.
- Blaikie, P. y Brookfield H. (1987). *Land Degradation and Society*. London: Methuen.
- Bocco G. (2007). *Cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integral de cuencas*. ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología.
- Boege E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y la agrodiversidad de los territorios indígenas*. México: INAH, CONACULTA, CDI.
- Brañes, R. (2000). *Manual de derecho ambiental Mexicano*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Carabias, J. (2005). *Agua, Medio Ambiente y Sociedad*. México: Colegio de México.
- CENAPRED. (2014). *Fasículo inundaciones 2013*. Ciudad de México: CENAPRED.
- Colegio de la Frontera Sur. (2005). *Imágenes de satélite, Estación de Recepción de Información Satelital (ERIS)*. Chetumal, Quintana Roo: Colegio de la Frontera Sur, CONACYT.
- Comisión Ambiental Metropolitana. (2006). *Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010*. Ciudad de México: SEMARNAT.
- CONAGUA. (2012). *Acciones de infraestructura de drenaje y robustecimiento en el Valle de México 2012-2017*. Ciudad de México: SEMARNAT.
- CONAGUA. (2018). *Estadísticas del agua en México 2018*. Ciudad de México: CONAGUA.

- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Cotler H., et al. (2010). *Las cuencas hidrográficas en México*. Ciudad de México: SEMARNAT, INEEC.
- Covarrubias, A. (2000). *Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Cruz, C. (2013). *Politización del agua en la región hidropolitana del centro del país: una mirada al caso de Iztapalapa*. Maestría: UNAM.
- Diaz, J. (2007). Suelos lacustres de la Ciudad de México. *Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 6(2).
- DOF. (1917). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Diario Oficial de la Federación .
- DOF. (1988). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Duran V. (1999). *Informe del estudio de grietas en la delegación Iztapalapa*. Ciudad de México: UNAM.
- GODF. (2005). *Norma Ambiental para el Distrito Federal*. Distrito Federal: Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- Gutiérrez E. et al. (2011). *Centro de Evaluación de Riesgo Geológico*. Ciudad de México: Centro de Evaluación de Riesgo Geológico.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *American Association for the Advancement of Science*, 1234-1248.
- Hernández, M. (2017). *Implementación de la herramienta WEAP al sistema Cutzamala*. Maestría: UNAM.
- IMTA. (2015). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Mexico: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- INEGI. (2007). *Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos, Iztapalapa, Distrito Federal*. Ciudad de México: INEGI.
- INEGI. (2014). *Sistemas de información geográfica*. Ciudad de México: INEGI.
- INEGI. (2015). *Aspectos técnicos de las imágenes LANDSAT*. Ciudad de México: INEGI.
- IPCC. (2015). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. Ginebra, Suiza: IPCC.

- IPN. (s/f). *Manifestación de Impacto Ambiental: "Libramiento de 4.5 km del Poliducto de 8"-6" Terminal Satélite Oriente (Añil)-TAR Cuernavaca sobre Av. Canal de Garay, en la delegación Iztapalapa*. Ciudad de México: IPN.
- Leff, E. (1986). *Ecología y capital: hacia una perspectiva ambiental del desarrollo*. Ciudad de México: UNAM.
- Leff, E. (2006). La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. *CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales*.
- Lerner, A. et al. (2018). Governing the gaps in water governance and land-use planning in a megacity: The example of hydrological risk in Mexico City. *Cities*, 61-70. doi:/10.1016/j.cities.2018.06.009
- Marsal R. y Mazari M. (1969). *Historia del hundimiento, en El subsuelo de la ciudad de México*. Ciudad de México: UNAM.
- Nájera, M. (2013). *Peligros por fallas, fracturas y hundimientos del suelo en la Delegación Iztapalapa*. Ciudad de México: GIRD.
- Ofmann, M. (2009). *Sistema de información geográfica para el monitoreo de la red de canales de Xochimilco*. Licenciatura: UNAM.
- Ospina J., et al. (2010). *La Ciudad de México ante el cambio climático*. Ciudad de México: Centro de ciencias de la atmosfera (CCA).
- PAOT. (2010 a). *Presente y futuro de las áreas verdes y el arbolado en la Ciudad de México*. Ciudad de México: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial.
- PAOT. (2010 b). *Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010*. Ciudad de México: PAOT.
- Perevochtchikova, M., et al. (2012). *Cultura del agua en México, Conceptualización y vulnerabilidad social*. Ciudad de México: UNAM, Porrúa.
- Perló y González. (2005). *¿Guerra por el agua en el valle de México?* Ciudad de México: UNAM.
- PINCC. (2014). *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*. México: Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC).
- PNUD. (2008). *Guía recursos de género para el cambio climático*. Ciudad de México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUMA. (2009). *¿La solución natural?: El papel de los ecosistemas naturales en la mitigación del cambio climático. Evaluación rápida del PNUMA*. Cambridge, Inglaterra: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Robbins, P. (2012). Ecología política: hacia un mejor entendimiento de los problemas socioterritoriales. *Redalyc, XIII(42)*, 561-569.

