



PROYECTO

ORDENAMIENTO HÍDRICO COLABORATIVO DE LA CUENCA DE MÉXICO Y SU ENTORNO

CLAVE: 322638

PRODUCTO 1:

**ESTUDIO IDENTIFICANDO PRINCIPALES VULNERABILIDADES EN LOS
SISTEMAS DE SUMINISTRO Y DE DESAGÜE DE LA CUENCA DE MÉXICO,
CON RECOMENDACIONES (AÑO 1).**

11 DE DICIEMBRE DE 2023

1. Índice

1 INTRODUCCIÓN _____ **15**

1.1 El problema del agua en el Valle de México _____ **15**

1.1.1 Perspectivas locales sobre el abastecimiento de agua _____ **17**

1.2 Objetivo de investigación _____ **22**

1.2.1 Objetivo general de investigación.	22	1.2.2
Meta general de investigación.	22	

1.3 Metodología transdisciplinaria planteada. _____ **23 2**

ANTECEDENTES _____ **25**

2.1 Breve historia del abastecimiento de agua al Valle de México _____ **25**

2.1.1 Introducción	25
--------------------	----

2.2 Evolución geológica e hidrología del Valle de la Cuenca de México _____ **26 2.2.1**

Pueblos originarios en la gestión hídrica de la cuenca hasta el s. XVI	27	2.2.2 La
presión urbana en el abastecimiento del agua	35	2.2.3
Conclusiones:	37	

2.3 Desarrollo sostenible y sustentabilidad hídrica _____ **40**

2.4 Derecho humano al agua y políticas hídricas _____ **44**

2.4.1 l derecho humano al agua y normativa	44
--	----

2.5 Políticas hídricas en la ZMVM _____ **47**

2.6 Gobernanza del agua en el Valle de México _____ **49**

2.7 Programa general de ordenamiento territorial de la ciudad de México _____ **53**

2.7.1 Desalojo de aguas residuales PGOT 2023:	58
---	----

2.8 Plan estatal de desarrollo urbano del Estado de México _____ **60 2.8.1**

Introducción:	60	2.8.2
Hidrología Estatal	60	2.8.3
Regiones Hidrológicas estatales	61	2.8.4 Cuenca
Río Moctezuma	62	2.8.5 RH18 Balsas -
Cuenca Río Cutzamala	63	2.8.6 Sistema de
lagos	64	2.8.7 Lago de Zumpango:
	66	

2



Proyecto de investigación e incidencia
**ORDENAMIENTO HÍDRICO COLABORATIVO
 DE LA CUENCA DE MÉXICO Y SU ENTORNO**
 Clave 322638




Lago Dr. Nabor Carrillo:	66	2.8.8
Infraestructura de drenaje del Valle de México	67	2.8.9

3 ZONA DE ESTUDIO _____ **68**

3.1 Zona Metropolitana del Valle de México _____ **68 3.2**

Cuenca del Valle de México y su entorno _____ **71**

3.3 Núcleos para el desarrollo de contralorías del agua	73	3.3.1
Proceso de análisis de la información disponible para el nodo Xochimilco	80	3.3.2
Texcoco	85	3.3.3
Tula	89	Nodo
3.4 Fisiografía de la zona de estudio	98	
3.4.1 RECOMENDACIONES	105	3.4.2
Zonificación geotécnica	106	3.4.3
geológicas y grietas	108	3.4.4
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110	
3.5 Hidrología de la zona de estudio	111	
3.6 Geohidrología de la zona de estudio	117	
3.6.1 Unidades hidrogeológicas	118	3.6.2
Zonas hidrogeológicas	118	3.6.3
Elevación del nivel estático	119	3.6.4
Profundidad del nivel estático	120	
4 DEMANDA DE AGUA	121	
4.1 Continuidad urbana de la ZMVM	121	
4.1.1 Crecimiento poblacional de la ZMVM.	121	4.1.2
Crecimiento de la infraestructura hidráulica.	123	
4.2 Población de la ZMVM	124	
4.3 Usos de agua	126	
4.3.1 Agua superficial	129	4.3.2
Agua subterránea	130	
5 FUENTES DE ABASTECIMIENTO	131	6
SUMINISTRO DE AGUA	139	
3		
		
Suministro de Agua en la zona Metropolitana del Valle de México	139	6.1
6.2 Déficit en el abastecimiento	146	7
SISTEMA DE DRENAJE	148	7.1
SISTEMA DE DRENAJE DE LA CUENCA DE MÉXICO	148	7.2
Canal de Desagüe	148	7.3

Subsistema Poniente _____	150 7.4
Sistema Drenaje profundo _____	151 7.5
Cuerpos de regulación _____	155 7.6
Plantas de tratamiento _____	155 7.7
Salidas artificiales _____	157 8
<i>VULNERABILIDAD EN ABASTECIMIENTO</i> _____	159 8.1
Calidad del agua superficial _____	159 8.2
Calidad del agua subterránea _____	166 8.3
Hundimiento del suelo _____	283 8.4
Vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable _____	286 9
<i>Cambio de paradigma</i> _____	294 10
<i>Pronostico con inteligencia artificial</i> _____	297 10.1
Cambio climático _____	297 10.2
Análisis de sequías _____	299 11
<i>Conclusiones y recomendaciones</i> _____	300 12
<i>Bibliografía</i> _____	304

Figuras

Figura 1. Mapa de realización propia. La ZMCM es parte de una zona volcánica con erupciones acontecidas en diversas fases, CITATION San05 \I 2058 (Santoyo, 2005)..... 26
Figura 2. Mapa de realización propia, modelo tridimensional de la cuenca, fondo de imagen satelital, nos da una idea del total de agua en la zona de captación y actual Zona Metropolitana..... 27
Figura 3. Mapa de elaboración propia La Cuenca de México está delimitada por distintas sierras de mayor y menor

..... 28 Figura 4.
 Imagen de realización propia del sistema de precipitación, escurrimiento y captación de agua en las distintas conformaciones geológicas..... 28 Figura 5. Mapa de elaboración propia La Cuenca de México está delimitada hacia el nivel 2240..... 29 Figura 6. Thomas Filsinger. Recreación de la composición urbana y gestión de los lagos en el tiempo prehispánico del lago de México y Texcoco..... 29 Figura 7. De izquierda a derecha, El acueducto de Chapultepec a Tenochtitlan desde 1381 proveyó de agua a la ciudad según Teresa Robles..... 30 Figura 8. Fuente Salto del agua. AGN. Construcción de Acueducto Xochimilco aproximadamente en 1908..... 32 Figura 9. Autor desconocido. AGN. Construcción de Acueducto Xochimilco aproximadamente en 1908 34 Figura 10. Comparación de un antiguo canal de la Ciudad de México urbanizado en la actualidad. 35 Figura 11. Foto de Tajo de Nochistongo, primeras obras de expulsión de las aguas de los lagos por el norte de la ciudad..... 36 Figura 12. Foto de las obras más recientes del TEO (Túnel Emisor Oriente) actual estrategia para el control de las inundaciones y desagüe residual. 36 Figura 13. Afectaciones por los desbordamientos de 2021 en Tula Fuente René: Nudo Tula..... 37 Figura 14. Mapa de elaboración propia con el Sistema de Desagüe de la Zona Metropolitana, a la derecha, un acercamiento a la salida del drenaje por la Planta de Atotonilco hacia Tula del agua residual de la ciudad..... 37 Figura 15. la lucha por el agua en un contexto social de los pueblos, arriba las mujeres Mazahuas, grupo inconforme con las obras del Cutzamala. Imagen 17 web, la lucha por el agua en un contexto social de los pueblos en la actualidad en Xochimilco..... 39 Figura 16. Mapa de realización propia con ubicación de subcuencas nodos, cuerpos de agua, red de trasvase de agua desde la región Lerma-Cutzamala y áreas naturales protegidas. <https://ceiba.org.mx/compendio-info-grafica-rhaxiii/>..... 53 Figura 17. de realización propia. El río de los remedios, el Magdalena y el Eslava dan cuenta de la persistencia e incremento de descargas clandestinas de aguas servidas y residuos sólidos de todo tipo, el Canal Nacional y el Gran Canal han sido focos tóxicos durante décadas, con concentraciones de metales pesados, hidrocarburos y dioxinas, entre otros. Las lagunas y presas de regulación de la CDMX están azolvadas y con procesos acelerados de eutrofización por el exceso de materia orgánica y altas concentraciones de nitratos y nitritos, además de los desechos sólidos, cuya toxicidad no se mide”.



Figura 18.

Mapa de realización propia con ubicación de subcuencas nodos, cuerpos de agua, red de trasvase de agua desde la región Lerma-Cutzamala y áreas naturales protegidas. <https://ceiba.org.mx/compendio-info-grafica-rhaxiii/>..... 53 Figura 19. de realización propia. El río de los remedios, el Magdalena y el Eslava dan cuenta de la persistencia e incremento de descargas clandestinas de aguas servidas y residuos sólidos de todo tipo, el Canal Nacional y el Gran Canal..... 54 Figura 20. de realización propia. La Presa San Lucas en Xochimilco recibe los residuos contaminados del Río Santiago “El mal uso del agua agudiza el déficit en la distribución adecuada en calidad y cantidad en amplios sectores del oriente de la ciudad.” CITATION IPD22 \1 2058 (IPDP, 2022)..... 54 Figura 21. de elaboración propia.