- Rodríguez, F. (2012). El futuro de la disponibilidad del agua en México y las medidas de adaptación utilizadas en el contexto internacional. *SocioTam*, 12(2), 165-189.
- SACMEX. (2012). *El gran reto del agua en la Ciudad de México*. Ciudad de México: SACMEX.
- SEDEMA. (2016). *Suelo de conservación*. Ciudad de México: SEDEMA.
- SEDESOL. (2011). *Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Iztapalapa*. Ciudad de México: SEDESOL, SIGI, Terracon ingeniería.
- SEMARNAT. (2013). *Beneficios de la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco*. Ciudad de México: SEMARNAT, CONAGUA.
- SEMARNAT. (2013). *Puesta en operación del primer tramo de 10 km del túnel emisor oriente*. Ciudad de México: SEMARNAT, CONAGUA.
- Shiva, V. (2007). *Las guerras del agua*. Ciudad de México: SIGLO XXI.
- Toledo, V. et al. (2014). Conflictos socio-ambientales, resistencias ciudadanas y violencia neo-liberal en México. *Ecología Política Cuadernos de Debate Internacional*, 46(41), 115-124.
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgos de desastres*. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.
- Urbina J. (2015). *La percepción social del cambio climático en el ámbito urbano*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana Puebla.
- Vázquez R. y Lambarri J. (2017). *Huella hídrica en México: análisis y perspectivas*. Juitepec, Morelos: IMTA.

## Referencias páginas web

---

ADN político. (2018). ¿Cansado de no tener agua? Estás 3 alcaldías de la CDMX siempre lo padecen. Recuperado el 19 de abril de 2019, de ADN político Sitio web: <https://adnpolitico.com/mexico/2018/11/06/cansado-de-no-tener-agua-estas-3-alcaldias-de-la-cdmx-siempre-lo-padecen>

Alcaldía de Iztapalapa. (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, Distrito Federal. Recuperado el 2 de abril de 2019, de INAFED Sitio web: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>

Agua.org.mx. (2007). Iztapalapa ofrece agua de “mala calidad”. Recuperado el 4 de mayo de 2019, de Fondo para la comunicación y educación ambiental A.C. Sitio web: <https://agua.org.mx/iztapalapa-ofrece-agua-de-mala-calidad/>

¡Agua. (2017). ¿Cuánta agua consume un mexicano?. Recuperado el 3 de abril de 2019, de Fondo para la comunicación y educación ambiental. A.C. Sitio web: <https://agua.org.mx/cuanta-agua-consume-mexicano/>

Barrio de Tultenco. (2011). La cuenca de México. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de Barrio de Tultenco Sitio web: <http://barriodetultenco.blogspot.com/2011/01/el-embujo-del-lago.html>

Buenrostro I. (2004). Causa averías la sobreexplotación de matos acuíferos en Iztapalapa. Recuperado el 12 de abril de 2019, de El Universal Sitio web: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/58632.html>

Carpetapedagogica. (2018). Principios Geográficos. Recuperado el 27 de agosto de 2019, de Plataforma educativa de recursos digitales Sitio web: <https://carpetapedagogica.com/principiosgeograficos>

CONABIO. (2019). Bosques templados. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de CONABIO Sitio web: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>

CONABIO. (2019). ¿Qué es un ecosistema?. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de CONABIO Sitio web: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees.html>

- CONAGUA. (2019). Normas Oficiales Mexicanas (NOM) Vigentes del Sector Hídrico. Recuperado el 2 de abril de 2019, de Gobierno de la Republica Sitio web: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-nom-83264>
- CAMe. (2016). Crecimiento de zonas urbanas en la Megalópolis de 1973 a 2010.. Recuperado el 26 de marzo de 2019, de Gobierno de la República Sitio web: <https://www.gob.mx/comisionambiental/galerias/crecimiento-de-zonas-urbanas-en-la-megalopolis-de-1973-a-2010?idiom=es>
- Citypopulation. (2019). MAJOR AGGLOMERATIONS OF THE WORLD. Recuperado el 31 de marzo de 2019, de Citypopulation Sitio web: <http://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html>
- CPCM. (2017). Constitución Política de la Ciudad de México, Artículo 9. Ciudad de México: Asamblea constituyente.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Título Quinto Artículo 115, Recuperado el 1 de abril de 2019, de CPEUM sitio web: <http://info4.juridicas.unam.mx/juslab/leylab/250/116.htm>
- CUAED. (2019). Ciclo del agua. Recuperado el 3 de abril de 2019, de UNAM Sitio web: [http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/ciclo\\_del\\_agua/](http://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/ciclo_del_agua/)
- Diario Oficial de la Federación, NOM-011-CONAGUA-2015. Recuperado el 1 de abril de 2019, de DOF sitio web: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015)
- Duncan S. (2018). World City Populations 1950 - 2035. Rescatado el 25 de marzo de 2019, de ONU Sitio web: <http://luminocity3d.org/WorldCity/#7/21.197/-100.173>
- Ecuador Regional. (2018). Índice de áreas verdes de la OMS. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de El Telégrafo Sitio web: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/quito-supera-el-indice-de-areas-verdes-de-la-oms>
- ESRI. (2019). ArcGIS Resources. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de ESRI Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Dempsey C. (2012). Historia del SIG. 20 de marzo de 2019, de GIS lounge Sitio web: <https://www.gislounge.com/history-of-gis/>

- Díaz C. (2014). Conoce los puntos vulnerables a la lluvia en el DF. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de Milenio Sitio web:  
<https://www.milenio.com/estados/conoce-los-puntos-vulnerables-a-la-lluvia-en-el-df>
- García L. (2019). Islas de calor, un fenómeno de las ciudades. Recuperado el 15 de junio de 2019, de UNAM, DGDC Sitio web:  
<http://ciencia.unam.mx/leer/779/islas-de-calor-un-fenomeno-de-las-ciudades>
- Guerrero, et.al. (2009). El agua en la Ciudad de México. Recuperado el 3 de abril de 2019, de Revista, Ciencias Sitio web:  
<https://www.revistaciencias.unam.mx/es/43-revistas/revista-ciencias-94/203-el-agua-en-la-ciudad-de-mexico.html>
- Heisinger, S. (2015). Crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México. recuperado el 17 de junio de 2019, de Centro Urbano Sitio web:  
<https://centrourbano.com/2015/12/10/crecimiento-de-la-mancha-urbana-de-la-ciudad-de-mexico/>
- INAH. (2019). Cuenca de México. Recuperado el 6 de marzo de 2019, de Instituto Nacional de Antropología e Historia Sitio web:  
<https://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?tag=cuenca-de-mexico>
- INECC. (2019). Vulnerabilidad de asentamientos humanos a inundaciones. Recuperado el 17 de mayo de 2019, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático Sitio web:  
<https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/index.html#zoom=12&lat=19.3426&lon=-99.0490&layers=1>
- INECC. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Gobierno de la República Sitio web:  
<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>
- INEGI. (2016). ¿Cuántos habitantes tiene Iztapalapa (Distrito Federal)?. Recuperado el 20 de marzo de 2019, de VENIO Sitio web:  
<https://venio.info/pregunta/cuantos-habitantes-tiene-iztapalapa-distrito-federal-13377.html>
- López P. (2017). 35% de agua de la ciudad se desperdicia por fugas de agua. Recuperado el 12 de abril de 2019, de Gaceta UNAM Sitio web:  
<http://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-infraestructura/>