Infraestructuras hidráulicas con más de 100 años de antigüedad que sufren la vulnerabilidad territorial de los impactos de sísmicos en Xochimilco. La red ha sufrido cambios para adaptarse a la nueva necesidad sin embargo estos espacios actualmente están inutilizados..... 56 *Figura 22. Mapa de elaboración propia. CDMX en el contexto del drenaje y obras de control de inundaciones con la extensión de los antiguos lagos, permite comprender la ubicación de los nodos con respecto al suelo lacustre* 58 *Figura 23. Mapa de elaboración propia con información PGOT sobre dotación de agua doméstica por alcaldía .* 59 *Figura 24. RH12 Lerma-Santiago*

..... 61 *Figura 25. Mapa sustraído de PEDU 2019. Cuencas que corresponden con el Estado de México.....* 62 *Figura 26. Mapa sustraído de PEDU 2019. Cuencas que corresponden con el Estado de México.....* 63 *Figura 27. Mapa sustraído de CONAGUA. Sistema de humedales o Ciénegas que corresponden con la Cuenca del Río Lerma*

..... 64 *Figura 28. Mapa de elaboración propia. Cuerpo de agua de Zumpango al centro norte del Estado.....* 66 *Figura 29. Mapa de elaboración propia. Lago Dr Nabor Carrillo, oeste de Texcoco, con los ríos que desembocan y las áreas disponibles de inundación, de alta factibilidad para la gestión hídrica de la metrópolis* 67 *Figura 30. de elaboración propia. Sistema Lerma-Cutzamala con cuerpos de agua y subcuencas que lo conforman. Las zomas de área natural (ANP) tienen un vínculo directo con el sistema del Gran Canal de Desagüe, el Drenaje Profundo y el TEO,*

..... 68 *Figura 31. Zona Metropolitana del Valle de México* 69 *Figura 32. Entidades federativas de la Cuenca de Valle de México.* 72 *Figura 33. Mapa de nodos con regiones hidrológicas, obras de trasvase, ubicación de nodos, antiguos cuerpos de agua histórico en la Cuenca de México* 74 *Figura 34 y Figura 35 elaboración propia. Modelo de la Cuenca con la cota de elevación 2240 como nivel general de los lagos.*

..... 75 *Figura 36. Mapa de elaboración propia con información de dotación de agua y uso doméstico en Xochimilco.* 76 *Figura 37. Mapa de elaboración propia con información INEGI, capa de hundimientos en el suelo de los antiguos lagos de la cuenca, escurrimientos y zonas urbanas en Xochimilco actuales.....* 77

Mapa de elaboración propia con información de dotación de agua y uso doméstico en Xochimilco, esta es la alcaldía que el menor volumen de agua de uso doméstico con un 7 % del total de agua recibida, también en la escala de la ciudad la zona sur de la ciudad es de las que recibe menor cantidad de agua 80 *Figura 39. Mapa de elaboración propia de Xochimilco.* 82 *Figura 40. Mapa de elaboración propia con información de densidad poblacional del nodo Xochimilco.....* 82 *Figura 41 . Superior mapa de elaboración propia con información filtrada de INEGI, SIG-CDMX, PAOT, entre otras. En la imagen de abajo se realizó una impresión para su difusión entre la comunidad interesada de Xochimilco .* 84 *Figura 42. Mapa de elaboración propia con información de INEGI, Lago de Texcoco con los cauces de sus 9 ríos. Papalotla, Xalapango, San Juan, Cozacuaco, Texcoco sur, Santa Mónica, Chapingo, Coatepec, varios de estos modificados hidrológicamente con el proyecto de NAIM*

..... 86 *Figura 43. Mapa de la descarga en el Río Tula, por Atotonilco y Río Salado con polígonos de subcuencas* 90 *Figura 44. Fotografía de la reunión con los participantes del nodo Tula* 91 *Figura 45. Mapa digitalizado de los canales de riego que desbordan en*

Río Tula.....	94	Figura 46. Mapa de elaboración propia con información de INEGI de la alcaldía Tláhuac con cuerpos de agua, escurrimientos, zona urbana y las obras de drenaje que desalojan las aguas residuales.....	97
Tláhuac con cuerpos de agua, escurrimientos, zona urbana y las obras de drenaje que desalojan las aguas residuales.....	98	Figura 47. Mapa de elaboración propia con información de INEGI de la alcaldía Tláhuac con cuerpos de agua, escurrimientos, zona urbana y las obras de drenaje que desalojan las aguas residuales.....	98
Tipos de falla; a) normal y b) inversa (GeologiaWeb, 2023).....	102	Figura 48. Tipos de falla; a) normal y b) inversa (GeologiaWeb, 2023).....	102
Emersión de ademe de pozo (2011) en San Juan de Aragón, Ciudad de México.....	102	Figura 49. Emersión de ademe de pozo (2011) en San Juan de Aragón, Ciudad de México.....	102
Grieta típica en zona plana (E, Santoyo 2011).	103	Figura 50. Grieta típica en zona plana (E, Santoyo 2011).	103
Distribución de hundimientos anuales entre 1991 y 2007 en la catedral de la Ciudad de México (E, Santoyo 2011).	103	Figura 51. Distribución de hundimientos anuales entre 1991 y 2007 en la catedral de la Ciudad de México (E, Santoyo 2011).	103
Mapa de zonificación geotécnica (Gaceta oficial de la Ciudad de México, 2017)	104	Figura 52. Mapa de zonificación geotécnica (Gaceta oficial de la Ciudad de México, 2017)	104
Tipos de falla; a) normal y b) inversa (GeologiaWeb, 2023).....	108	Figura 53. Tipos de falla; a) normal y b) inversa (GeologiaWeb, 2023).....	108
Mega grieta en Chalco, Estado de México (García, Z, 2023).....	109	Figura 54. Mega grieta en Chalco, Estado de México (García, Z, 2023).....	109
Lluvias anuales en las cuencas hidrográficas de la zona de estudio (mm).....	110	Figura 55. Lluvias anuales en las cuencas hidrográficas de la zona de estudio (mm).....	110
Lluvias mensuales en las cuencas hidrográficas de la zona de estudio (mm).....	114	Figura 56. Lluvias mensuales en las cuencas hidrográficas de la zona de estudio (mm).....	114
Fuente: elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda, 2020.	115	Figura 57. Fuente: elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda, 2020.	115
Piramide de población de ZMVM.....	125	Figura 58. Piramide de población de ZMVM.....	125
Zonas administrativas en materia de aguas superficiales y subterráneas.....	126	Figura 59. Zonas administrativas en materia de aguas superficiales y subterráneas.....	126
Demanda bioquímica de oxígeno (2021).....	127	Figura 60. Demanda bioquímica de oxígeno (2021).....	127
Demanda química de oxígeno (2021).....	134	Figura 61. Demanda química de oxígeno (2021).....	134
SST (2021).....	135	Figura 62. SST (2021).....	135
Coliformes fecales (2021).....	137	Figura 63. Coliformes fecales (2021).....	137
Entrega de agua por alcaldía para la Ciudad de México)	138	Figura 64. Entrega de agua por alcaldía para la Ciudad de México)	138
Aportación de agua acumulada por año para la Ciudad de México)	139	Figura 65. Aportación de agua acumulada por año para la Ciudad de México)	139

7



Figura 66.

Aportación de agua acumulada por año para el Estado de México.	141	Figura 67.
Aportación acumulada de agua ZMVM (suma CDMX y EDOMEX).....	141	Figura 68.
Distribución de agua por entidad.....	142	Figura 69.
Aportación acumulada (CDMX+EDOMEX) mediante pozos para la ZMVM.....	144	Figura 70
Gran Canal de Desagüe.....	150	Figura 71
Subsistema Poniente.....	151	Figura 72
Principales estructuras del Sistema de Drenaje Profundo)	155	Figura 73
Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales según capacidad instalada (l/s).....	157	Figura 74
Salidas artificiales del Sistema de Drenaje de la Cuenca de México.....	159	Figura 75.
Demanda bioquímica de oxígeno (2021).....	162	Figura 76.
Demanda química de oxígeno (2021).....	164	Figura 77.
SST (2021).....	165	Figura 78.
Coliformes fecales (2021).....	166	Figura 79.
Hundimientos totales (2018-2019).....	285	Figura 80.
Velocidad de		

<i>hundimiento (1999-2007)</i>	286	Figura 81. Hundimientos
<i>totales (2018-2019)</i>	294	Figura 82. Proyectos en el
<i>cambio de paradigma</i>	296	Figura 83. Ejemplo de cambio
<i>climático con el huracán Otis</i>	298	Figura 84. Sequía en el año 2023 en
<i>todo el país</i>	298	Figura 85. Análisis de series de tiempo del
<i>Sistema Cutzamala mediante Wavelets</i>	299	Figura 86. Pronóstico de sequía en el Sistema
<i>Cutzamala</i>	300	Figura 87. Entradas y salidas en las presas del
<i>Sistema Cutzamala</i>	300	Figura 88. Pronostico bajo varios escenarios de
<i>recorte en el Sistema Cutzamala. Fuente CONAGUA</i>	300	Figura 89. Lo que alguna vez fue una cuenca que
<i>captaba e infiltraba agua</i>	301	Figura 90. Visión estratégica de recuperación de
<i>cuerpos de agua</i>	301	Figura 91. Comparación de costo por m3 nivelado del
<i>abastecimiento de agua</i>	302	

Tablas

<i>Tabla 1. Relación propuesta entre las coberturas del suelo de América del Norte (CCA) y del método del Número de Curva (USDA)</i>	99	Tabla 2.
<i>Listado de las estaciones climatológicas seleccionadas en la zona de estudio</i>	112	Tabla 3. Puntos
<i>con información satelital en la zona de estudio</i>	113	Tabla 4 Unidad
<i>hidrogeológica</i>	118	Tabla 5 Zona
<i>hidrogeológica</i>	118	Tabla 6 Zonas
<i>administrativas de los recursos hídricos</i>	127	Tabla 7 Títulos y
<i>volúmenes de Aguas Nacionales del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México</i>	128	Tabla 8 Disponibilidad
<i>media anual superficial de la Cuenca de México</i>	130	Tabla 9 Disponibilidad media
<i>anual subterránea de la Cuenca de México</i>	130	Tabla 10 Sitios de medición,
<i>RENAMECA (CONAGUA)</i>	131	Tabla 11 Características de los
<i>componentes del Emisor Central</i>	152	Tabla 12 Características de los
<i>componentes del Túnel Emisor Poniente</i>	152	Tabla 13 Características de los
<i>componentes del Sistema Oriente-Sur</i>	153	Tabla 14 Plantas de tratamiento de