- Machorro M. (2013). Estudio sobre la escasez de agua potable en Iztapalapa. Recuperado el 18 de abril de 2019, de UNAM Sitio web: [http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/carteles/machorro\\_miguel.pdf](http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/carteles/machorro_miguel.pdf)
- Medina A. (2018). Habrá tres cortes de agua masivos en CDMX. ¡Toma precauciones! Recuperado el 1 de mayo de 2019, de Somos CDMX Sitio web: <https://somoscdmx.com/noticias/habra-tres-cortes-de-agua-masivos-en-cdmx/2018/09/>
- Milenio. (2019). En plena crisis de agua, en Iztapalapa hay 825 fugas. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de Milenio Sitio web: <https://www.milenio.com/estados/plena-crisis-agua-iztapalapa-825-fugas>
- Montero D. (2017). Purificadoras de agua y consumo masivo: el agua de los pobres. Recuperado el 19 de abril de 2019, de agua.org.mx Sitio web: <https://agua.org.mx/purificadoras-agua-consumo-masivo-agua-los-pobres/>
- Notimex. (2017). Estas son las colonias de la CDMX donde se cobrará el agua por tandeo. Recuperado el 19 de abril de 2019, de publmetro Sitio web: <https://www.publmetro.com.mx/mx/noticias/2017/04/26/estas-son-colonias-cdmx-se-cobrara-agua-tandeo.html>
- Nájar A. (2016). Iztapalapa, la zona de Ciudad de México donde la gente llega a pelearse a golpes para conseguir agua. Recuperado el 12 de abril de 2019, de BBC Sitio web: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160220\\_iztapalapa\\_mexico\\_zona\\_sedienta\\_agua\\_an](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160220_iztapalapa_mexico_zona_sedienta_agua_an)
- Olaya V. (2017). Breve historia de los SIG (Sistema de información Geográfica). Recuperado el 20 de marzo de 2019, de MUNDO GIS Sitio web: <http://mundogis.info/blog/2017/11/22/la-historia-de-los-sig-sistema-de-informacion-geografica/>
- Ovando E. (2018). CDMX se hunde cada año entre 8 y 12 centímetros: UNAM. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Excélsior Sitio web: <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/cdmx-se-hunde-cada-ano-entre-8-y-12-centimetros-unam/1261928>
- Proceso. (2018). Desalojan a un grupo de invasores del cerro de la Estrella en Iztapalapa. Recuperado el 21 de junio de 2019, de Revista, Proceso Sitio web: <https://www.proceso.com.mx/546837/desalojan-a-un-grupo-de-invasores-del-cerro-de-la-estrella-en-iztapalapa>

Qgis. (2019). Descubre Qgis. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Qgis sitio web: <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html#top>

Ramos R. (2010). Mayores y más graves, las fracturas y hundimientos del suelo en Iztapalapa. Recuperado el 24 de mayo de 2019, de La Jornada Sitio web: <https://www.jornada.com.mx/2010/06/09/capital/039n1cap>

Redacción Kal. (2018). ¡Aléjate del oriente de la CDMX! Hay mucho caos por la lluvia. Recuperado el 21 de junio de 2019, de Chilango Sitio web: <https://www.chilango.com/noticias/inundaciones-en-iztapalapa-caos/>

Santillán M. (2013). Asentamientos irregulares deterioran el ambiente. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de DGDC-UNAM Sitio web: [http://ciencia.unam.mx/leer/233/Asentamientos\\_irregulares\\_deterioran\\_el\\_ambiente](http://ciencia.unam.mx/leer/233/Asentamientos_irregulares_deterioran_el_ambiente)

SDP noticias. (2016). En Iztapalapa: 500 casas afectadas por lluvias. Recuperado el 24 de mayo de 2019, de SDP noticias Sitio web: <https://www.sdpnoticias.com/local/ciudad-de-mexico/2016/06/02/lluvia-afecto-a-mas-de-500-casas-en-iztapalapa>

SEDEMA. (2019). Suelo de Conservación. Recuperado el 14 de marzo de 2019, de Gobierno de la Ciudad de México Sitio web: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/suelo-de-conservacion>

SEGOB. (2018). Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Recuperado el 17 de junio de 2019, de Secretaria de Gobernación Sitio web: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-nom-83264>

SISAT. (2014). Características y Funcionamiento del GPS. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de Sistema Satelital de Cobertura Integral Sitio web: <http://www.gps-sisat.com.ar/Web-%20datos.pdf>

SMN. (2019). Climatología. Recuperado el 6 de mayo de 2019, de Servicio Meteorológico Nacional Sitio web: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia>

SMN. (2019). Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de Servicio Meteorológico Nacional Sitio web: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia>

Stettin C. (2019). Tras sismo, 25 colonias en Iztapalapa se quedan sin agua. Recuperado el 3 de mayo de 2019, de Milenio Sitio web: <https://www.milenio.com/estados/sismo-25-colonias-iztapalapa-quedan-agua>

UNAM-DGCS. (2012). Modifica la creciente urbanización el clima de la ciudad de México. Recuperado el 8 de mayo de 2019, de UNAM Sitio web: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012\\_069.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_069.html)

UNAM. (2019). Distribución del agua en México. Recuperado el 19 de abril de 2019, de Xochimilil de 2019, de UNAM Sitio web: [http://www.agua.unam.mx/sitios\\_interes.html](http://www.agua.unam.mx/sitios_interes.html)

Venemedia Comunicaciones. (2019). Definición de Geología. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de Venemedia Comunicaciones Sitio web: <https://conceptodefinicion.de/geologia/>

Vicharra E. (2011). Principios Geográficos. Recuperado el 27 de agosto de 2019, de blogspot Sitio web: <http://geo-general.blogspot.com/2011/11/principios-geograficos.html>

## Glosario

---

*Adaptación:* Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.

*Embalses:* Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por una construcción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

*Cambio climático:* Variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios por cuestiones antropogénicas persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

*Cauce:* es un canal natural o artificial con capacidad necesaria para llevar las aguas de una corriente.

*Caudal:* Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial, fuente o efluente.

*Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0):* Es un producto que representa las elevaciones del territorio continental mexicano, mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno, cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (X, Y) a las que se le integran valores que representan

las elevaciones (Z). Los puntos se encuentran espaciados y distribuidos de modo regular.

*Cuenca endorreica:* es un área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el océano.

*Cuenca hidrográfica:* Es el espacio geográfico que contiene los escurrimientos de agua y que los conducen hacia un punto de acumulación terminal.

*Efluente:* Líquido residual que fluye de una instalación. O también aguas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

*Embalses:* Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por una construcción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

*Exacerbar:* Provocar gran irritación o enfado. Hacer más fuerte un sentimiento o dolor o agravar una enfermedad.

*Éxodo:* Marcha de un pueblo o de un grupo de gente del lugar en que estaban para buscar otro lugar en que establecerse.