<i>aguas residuales municipales en la Cuenca de México</i>	156	Tabla 15 Sitios de medición, RENAMECA
<i>(CONAGUA)</i>	159	Tabla 16 Sitios de medición, RENAMECA
<i>(CONAGUA)</i>	167	

9



Proyecto de Investigación e incidencia
**ORDENAMIENTO HÍDRICO COLABORATIVO
 DE LA CUENCA DE MÉXICO Y SU ENTORNO**
 Clave 322638



Siglas y acrónimos

AHI Asentamientos Humanos Irregulares

CEPUM Constitución de los Estados Unidos Mexicanos CDMX Ciudad de México

GO Gaceta Oficial

CAEM Comisión del Agua del Estado de México CONAGUA

Comisión Nacional del Agua

OCAVAM Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México ONU

Organización de las Naciones Unidas

SACMEX Sistema de Agua de la Ciudad de México

SECTI Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación SEDEMA Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México ZMVM Zona Metropolitana del Valle de México

Glosario

DEFINICIONES DE LA NORMA Oficial Mexicana 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.

Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

Ademe: Tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro y espesor definidos, liso o ranurado, cuya función es evitar el derrumbe o el colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada, permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

Cierre de pozos: Conjunto de trabajos que se ejecutan para clausurar pozos, ya sea de manera temporal o definitiva. Su finalidad es evitar la contaminación del agua subterránea, eliminar el riesgo físico, preservar el rendimiento del acuífero y evitar posibles contaminaciones entre acuíferos.

Contra ademe: Tubería, generalmente de acero, utilizada en la ampliación de la parte superior de un pozo, cuya función es evitar derrumbes y entradas de aguas superficiales e infiltraciones que contaminen al acuífero.

Desinfectante: Sustancia o proceso que destruye o impide la reproducción de microorganismos infecciosos tales como las bacterias y los enterovirus.

Filtro granular: Material redondeado de origen natural, exento de materia orgánica o cualquier sustancia que altere o modifique sus propiedades físicas y químicas naturales, cuyo tamaño se selecciona en función de las características del acuífero; se coloca entre el ademe y el contra ademe o pared de la unidad geológica horadada, siendo su función principal la de evitar la entrada de material

fino al interior del pozo.

11



Proyecto de Investigación e incidencia
**ORDENAMIENTO HÍDRICO COLABORATIVO
DE LA CUENCA DE MÉXICO Y SU ENTORNO**
Clave 322638



Mantenimiento de pozos: Conjunto de actividades cuyo objetivo es mantener la eficiencia de la captación dentro de un intervalo aceptable y que prolongue la vida útil de los pozos.

Pozo abandonado: Cualquier perforación que penetra total o parcialmente un acuífero y que, debido a la inconveniencia económica, física o técnica para su operación o rehabilitación, ha quedado fuera de servicio.

Pozo para extracción de agua: Obra de ingeniería en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción y que permite extraer agua del subsuelo.

Rehabilitación de pozos: Conjunto de trabajos que se ejecutan en un pozo, sin incrementar la profundidad, encaminados a corregir deficiencias en el funcionamiento del mismo y cuya finalidad es mejorar el caudal de explotación respecto a la condición inicial que se registraba antes de los trabajos, prolongar su vida útil, mejorar la calidad del agua o la combinación de estos objetivos en un caso ideal.

Rejilla; cedazo: Ademe con aberturas de forma, tamaño y espaciamiento diseñados en función de las características granulométricas del acuífero, para permitir el paso del agua al interior del pozo.

Reposición de pozos para extracción de agua: Se entenderá como la construcción de un pozo nuevo, cuando un diagnóstico técnico aconseje el cierre del existente.

Sellado de pozos: Son los trabajos realizados en el pozo, tendentes a restituir las condiciones del terreno natural.

Resumen

El área metropolitana de la Ciudad de México, como es el caso de las grandes ciudades del centro y norte del país, ha dependido por su agua principalmente de la sobreexplotación de acuíferos y la importación de agua de otras cuencas, en ausencia de políticas para hacer respetar la capacidad de carga de las fuentes locales ni de aprovechar las aguas pluviales y residuales localmente disponibles. El costo energético, económico, social y ambiental de estas estrategias está llegando a sus límites.

La actual administración inició la transición hacia la gestión sustentable del agua en la Cuenca de México con su apoyo a la lucha histórica de las comunidades de Texcoco-Atenco, al cancelar el aeropuerto bajo construcción en la principal zona de almacenamiento de aguas pluviales de la Cuenca; en su lugar esta zona fue decretada como Área Natural Protegida con el fin de recuperar y fortalecer el papel regulador vital de sus lagos.

Además, la Mesa Metropolitana del Agua, en donde participan el Sistema del Aguas de la Ciudad de México, la Comisión del Agua del Estado de México y la Conagua, ha acordado el Plan Metropolitano de Abastecimiento de Agua Potable se basa en el aprovechamiento de fuentes locales, al proponer la potabilización del agua de las Presas Madín y Guadalupe y la habilitación del Lago Tláhuac-Xico y la optimización de los volúmenes obtenidos de los Sistemas Lerma y Cutzamala. Sin embargo, actualmente la moneda está en el aire. Siguen avanzando nuevos proyectos inmobiliarios e industriales sin factibilidad hídrica junto con invasiones y fraccionamientos ilícitos. Las presas que alimentan el Sistema Cutzamala están en sus niveles más bajos históricamente, y la sobreexplotación de acuíferos genera hundimientos diferenciales que dañan muebles e infraestructura, para extraer agua fósil cuya potabilización es casi incosteable.

La crisis del agua que se acerca bien podrá ser utilizada por ciertos intereses para buscar justificar nuevos trasvases intensivos en capital y energéticos, social y ambientalmente conflictivos, y de cuestionable valor.

Este proyecto generará una evaluación objetiva de las vulnerabilidades del actual modelo basado en la importación, sobreexplotación, expulsión e

hiperurbanización acompañada por la desinversión en obras locales, siendo un

13

modelo que se repite en las principales ciudades y zonas metropolitanas del centro y norte del país.

Generará propuestas en torno a: a) los cambios en la política pública requeridos para frenar la urbanización hídricamente no sustentable; b) las obras requeridas para cerrar los ciclos del agua al interior de las cuencas metropolitanas serán de relevancia nacional.

Sobre todo, plantea construir la Contraloría del Agua de la Cuenca de México, una voz ciudadana crítica y propositiva, con arraigo local y visión metropolitana. Se espera que la Contraloría pueda servir como modelo para lograr la voluntad política requerida para mantener el camino hacia la sustentabilidad en las cuencas metropolitanas del país.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El problema del agua en el Valle de México

El agua es un bien público determinante para el bienestar social, económico y ambiental de las comunidades (Pedrozo Acuña, 2022). Durante cuatro siglos, las obras de drenaje, evacuación de aguas negras y pluviales, así como las infraestructuras de transvase de agua para abastecer la Ciudad de México (CDMX) modificaron la condición natural cerrada de la cuenca denominada Valle de México y, desde mediados del siglo XX también como Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) (González-Reynoso, 2018).

En los últimos años, se ha registrado declives importantes en la disponibilidad hídrica a nivel nacional siendo justamente el centro del país una de las más impactadas, las principales causas de dicha situación ha sido la falta de un ordenamiento hídrico-territorial, que ha permitido el establecimiento de todo tipo de actividades, en zonas donde la disponibilidad hídrica es precaria o hasta deficitaria (Breña-Naranjo, 2023).

Actualmente, la disponibilidad anual por habitante en México ha pasado de 10 mil metros cúbicos (m³) promedio de 1960 a 4 mil m³ en 2000 y 3.2 mil m³ en 2020 (IMCO, 2023). Dicho deterioro y explotación de los cuerpos de agua, sumado la extensa urbanización del Valle de México ha tenido lugar sobre el suelo ganado por la desecación de los lagos (González-Reynoso, 2018) y el incremento de las sequías, provocará que para 2030, la disponibilidad de agua en México descienda por debajo de los 3 mil m³ (IMCO, 2023).

Diferentes autores (Escolero, Kralisch, Martínez, & Perevochtchikova, 2016) (González-Reynoso, 2018) (Peña-Díaz, 2019) muestran que el agua es un tema crítico para la sustentabilidad de la CDMX, así como de la ZMVM y de la Cuenca de México (y/o Cuenca del Valle de México). Dicha cuenca, está sujeta a un gran estrés hídrico debido a la sobreexplotación de los acuíferos (Peña-Díaz, 2019), principalmente porque la zona presenta un crecimiento urbano desmesurado que demanda agua y rebasa la oferta, es decir, la extracción de agua ha llevado a su límite a los acuíferos de la zona (Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, &

Caamal, Injusticia ambiental y marginación: la falta de accesos al agua en la Zona Metropolitana del Valle de México, 2022).

La Cuenca del Valle de México y ZMVM es la región económica más importante del país que enfrenta la mayor sobreexplotación de sus recursos hídricos, y, a su vez la escasez del agua afecta el bienestar de diversos grupos de la población y restricción para el crecimiento económico (Rodríguez-Tapia, Morales-Novelo, Sosa-Rodríguez, Altamirano-Cabrera, & Torres-Ayala, 2016).

La problemática del agua radica en el deterioro de la calidad y disponibilidad, así como en la deficiencia en la distribución y los servicios de drenaje (Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, & Cervantes, El agua en la Ciudad de México, 2009). Por lo que, el abastecimiento de agua en cantidad suficiente y con la calidad adecuada es una preocupación creciente en la ZMVM, ya que enfrenta una profunda crisis (Fernández & Bandala, 2018). Otro factor importante es el aumento de la densidad de la población y la dinámica de la expansión urbana con una marcada tendencia al crecimiento de las zonas urbanas y disminución de la población rural (Escolero, Kralisch, Martínez, & Perevochtchikova, 2016).

De manera que, el conflicto de la distribución del agua aumenta día a día, principalmente a la inequidad en el reparto entre alcaldías de la ciudad (Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, & Cervantes, El agua en la Ciudad de México, 2009) (Escolero, Kralisch, Martínez, & Perevochtchikova, 2016), así como los municipios de las áreas conurbadas, del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala. Los asentamientos más pobres tienen un consumo mínimo de agua promedio por habitante al día, tan sólo de 28 litros. Mientras que, en los sectores de máximos ingresos es de 800 a 1000 litros por habitante al día (Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, & Cervantes, El agua en la Ciudad de México, 2009).

Por ejemplo; el sistema de agua de la CDMX debido a su tamaño y complejidad, en gran parte por las dificultades de transportar el agua, algunas áreas están bien abastecidas mientras que otras como Iztapalapa, Tlalpan y Xochimilco sufren

deficiencias crónicas de los servicios de agua. Otras alcaldías como Milpa Alta, Álvaro Obregón, Tláhuac y Cuajimalpa cuentan con el servicio de agua potable de

16

manera intermitente, es decir en tandeos (Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, & Cervantes, El agua en la Ciudad de México, 2009), lo que ocasiona malestar social y conflictos frecuentes.

El problema del abastecimiento del agua potable no es solamente sus fuentes, sino incluye un sistema complejo de captación, conducción y distribución en enfrenta serias limitantes. En específico, se refiere al envejecimiento de la infraestructura, aumento de costos de operación, falta de mantenimiento, así como pérdida de calidad y cantidad de recursos que han llevado a que el sistema opere al límite de sus capacidades físicas y económicas (Martínez, Perevochtchikova, Escolero, & Kralisch, 2010), por ejemplo en la CDMX la infraestructura hidráulica carece de mantenimiento lo que se manifiesta en las frecuentes fugas que consumen aproximadamente del 30% al 40% del volumen de agua (Fernández & Bandala, 2018).

La Cuenca del Valle de México y la ZMVM necesita nuevas redes que suministren agua y que estén mejor conectadas. Dada la escasez de agua a la que enfrenta la región, se necesita una combinación de fuentes de abastecimiento nuevas, una mayor eficiencia en el uso del agua y una mejor infraestructura de distribución para aliviar la problemática de suministro (Fernández & Bandala, 2018) (de Coss, 2017).

En la ZMVM el agua refleja la problemática social y ambiental del territorio, aspectos que se han incrementado con el paso de los años (Iracheta & Dávalos, 2004) (Rodríguez-Tapia, Rodríguez-Novelo, Sosa-Rodríguez, Altamirano-Cabrera, & Torres-Ayala, 2016).

1.1.1 Perspectivas locales sobre el abastecimiento de agua

En muchas ciudades el abastecimiento de agua potable requiere buscar nuevas

fuentes de abasto para construir acueductos cada vez más largos y costosos; una situación semejante se presenta en el drenaje pluvial de todas las ciudades,

17

debido a la creciente urbanización que cambia las condiciones naturales por áreas con menor permeabilidad (Escolero, Kralisch, Martínez, & Perevochtchikova, 2016). Situación que se presenta en la Cuenca del Valle de México ya que gran parte de sus recursos hídricos son para abastecer a los sectores públicos urbanos e industriales que se encuentran en mayor concentración en la ZMVM (Pastrana Miranda & González-Caamal, Injusticia ambiental y marginación: la falta de acceso al agua en la Zona Metropolitana del Valle de México, 2022).

Actualmente, 32% del agua de abastecimiento urbano en la Cuenca del Valle de México proviene de extracciones insostenibles de fuentes sobrexplotadas de los acuíferos del Valle. Además, cerca de 33% del agua no se usa eficientemente en comparación con buenas prácticas internacionales, ya sea porque los niveles de pérdidas físicas y comerciales en los sistemas de agua (570 a 650 litros diarios por toma), son superiores a las buenas prácticas internacionales (<125 litros diarios por toma), o porque los usuarios finales consumen volúmenes mayores (300 litros diarios por persona) a los que se consumen en otras ciudades (Banco Mundial, 2013).

De tal manera que la sobreexplotación de los acuíferos en la Cuenca del Valle de México es el resultado de un mayor volumen de extracción de agua del subsuelo con respecto a la cantidad que se infiltra, por lo que, asegurar nuevas fuentes externas es cada vez más difícil, el agua es cada vez más escasa y la oposición social a su apropiación crece (Guerrero, Rives, Rodríguez, Saldivar, & Cervantes, El agua en la ciudad de México, 2009).

Dada la prevalencia de pozos privados no regulados tanto en áreas rurales como urbanas en la CDMX y zonas conurbadas de la Cuenca del Valle de México, los habitantes que obtienen agua de fuentes subterráneas pueden ser

considerablemente mayor de lo que indican las estimaciones oficiales (Mahlknecht, Hirata, & Ledesma, 2018) (González , Vázquez, Aguilar, & Arriaga , 2022)

18

Respecto a la situación de los servicios de abastecimiento en la CDMX es diferente al caso de la mayor parte del resto de la Cuenca del Valle de México; no existe un organismo operador descentralizado o desconcentrado que preste el servicio. El Sistema de Agua de la CDMX (SACMEX), es un organismo operador y encargado de abastecer de agua a la ciudad, pero trabaja dentro de la administración de la CDMX, y no tiene autonomía presupuestaria. De la misma manera, la operación de la red de distribución final al usuario está a cargo de las delegaciones de la CDMX y no de SACMEX (Banco Mundial, 2013).

El abastecimiento de agua potable en la CDMX incluye una compleja estructura administrativa para el manejo del agua (Tabla 1), en la que interactúan organismos de diferentes niveles: federal, regional, estatal y local. La CONAGUA es la instancia del gobierno federal encargada de la administración del agua a nivel nacional y actúa a nivel regional a través del “Organismo de Cuenca Región XIII, Aguas del Valle de México” (OCAVM). SACMEX. Y, el Programa de Acción Inmediata (PAI), el cual es un programa de emergencia de perforación de pozos del Gobierno Federal (CONAGUA, 2009).

Tabla 1. Resumen de las fuentes de abastecimiento a la Ciudad de México.

Fuente	Sistema	Operador	Área de Captación	Edad	Aportación
		urbana, México D.F.	Acuífero (Zona Metropolitana de la CDMX)	30–60 años	14 m ³ /s
Pozos SACMEX					
549 pozos en la zona	SACMEX				
Chiconautla		Acuífero (Cuautitlán Pachuca)		> 50 años	1.33 m ³ /s
41 pozos					Batería
Sistema PAI		ramales o baterías	Acuífero (Cuautitlán Pachuca) y Acuífero Texcoco		Acuífero Toluca y
156 pozos distribuidos en 7	OCAVM			> 40 años	2.83 m ³ /s

Acuífero (Ixtlahuaca Atlacomulco)

> 40 años 4.4 m³/s

Sistema Lerma 250 pozos SACMEX

7 presas 6.7 – OCAVM Cuenca del Río

Sistema

Cutzamala Captación de

Cutzamala > 30 años 9.6 m³/s

manantiales 18 manantiales SACMEX Sierra de Ajusco, Sur de la CDMX > 30 años 0.8 m³/s

19

m³= Metros cúbicos.

Fuente: CONAGUA, 2009 (CONAGUA, 2009).

Respecto al Sistema Cutzamala, éste abastece el 25% de la ZMVM (Gobierno de la Ciudad de México, 2023). En la tabla 2, se muestra el almacenamiento actual y histórico del Sistema Cutzamala de las tres presas principales que bastecen de agua a la CDMX, se observa una diferencia negativa total de 44.80%, lo que representa un déficit debido a la falta de lluvias del presente año.

Tabla 2. Almacenamiento actual e histórico del Sistema Cutzamala

Presa	Almacenamiento			Porcentaje Mm ³																			
	Actual	Almacenamiento Histórico	Diferencia Mm ³	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje																	
Villa Victoria	51.79	27.90	146.04	78.60	-50.70	El Bosque	113.36	56.00	175.60	86.80	-30.80	Valle de Bravo	146.06	37.00	340.44	86.30	-49.30	Total	311.21	39.80	662.09	84.60	-44.80

Mm³= Millones de metros cúbicos.

Fuente: (CONAGUA, 2023) (Gobierno de la Ciudad de México, 2023)

Por lo tanto, derivado de los bajos niveles de almacenamiento en las presas del Sistema Cutzamala, la CONAGUA, SACMEX y CAEM (Comisión del agua del Estado de México, actualmente Secretaría del Agua del Estado de México), han llevado a cabo diversas reuniones desde el año 2021 a la fecha. De manera conjunta entre dichos organismos se determinó reducir el gasto. La primera reducción se realizó el 14 de junio de 2022 de 14.8 m³/s a 14.1 m³/s. La segunda reducción fue el 15 de agosto del año pasado de 14.8 m³/s a 13.2 m³/s. La tercera reducción se realizó el pasado 17 de octubre, donde se redujo de 13.2 a 12.2 m³/s, el cual es el gasto que actualmente se extrae del Sistema Cutzamala (Gobierno de la Ciudad de México,

2023).