*Exposición:* La presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente

*Hectómetro Cúbico hm<sup>3</sup>:* El hectómetro cúbico es una unidad de volumen. Se corresponde con el volumen de un cubo de cien metros (un hectómetro) de lado. Equivale a un gigalitro (mil millones de litros) y es el segundo múltiplo del metro cúbico. Por ser una unidad de cierta envergadura, se usa para definir la capacidad de los embalses o de los trasvases de agua. Su símbolo es hm<sup>3</sup>.

*Impactos:* Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades,

culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

*Índice de vulnerabilidad Social: (IVS):* Los cambios con relación a la versión original tienen que ver con la actualización de la base de datos y la modificación de la ponderación de las variables que la conforman. Es importante resaltar que el IVS construido puede tener diferencias importantes con las regiones hidrológicamente más vulnerables, dado que una región hidrológicamente vulnerable no necesariamente es una región socialmente vulnerable. Los factores físicos y ambientales presentan vulnerabilidades distintas a las sociales.

*Isoyetas:* son líneas (curvas de nivel) que representa lugares de una misma altura sobre el nivel del mar (MSNM). Las isoyetas representan zonas de igual lluvia (precipitación), es una unidad específica de tiempo, que por lo general pueden ser meses o años.

*Isotermas:* son líneas (curvas de nivel) que representa lugares de una misma altura sobre el nivel del mar (MSNM). Las isotermas representan zonas de igual temperatura.

*Microclima:* Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores sociales y ambientales.

*Peligro:* Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.

*Per cápita*: indicador económico, división del patrimonio por individuo.

*Proactivo*: no se sienta a esperar que las cosas sucedan, a que llegue la respuesta, él hace que sucedan. Tomar la iniciativa frente a las dificultades. Esto quiere decir que su actitud básica es la de proponer soluciones y tomar la responsabilidad frente a las situaciones

*Reactivo*: espera a que las cosas sucedan para reaccionar, Alguien con personalidad reactiva se amolda a los hechos o situaciones tal y como suceden. Se limita a reaccionar o responder solo cuando se ve amenazado o presionado a ello.

*Resiliencia*: Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

*Remanente*: Residuo o reserva de algo en específico

*Riesgo*: Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro. En el presente informe, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático (IPCC, 2015)

*Shapefile (.shp)*: es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS. Originalmente se creó para la utilización con su producto ArcView GIS, pero actualmente se ha convertido en formato estándar de facto para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información Geográfica por la importancia que los productos ESRI tienen en el mercado SIG's y por estar muy bien documentado (ESRI, 2019).

*Sistema de coordenadas*: Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir inequívocamente la posición de cualquier punto de un espacio

geométrico respecto de un punto denominado origen. El conjunto de ejes, puntos o planos que confluyen en el origen y a partir de los cuales se calculan las coordenadas constituye lo que se denomina sistema de referencia.

*Talud:* Inclinación de un territorio, terreno, muro.

*Transformación:* Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos. En este resumen, la transformación podría reflejar paradigmas, objetivos o valores reforzados, alterados o armonizados dirigidos a promover la adaptación en pro del desarrollo sostenible, en particular la reducción de la pobreza (IPCC, 2015).

*Variables:* Las variables son hechos, fenómenos u objetos de estudio que presentan cualidades, atributos o propiedades susceptibles de medirse u observarse y son referentes conceptuales o empíricos para delimitar la investigación.

*Variable endógena:* que son las que creemos que de alguna manera podemos controlar o estimar su probabilidad de ocurrencia

*Variable exógena:* Las exógenas son variables, las cuales escapan de nuestro control.

*Vulnerabilidad:* Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

*Vulnerabilidad Climática o vulnerabilidad al cambio climático:* definido por el IPCC es el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático. Incluyendo la variabilidad y los fenómenos extremos.

*Vasos reguladores:* son áreas dentro o aledañas a un cuerpo de agua como lagunas, ríos o arroyos que, durante la época de lluvias, minimiza los excesos de agua que pueden generar inundaciones.