En la siguiente tabla se muestra la disminución de los volúmenes de almacenamiento y disponible. El año pasado en la misma fecha se observó que el caudal entregado fue de 13.094 m³/s y el volumen disponible fue para 9.11 meses.

20

Mientras que, en el presente año con un gasto reducido a 12.041 m³/s a partir de 17 de octubre con un volumen disponible será de aproximadamente 4.36 meses.

Tablas 3. Almacenamiento del Sistema Cutzamala

Año	Almacenamiento actual				Caudal entregado				Volumen disponible				
	Mm3	%	m3/s	Meses	Mm3	%	m3/s	Meses	Mm3	%	m3/s	Meses	
2020	549.591	70.23	15.584	10.42	2021	557.663	71.26	13.475	10.65	2022	497.200	63.54	13.094
9.11	2023	311.211	39.77	12.041	4.36	Fuente: (Gobierno de la Ciudad de México, 2023).							

Con base en esta crisis de estiaje, CONAGUA, SACMEX y CAEM realizaron diferentes simulaciones para definir la reducción del gasto. El gasto mínimo de operación es de 155 Mm³/s, lo que significa que este nivel mínimo para obtener gasto a través de Sistema Cutzamala. Por lo tanto, si se continua con el gasto de 13.2 m³/s para el día tres de abril ya no se podría obtener gasto. El siguiente escenario de 12.2 m³/s se proyectó que el nivel mínimo sería el 18 de abril del 2024. La simulación de 11.2 m³/s, se presentó que el 18 de mayo de 2024. Para la simulación de 10.2 m³/s, el nivel mínimo de operación es el 11 de junio de 2024. Y, para el gasto simulado de 9.2 m³/s, es el único escenario que no toca el nivel mínimo de operación. Entonces, derivado de estas simulaciones, de manera conjunta entre CONAGUA, CAEM y SACMEX determinaron la reducción en un acto de responsabilidad para evitar llegar al nivel mínimo de operación (Gobierno de la Ciudad de México, 2023). Dicha reducción del caudal de abastecimiento se verá reflejada en la disminución de la presión las horas de servicio (Tabla 4).

Tabla 4. Simulación de caudal de entrega.

Simulación Caudal (m³/s)

1 13.2

2 12.2

3 11.2

21

Simulación Caudal (m³/s)

4 10.2

5 9.2

m³/s= Metros cúbicos por segundo.

Fuente: (Gobierno de la Ciudad de México, 2023).

Otra perspectiva local para el abastecimiento de agua es por parte del Gobierno de la Ciudad de México (2023), la cual presentó una iniciativa de Reforma a la Constitución para aprovechar el agua de lluvia por lo que se pretende captar una cuarta parte del agua que actualmente se extrae de los pozos.

La iniciativa se realizó de manera conjunta con la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) y SACMEX. Propuesta que busca profundizar, ampliar y diversificar el Programa “Cosecha de Lluvia” para el presente año y el próximo 2024. Además de complementarlo con otras políticas públicas en el cuidado y aprovechamiento del agua para mejorar el abasto de agua de personas que viven en colonias de escasez hídrica con la instalación de sistemas cosechadores de lluvia. (Gobierno de la Ciudad de México, 2023).

1.2 Objetivo de investigación

1.2.1 Objetivo general de investigación.

Identificar y analizar las principales vulnerabilidades del sistema hidrológico de la Cuenca de México y su entorno, y generar propuestas técnicamente fundamentadas y socialmente viables para lograr la transición hacia un sistema eficiente y sustentable.

1.2.2 Meta general de investigación.

Contar con tres estudios describiendo las obras, las políticas y los instrumentos requeridos para lograr la sustentabilidad hídrica del sistema de gestión del agua en la Cuenca de México.

22

1.3 Metodología transdisciplinaria planteada.

La metodología planteada se enfoca en la identificación de dinámicas críticas del actual sistema de gestión del agua para la Cuenca, las cuales tendrán que ser transformadas para prevenir su colapso y lograr la sustentabilidad. En la primera fase (2023), se realizará un diagnóstico integral del sistema hídrico del cual dependen los habitantes de la Cuenca por su agua y por su seguridad frente a posibles inundaciones, identificando sus principales vulnerabilidades.

Tablas 3. Metas de investigación e incidencia

Etapa	1			
Objetivo	Metas de Investigación específicas	Indicadores	Solución propuesta	Resultado previsto
5. Diagnosticar las vulnerabilidades en el actual modelo de gestión de agua para la región hidropolitana de la Cuenca de México	Estudio identificando las principales vulnerabilidades en los desagües de la Cuenca del Valle de México	Porcentaje de avance del estudio de vulnerabilidades	Emitir las recomendaciones para las vulnerabilidades encontradas en las cuatro zonas nodales en el suministro y desagüe de la Cuenca del Valle de México	Conocer las vulnerabilidades en el actual sistema del modelo de la gestión del agua

El área metropolitana de la Ciudad de México, como es el caso de las grandes ciudades del centro y norte del país, ha dependido por su agua principalmente de la sobreexplotación de acuíferos y la importación de agua de otras cuencas, en ausencia de políticas para hacer respetar la capacidad de carga de las fuentes

locales ni de aprovechar las aguas pluviales y residuales localmente disponibles. El costo energético, económico, social y ambiental de estas estrategias está llegando a sus límites.

La actual administración inició la transición hacia la gestión sustentable del agua en la Cuenca de México con su apoyo a la lucha histórica de las comunidades de Texcoco-Atenco, al cancelar el aeropuerto bajo construcción en la principal zona de almacenamiento de aguas pluviales de la Cuenca; en su lugar esta zona fue

23

decretada como Área Natural Protegida con el fin de recuperar y fortalecer el papel regulador vital de sus lagos.

Además, la Mesa Metropolitana del Agua, en donde participan el Sistema del Aguas de la Ciudad de México, la Comisión del Agua del Estado de México y la Conagua, ha acordado el Plan Metropolitano de Abastecimiento de Agua Potable se basa en el aprovechamiento de fuentes locales, al proponer la potabilización del agua de las Presas Madín y Guadalupe y la habilitación del Lago Tláhuac-Xico y la optimización de los volúmenes obtenidos de los Sistemas Lerma y Cutzamala. Sin embargo, actualmente la moneda está en el aire. Siguen avanzando nuevos proyectos inmobiliarios e industriales sin factibilidad hídrica junto con invasiones y fraccionamientos ilícitos. Las presas que alimentan el Sistema Cutzamala están en sus niveles más bajos históricamente, y la sobreexplotación de acuíferos genera hundimientos diferenciales que dañan muebles e infraestructura, para extraer agua fósil cuya potabilización es casi incosteable.

La crisis del agua que se acerca bien podrá ser utilizada por ciertos intereses para buscar justificar nuevos trasvases intensivos en capital y energéticos, social y ambientalmente conflictivos, y de cuestionable valor.

Este proyecto generará una evaluación objetiva de las vulnerabilidades del actual modelo basado en la importación, sobreexplotación, expulsión e hiperurbanización acompañada por la desinversión en obras locales, siendo un modelo que se repite en las principales ciudades y zonas metropolitanas del centro y norte del país.

Generará propuestas en torno a: a) los cambios en la política pública requeridos para frenar la urbanización hídricamente no sustentable; b) las obras requeridas

para cerrar los ciclos del agua al interior de las cuencas metropolitanas serán de relevancia nacional.

Sobre todo, plantea construir la Contraloría del Agua de la Cuenca de México, una voz ciudadana crítica y propositiva, con arraigo local y visión metropolitana. Se espera que la Contraloría pueda servir como modelo para lograr la voluntad política requerida para mantener el camino hacia la sustentabilidad en las cuencas metropolitanas del país.

24

2 ANTECEDENTES

2.1 Breve historia del abastecimiento de agua al Valle de México 2.1.1

Introducción

Con la intención de hacer una revisión de la situación actual del abastecimiento de agua en el Valle de la Cuenca de México y su entorno, a continuación se describen brevemente los antecedentes sobre disponibilidad y gestión del agua en el Valle de México, abordando temas e ideas desde la formación hidrogeológica de la Cuenca de México, la historia lacustre de sus pueblos originarios y el proceso histórico de abastecimiento de agua hasta la integración de una Zona Metropolitana de más de 20 millones de personas. que actualmente vive en estrecha relación con el agua, lo que propicia complejos procesos para el suministro y desalojo del agua de la Cuenca, estas problemáticas han convertido a la Ciudad de México y su zona conurbada en un fenómeno geográfico que traspasa sus propios límites políticos, ambientales y administrativos.

A partir de esto, nacen las preguntas sobre la gestión hídrica territorial, que determinan la necesidad de un reconocimiento a partir de su complejidad, integrando por ejemplo el estudio de los grandes fracturamientos debido a fenómenos naturales como los sismos en zonas urbanas de Chalco (Bandala, 2018), en laderas, barrancas y cerros de Texcoco, o en las zonas chinamperas de Xochimilco-Tláhuac, estos remanentes de los antiguos sistemas hidrológicos

dicen mucho de la situación actual de explotación, de la gestión del agua de la cuenca y de la calidad de sus recursos hidrogeológicos.

A continuación, se da a conocer el registro de estos precedentes comenzando desde el proceso de conformación de la cuenca, sus cambios hidrogeológicos, lo cuales fueron aprovechados por sus habitantes para conformar la construcción de un paisaje original a partir del agua, hasta los cambios tecnológicos aplicados para el abastecimiento de agua en la ciudad y su territorio en los periodos industriales. Este recuento ayuda a vislumbrar un proceso complejo de

25

vulnerabilidad como tema principal de este estudio, buscando responder a las preguntas: ¿De dónde obtenemos el agua para vivir?, ¿Cómo se abastece de agua a una ciudad de más de 20 millones de habitantes? Y ¿Cuáles han sido los impactos sociales y ambientales de dicho abastecimiento?

2.2 Evolución geológica e hidrología del Valle de la Cuenca de México

La Cuenca de México se ubica en el extremo sur de la Mesa Central, en los meridianos $90^{\circ}15'$ y $99^{\circ}30'$, paralelos $19^{\circ}00'$ y $20^{\circ}15'$. Para este ejercicio de investigación se propone un polígono de estudio que es el resultado de las principales elevaciones que conforman una cuenca en términos hidrológicos y topográficos, este polígono ha sido empleado en otras investigaciones como en el libro de Memorias de las Obras del Drenaje Profundo o los de la Dra. Adriana Palma, experta en agua subterránea (UNAM 2023) y comprende los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y la CDMX.

El agua en la Cuenca de México es un recurso que vive un proceso cíclico de recargas. evaporaciones, escurrimientos y acumulaciones desde hace millones de años, sus cambios hidrogeológicos han acontecido a través de

Figura 1. Mapa de realización propia. La ZMCM es parte de una zona volcánica con erupciones acontecidas en diversas fases, CITATION San05 \l 2058 (Santoyo, 2005).

26

7

grandes períodos desde el Oligoceno, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno y Cuaternario Superior, (Pineda, 1996) este último tiempo con formaciones volcánicas que cambiaron la geografía del centro hace aproximadamente 700,000 años debido al crecimiento de la Sierras Chichinautzin y otras fronteras geográficas del sistema Popocatepetl al sur oriente de la Cuenca. (Santoyo,

2005)

Figura 2. Mapa de realización propia, modelo tridimensional de la cuenca, fondo de imagen satelital, nos da una idea del total de agua en la zona de captación y actual Zona Metropolitana

Esta transformación geológica cambió la dinámica de flujos y ríos de la cuenca, pasando de una forma exorreica, lo que significa, expulsando el agua de los ríos a través de los valles del sur para después con la acción geológica, convertirse en una cuenca endorreica, o lo que es lo mismo, una contención de los

escurrimientos para acumularse en grandes cuerpos de agua de alturas variables, estas nuevas formaciones, actuaron como “presas” que se azolvieron en grandes cuerpos de agua dando vida a los lagos conocidos después como Zumpango, Xaltocan, Texcoco, México, Xochimilco y Chalco, lagos llenados por escurrimientos que afloraban desde las sierras, recorriendo senoidales de cerros y montes hasta las partes bajas de los lagos, combinado sus aguas perennes y permanentes con un “universo” según el ingeniero Antonio Peñafiel, de manantiales que nacían en este nuevo suelo, algunos hasta dentro de los antiguos lagos. (Pineda, 1996)

2.2.1 Pueblos originarios en la gestión hídrica de la cuenca hasta el s.

XVI

27

El

suelo permeable de las sierras y el suelo arcilloso del fondo del lago **Figura 3.** Mapa de elaboración propia La Cuenca de México está delimitada por distintas sierras de mayor y menor

facilitaron el florecimiento de pueblos en cerros cercanos, cerros modificados con sistemas de terrazas para aprovechar las fuentes manantiales hasta llegar a las llanuras lacustres de los lagos. Según Gabriel Espinosa Pineda, de todos los ríos de la Cuenca, el más caudaloso era el Cuautitlán, el cual fue desviado en tiempos prehispánicos ya que este desaguaba en Zumpango haciendo que se derramara sobre Xaltocan, y a su vez, sobre Texcoco, que al subir de nivel provocaba las inundaciones en Tenochtitlan.

Figura 4. Imagen de realización propia del sistema de precipitación, escurrimiento y captación de agua en las distintas conformaciones geológicas

Los pueblos lacustres de la cuenca pudieron desarrollar técnicas para realizar obras de gran envergadura como el aprovechamiento de manantiales, la desviación de ríos, la construcción de represas, diques-calzadas, puentes, embarcaderos y un largo etcétera. (Rabiela, Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico, 2009). Los pueblos de la cuenca conservan desde tiempo atrás la cultura de la ciudad lacustre, cultura de gestión integral del agua en el territorio, los sistemas de abastecimiento de canales para riego, movilidad fluvial y el uso agrícola de los lagos y cerros como en Texcotzingo, Texcoco o las chinampas de Xochimilco-Tláhuac-Chalco lo comprueban, obras de infraestructura que han influido en el ordenamiento del territorio actual, en el abastecimiento hídrico de la ciudad.

28

En algunos casos como Xochimilco, los manantiales caracterizaban la composición hidrogeológica porosa a flor de tierra de las sierras y volcanes de la cuenca, según el libro Memorias del drenaje Profundo, "...los lagos se evaporaban año tras año, lo que hasta ellos escurría por arroyos y manantiales. Así, en su estado original, la cuenca mantuvo el siguiente ciclo simple: Lluvias = evaporación + escurrimientos...Cualquier infiltración afloraba de nuevo en los manantiales a orillas de las planicies centrales como en Teotihuacan, Chapultepec, Xochimilco, Chimalhuacán, Texcoco, entre otros..." (Secretaría de Obras, 1975)

Figura 5. Mapa de elaboración propia La Cuenca de México está delimitada hacia el nivel 2240.

Figura 6. Thomas Filsinger. Recreación de la composición urbana y gestión de los lagos en el tiempo prehispánico del lago de México y Texcoco

Esta habría sido la mecánica de las aguas de los lagos desde tiempos primigenios y al mismo tiempo de la visión del manejo del agua para distintos fines. Por ejemplo, el dique para la separación de las aguas dulces y saladas, diseñado por

29

Nezahualcóyotl, el cuál dividía las lagunas de Texcoco y México, el complejo hídrico de Texcotzingo o el propio sistema de chinampas que permitió gestionar las aguas de los lagos para beneficio de la vida humana productiva. En el caso de Tenochtitlan, que desde su fundación fue abastecida con manantiales de Chapultepec según Jorge Legorreta pero que gracias a las alianzas políticas con el pueblo de Azcapotzalco permitieron dar lugar a la construcción de un acueducto sobre el lago, desde los cerros de Chapultepec, obra iniciada en 1418 por Chimalpopoca con aproximadamente cinco kilómetros de largo y con dos canales sobre un terraplén (Legorreta, 2006).

Figura 7. De izquierda a derecha, El acueducto de Chapultepec a Tenochtitlan desde 1381 proveyó de agua a la ciudad según Teresa Robles.

El sistema hidráulico de las ciudades prehispánicas era complejo, comprendía

diques, calzadas, compuertas, puentes, acequias, represas, embarcaderos, islas hechas a mano, etc. (Rabiela, Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico , 2009). En sus obras de infraestructura, se revelan soluciones a dificultades inherentes de la situación metropolitana vigentes aún en nuestra actualidad, estas son: la necesidad de agua potable, el problema de las inundaciones, la expansión demográfica, urbanización, comercio y comunicaciones. (Bandala, 2018).

Para el tiempo de la invasión española, la demanda de agua requirió seguir con las prácticas indígenas de separación de las aguas durante el siglo XVI y principios del XVII, obras que representan esta época son los albardones de San Lázaro, el albarradón o dique de Ecatepec en los lagos de Zumpango y Xaltocan, etc. Desde el s. XVI las obras de acueductos satisfacían las necesidades de los pueblos distantes en la cuenca, principalmente al norte de la ciudad. (Musset, El desagüe

30

evangélico: Carmelitas, Jesuitas y Franciscanos frente a las inundaciones de México (1607-1691) , 1993)

Para este tiempo, la situación de muchos pueblos y ciudades originarias de la Cuenca de México cambió en cuanto al abastecimiento de agua, la ley virreinal proveía con cuerpos de agua a otros tipos de industria como la ganadera que demandaban una gestión del agua diferente, una nueva gestión de las aguas que contaminaría manantiales y arroyos temporales, cuerpos someros que abastecieron por mucho tiempo a los pueblos de los cerros alejados y del centro de la ciudad. Es importante mencionar que las políticas de congregación en tiempo de la Colonia representaron un cambio en las formas productivas locales asociados al agua, la idea de conformar pueblos centralizados requirió adecuar formas de gestión, centralizando y priorizando el abastecimiento, lo que aceleraría la urbanización territorial dispersa de pueblos integrados productivamente a un gran lago, y que subsistían con sus recursos locales. (Musset, 1990) .

Lo anterior es significativo porque el establecimiento de la Nueva España se

superpone al trazo original del altépetl. (Seed, 1982) en (Cristiani, 2014). Esta última consideración propicia un cambio en el territorio debido a que la infraestructura hidráulica con base en albardones, calzadas, acequias y compuertas se convierte en parte de los determinantes del trazo. En el siglo XVI estas variaciones cambiaron el control hídrico original implementado por los indígenas, conformando una nueva relación con el agua que trajo consecuencias tiempo después, entre estas, la vulnerabilidad ante inundaciones en la Ciudad de México, se había llegado a pensar en la idea de trasladar la capital a otro sitio o en encontrar la manera de evacuar las aguas de los grandes lagos que causaban un peligro para sus habitantes, de los diferentes proyectos de la época se eligió el que, para el momento era el más viable, un tajo abierto para desaguar los lagos del norte a través de la sierra baja de Nochistongo, y luego por Huehuetoca 1607. (Musset, El desagüe evangélico: Carmelitas, Jesuitas y Franciscanos frente a las inundaciones de México (1607-1691) , 1993)

31

Así,
el agua superficial disponible comenzó con la historia de su explotación y desalojo a través de un Gran Canal de Desagüe, que con el tiempo se ampliaría a través de túneles profundos, evacuando las aguas de los antiguos lagos tanto superficiales como de lluvia, esto convierte a las obras del drenaje en un gran sistema de protección contra inundaciones urbanas, gestión del agua que impacta hasta hoy en la propia recarga acuífera de los ecosistemas de la cuenca, en la composición de los suelos de sus suelos y la disponibilidad de agua.

La Ciudad de México fue abastecida de agua al menos desde 1410 según (Manuel Perló Cohen, 2018) La totalidad del sistema de distribución de agua en la Ciudad de México constaba de los siguientes elementos: los acueductos de Santa Fe, Desierto y de los Leones; la Alberca Chica o de Moctezuma en Chapultepec, de la cual salían tres ramales principales contruidos en piedra y a base de arcos de medio punto: del Bosque, de la Merced y de San Pablo, que abastecían ciento veinticinco fuentes privadas y cinco públicas: la del Bosque, la de la garita de Belén, la del Cautivo, la de la plazuela de San Juan y la del Salto del Agua (Bribiesca, 1959: 84-85, citado en Pineda, 2000) de los manantiales que abundaban en Chapultepec, Santa Fe, Desierto de Leones, con el tiempo, las nuevas fuentes se extendieron con acueductos desde Tlalpan, San Ángel y Villa de Guadalupe, etc.

Para el año de 1847 se inicia el aprovechamiento del agua subterránea incluyendo pozos brotantes (artesianos), para finales del siglo XIX se llegó a un total de 1,100

32

pozos perforados el uso público y privado en el centro de la ciudad de los nuevos Valles (Granja, 2018).

2.1.5. Cambios técnicos en el manejo del agua para el abastecimiento y las consecuencias en la salud de los acuíferos

Después de un largo periodo de cambios políticos como el virreinato y la independencia, a finales del s. XIX el crecimiento demográfico, la naciente industrialización y las ideas higienistas del porfiriato llevaron a cabo un cambio radical en la totalidad de la infraestructura ampliando su nivel tecnológico, esto mejoró la calidad del agua y del servicio, la dotación del líquido y el drenaje conformaron en la ciudad moderna un sistema indivisible de articulación, llamado “ciclo del agua urbana”, que tomó en cuenta las siguientes premisas para establecer su funcionalidad: la higiene y la calidad del agua, la distribución homogénea del recurso, las necesidades de los grandes establecimientos

públicos como hospitales y escuelas; la industria y la generación de electricidad; la limpieza de calles, atarjeas y drenajes, y el desalojo de aguas negras y pluviales. (Granja, 2018)

El liberalismo de principios del siglo XIX según Habermas 1989 en (Granja, 2018) afirmaba que “el libre funcionamiento y la libertad individual promoverían el “interés público” y que éste tendría una mayor probabilidad de ser satisfecho en mayor grado si se facilitaban los intereses de la libertad económica y del mercado, en vez de regularlos.” Estas medidas fueron aplicadas a las áreas de los servicios públicos como salud, educación y planeación urbana. El proceso de desecación de los lagos que se vivió antes y después del porfiriato generó un mercado de adquisición de tierras que se habían ido descubriendo conforme los niveles del agua de los lagos iban descendiendo, Por lo cual todo el siglo XX podría considerarse como de gran crecimiento demográfico y expansión urbana.

En este periodo es cuando se decide implementar la última tecnología de bombeo eléctrico del agua subterránea creando redes de tuberías herméticas
en

33

la
distribución de agua potable para las nuevas colonias del centro de la Ciudad de México como el Acueducto de Xochimilco, obra emblemática de la ingeniería hidráulica mexicana. (Flores, 1991), fue así que se unificaron las obras monumentales para el abastecimiento de agua y del drenaje para la protección contra inundaciones definitiva de los lagos, a cambio de la salud de la cuenca, esto es relevante si consideramos la disminución del agua superficial y subterránea, el hundimiento del suelo, la aparición de fallas geológicas en zonas urbanas, inundaciones y sequías, etc. que actualmente se viven en la zona metropolitana.

En algunas partes del acuífero como en Xochimilco el agua ha sido extraída desde 1910 con baterías de pozos, diezmando los niveles freáticos de manantiales y en general de los cuerpos de agua superficiales que abundaban en pueblos como

Santa Cruz Acalpíxca, Atemoaya, San Gregorio Atlapulco, Tláhuac, San Luis Tlaxiátemalco, etc. (Flores, 1991). Actualmente estos pozos se siguen explotando, ahora, directamente desde su acuitardo, a más de 700 m por debajo de los suelos del antiguo lago. (Manuel Perló Cohen, 2018)

Figura 9. Autor desconocido. AGN. Construcción de Acueducto Xochimilco aproximadamente en 1908

34

Figura 10. Comparación de un antiguo canal de la Ciudad de México urbanizado en la actualidad.

Fuente: <https://es.slideshare.net/cucomagallanes/tierra-agua-y-bosques-en-chalco>

2.2.2 La presión urbana en el abastecimiento del agua

Entre 1940 y 1950 se registra un mayor crecimiento poblacional en la zona metropolitana, una tasa de 5.9%, que corresponde con una etapa de desconcentración de la población hacia el sur de la ciudad. A partir de este punto aumenta la superficie poblada, pasando de 240.6 km² en 1940 a 536.6 km² en 1960, las obras de abastecimiento y saneamiento habían sido diseñadas para un máximo de 500 mil habitantes, llegando a tener con el tiempo una demanda de abasto de 10 millones de habitantes (Manuel Perló Cohen, 2018),

A partir de este tiempo se amplían las obras de abastecimiento hacia las cuencas del alto Lerma y después hacia el Cutzamala, esta expansión de la ciudad hacia el Estado de México, Hidalgo, Morelos; la Ciudad de México fusionó los centros de los pueblos, entrelazando los límites de las zonas conurbadas en una extensa red metropolitana de gran crecimiento, que, para 2010 tendría una población de 20 millones o casi el 20% de la población total del país, esto ha causado un desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua en la zona metropolitana, resultando ser una de las regiones con mayor número de cuencas sobreexplotadas (27%) (IMCO, 2023)

35

Figura 11. Foto de Tajo de Nochistongo, primeras obras de expulsión de las aguas de los lagos por el norte de la ciudad

Figura 12. Foto de las obras más recientes del TEO (Túnel Emisor Oriente) actual estrategia para el control de las inundaciones y desagüe residual.

En el caso del saneamiento, en los años 70 ´ s se implementó una ampliación de las obras de drenaje profundo hasta llegar al TEO en 2008, un túnel de 62 km de largo y 7 metros de diámetro con capacidad de transportar hasta 150 m³/s de agua residual, sin retorno al acuífero, lo que ha conllevado hundimientos, poca eficiencia del sistema y problemas de inundaciones, volviendo la operación de desalojo más difícil, con una reducción considerable de su eficiencia.

Según (Bandala, 2018) en el área metropolitana de la CDMX, el 70 % del agua residual producida es descargada al ambiente sin tratamiento. Sin embargo, en los últimos años los sitios de descarga del sistema de drenaje como Atotonilco viven en una zona de alta contaminación industrial generada también por el corredor Tula-Tepeji-Vito, (Zambrano García et al. 2009). La ciudad de Tula y barrios cercanos también han reportado casos de afectados ambientales debido

36

a
desbordamientos del río Tula en el año 2021, qué, según los pobladores, se ha debido a un deficiente control en las descargas de agua residual sobre el río y problemas en el control de las presas Requena y Endhó que administra CONAGUA.

En Tula el crecimiento del nivel freático ha sido de manera constante, el agua de nuevos manantiales aflora con flujos de 0,1 a 0,6 m³/s debido a la saturación de las descargas residuales en esta cuenca (Bandala, 2018) esta condición de saturación hídrica ha llevado a proponer proyectos para la exportación de agua

tratada hacia la ZMVM, sin embargo en el tema de vulnerabilidad, la índole social también es un determinante para el acceso a estas fuentes como en el caso del sistema Lerma con la lucha de diferentes grupos sociales que se oponen a la exportación de su agua territorial

Figura 13. Afectaciones por los desbordamientos de 2021 en Tula Fuente René: Nodo Tula

Figura 14. Mapa de elaboración propia con el Sistema de Desagüe de la Zona Metropolitana, a la derecha, un acercamiento a la salida del drenaje por la Planta de Atotonilco hacia Tula del agua residual de la ciudad

2.2.3 Conclusiones:

37

Desde el tiempo antiguo de los grandes lagos, cuando el recurso hídrico surgía de los estratos porosos de la cuenca, la saturación hídrica de los acuíferos denotaba un alto grado de recarga y disponibilidad hídrica, esta gran capacidad de captación también habría sido una característica del paisaje original, el cual cambiaba según su concentración de humedad en una relación cercana con los sistemas de manantiales, lagos, arroyos temporales, cascadas, etc., estos fenómenos del agua proveían y también representaban retos que los pueblos lograban solucionar a través de obras colectivas administrando grandes cuerpos de agua, esto habría ayudado a la subsistencia de ciertas prácticas lacustres en

la cuenca hasta nuestros días como es el caso de las chinampas de Xochimilco.

Las ciudades en la cuenca han coexistido gracias a los avances en el entendimiento de los ciclos del agua y su hidrogeología, sin embargo, al mismo tiempo estamos siendo testigos en estas últimas décadas de una expansión urbana sobre los espacios cruciales para la producción de servicios ambientales a gran escala, transformando los suelos de conservación sobre cerros, lagos, laderas, etc., reservas, que en gran medida son producidas por recargas acuíferas locales.

Esta falta de conservación de los ciclos hídricos compromete la disponibilidad del agua potable doméstica y la producción agrícola entre otros. Actualmente el 60% del agua empleada en la Zona Metropolitana se obtiene del acuífero de la Ciudad de México, el otro 40% del agua proviene de fuentes externas como el Sistema Lerma-Cutzamala, cuencas distantes que son explotadas para sustituir el déficit de agua que se vive en la Cuenca de la Ciudad de México.

La visión actual del estado plantea un enfoque hacia incrementar el abastecimiento de agua en la ciudad, lo que significa la expansión de obras hacia otros pueblos, estos proyectos presentan rechazo y conflicto social en las localidades desde donde se trata de trasladar el agua para la ciudad (Reynoso, 2018) la cuestión social también influye en la vulnerabilidad del sistema, sin mencionar el alto costo de los trasvases, estas comunidades locales han desarrollado una cultura de resistencia a este tipo de proyectos.

38

Esta condición de crisis en la Zona Metropolitana ha dificultado la disponibilidad, propiciando fenómenos graves como el tráfico de agua a través de pipas en colonias enteras, muchas de ellas en asentamientos irregulares, que impactan en la salud de los acuíferos, poniendo en riesgo el sistema de abastecimiento que cada vez es más vulnerable, y requiriendo grandes inversiones para obtener el recurso, tanto por la dificultad de la disponibilidad como por el control de la

calidad o la factibilidad social, lo que define al abastecimiento de agua y los retos actuales en la ZMVM y su entorno.

Figura 15. la lucha por el agua en un contexto social de los pueblos, arriba las mujeres Mazahuas, grupo inconforme con las obras del Cutzamala. Imagen 17 web, la lucha por el agua en un contexto social de los pueblos en la actualidad en Xochimilco.

Fuente: <https://www.laizquierdadiario.com/Pronunciamento-contrala-represion-a-la-comunidad-del-pueblo-de-San-Gregorio>

Para el tema del abastecimiento, (Escolero, 2018) enlista 3 indicadores para evaluar índices de vulnerabilidad en los sistemas de agua: La infraestructura, ambiental y socio administrativa.

Actualmente la consolidación de fuerzas político administrativas en el centro del país podría favorecer la dinámica organizativa de un mismo gobierno del agua en la región “hidropolitana” y alrededores, según el término empleado por (Cohen, 2018) el tema del agua origina la posibilidad de acuerdos y planes de trabajo para efectuar los cambios necesarios en una gestión integrada también por la voz de las personas.

39

La historia de la Cuenca y su entorno está llena de propuestas y proyectos que apuntan hacia una respuesta diferente de hacer frente a la situación hídrica del territorio. Un ejemplo son las obras del Lago de Texcoco, propuesto por el Dr. Nabor Carrillo en los años 60´s y últimamente retomado por las administraciones de izquierda como símbolo de restauración del patrimonio natural, proyecto que ha detonado un avance en la recuperación de cuerpos

lacustres perdidos durante el periodo del desalojo de las aguas de la Cuenca en la Ciudad de México.

Este tipo de proyectos pueden tener gran impacto en la resolución de problemas de suministro y desalojo de las aguas, pero también como parte de la gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos en la metrópolis por el gran número de presas, vasos reguladores y cuerpos lacustres que existen. También habrían de ser consideradas las presiones que provocaría el cambio climático en las fuentes de agua subterránea, su impacto en el abastecimiento local, el manejo de las lluvias “atípicas”, de grandes escurrimientos que puedan colapsar la movilidad de la ciudad como ahora sucede o en el caso extremo con escenarios prolongados de sequías.

2.3 Desarrollo sostenible y sustentabilidad hídrica

Para abordar el tema de sostenibilidad y sustentabilidad hídrica, se debe presentar el concepto de sostenibilidad. Fue por primera vez utilizado en la Comisión de Brundtland en la Asamblea General de la ONU en 1987 (CEPAL, 2023). Esta asamblea fue encabezada por Gro Harlem Brundtland quien presidía la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. A su cargo se planteó la existencia de la tensión entre el crecimiento económico y la preservación de los recursos: impulsar el progreso y realizar de ambiciones humanas son acciones insostenibles para el medio ambiente (ONU, 1987).

40

En el informe la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1987), entre los pendientes más importantes para la agenda internacional se planteó la población y recursos, la seguridad alimentaria, las especies y los ecosistemas, la energía, la industria y el desafío urbano (formación de ciudades). Dentro de este

contenido, el asunto agua estaba subsumido en el apartado de seguridad alimentaria.

Al respecto se destacaba la relevancia del ordenamiento de los recursos hídricos. Se proponía equilibrar las acciones para combatir la escasez (con irrigación) y la abundancia (con alta producción agrícola). Desde ese momento se reconocían los hundimientos como consecuencia de la extracción excesiva de agua subterránea. Además, se argumentó que la regulación de su uso era necesaria mediante nuevas reglamentaciones o impuestos (ONU, 1987).

En el año 2000, en el II Foro Mundial del Agua con sede en La Haya (Países Bajos) el concepto de 'seguridad hídrica' fue incluido como un objetivo estratégico. Además de la incorporación de este en la discusión, se delimitaron acciones para guiar los esfuerzos hacia el cumplimiento del desarrollo sostenible. Esto consideraba el adecuado manejo de los recursos hídricos (IMTA, 2018). De acuerdo el mismo autor, el concepto de seguridad hídrica es el siguiente:

“La capacidad de una sociedad para disponer de agua en cantidad adecuada y calidad aceptable para su supervivencia y la de todos los seres vivos en los ecosistemas en que habitan, así como para asegurar su desarrollo socioeconómico sostenible, gestionando los riesgos climáticos, meteorológicos y antrópicos relacionados con el agua, en un clima de paz a través de una buena gobernanza”.

Esto plantea claramente el vínculo entre el consumo de agua y la sostenibilidad, respecto a los recursos naturales como a los recursos económicos. Además, según Tzatchkov y Rodríguez (2022), la seguridad hídrica tiene dos pilares fundamentales: el derecho humano al agua -asunto abordado en el apartado

41

previo- y la gobernanza del agua -tema que será examinado en la siguiente sección.

También en el año 2000 se acordaron los objetivos del Desarrollo del Milenio. El séptimo (de los 8 objetivos) fue garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, en él se contempló la sub-meta vinculada con el agua: “7.C. Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento” (CEPAL, 2023). Esta fue la primera mención de una meta relacionada con el agua, sin embargo, no se aludía a la sustentabilidad.

Más adelante ONU-Agua (2013), señaló que para poder lograr la seguridad hídrica se requiere 4 factores fundamentales: buena gobernanza, cooperación intersectorial, paz y estabilidad política, y financiamiento. El primer factor consiste en contar con regímenes legales adecuados, instituciones, infraestructura y capacidad en un mismo lugar. Por su parte, la cooperación intersectorial se refiere el hecho de que los estados soberanos discutan y coordinen sus acciones para conocer los conflictos de interés y poder resolverlos en mutuo acuerdo, la infraestructura comprometida, los recursos humanos y los sistemas políticos y sociales.

En el caso de la paz y la estabilidad política, tercer factor, también la ONU-Agua (2013) apunta a que se evitan los efectos negativos de los conflictos, entre estas consecuencias se contempla la baja calidad o cantidad del agua. En cuanto al cuarto factor -o financiamiento- se alude a la existencia de un financiamiento innovador que tenga la función de complementar los fondos públicos.

En este sentido, se contempla la participación del sector privado con esquemas de micro financiamiento. En conjunto estos 4 factores enmarcarían los resultados en 4 dimensiones principales. La primera de ellas es: el agua potable y el bienestar humano. Con esto la ONU-Agua (2013) se refiere a que las poblaciones que tienen acceso a suficiente agua que sea salubre y asequible para cubrir las necesidades

42

tanto para consumo (hidratación) como para garantizar la higiene con la intención salvaguardar la salud y el bienestar y cumplir con el derecho humano

al agua.

La segunda dimensión se refiere a los ecosistemas, al hecho de éstos puedan ser preservados y puedan tener un correcto funcionamiento, en el que tanto la naturaleza como las personas puedan confiar y que esto incluya la provisión de agua dulce. La tercera dimensión se relaciona con el desarrollo y las actividades económicas. La disposición de un suministro de agua adecuado permitiría la producción de alimentos y energía, industria, transporte y turismo (UNWATER, 2013). En las actividades primarias, secundarias y terciarias el agua resulta fundamental para el crecimiento económico.

Durante las dos siguientes décadas, la discusión sobre sostenibilidad se afianzó, teniendo cada vez mayor centralidad en la agenda internacional. Esto permitió que el tema del agua -así como el de la seguridad hídrica- concentrara mayor atención de las instancias internacionales. Muestra de ellos que en 2015 se acordaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que conforman la agenda 2030 (ONU, 2015 a), que, a diferencia de los Objetivos del Milenio (ODM) colocan al centro de la discusión el concepto de sostenibilidad y es de éste que parten los vértices temáticos.

En este punto sobre el impulso de la economía, es muy importante hacer una pausa para enfatizar las diferencias que tiene la industrialización y el consumo de recursos hídricos respecto a su contexto. Al respecto, la ONU (2015 a) menciona que:

“la producción de los países industrializados está por lo general bien subvencionada y protegida contra la competencia internacional. Estos subsidios incitan al uso excesivo de los suelos y de los productos químicos, a la contaminación de los recursos hídricos y de los alimentos con esos productos, así como al deterioro del campo”.

Esto permite reconocer que los países que se encuentran a la vanguardia de la producción agrícola y tienen mayor cantidad de recursos económicos disponibles, también es donde existe una mayor propensión a la contaminación y deterioro del ecosistema. El hecho de que existan mecanismos que promuevan la subvención, también afianza el uso desmedido de los recursos hídricos.

Finalmente, la última dimensión relacionada con la seguridad hídrica son los peligros relacionados con el agua y el cambio climático. La ONU-Agua (2013) considera que las poblaciones son resilientes a los problemas relacionados con el agua, ya sean inundaciones, sequías, y la contaminación.

Finalmente, en 2015, el reconocimiento de la seguridad hídrica se plasmó en la meta 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Desde la perspectiva del equilibrio entre consumo y preservación de los recursos se estableció puntualmente en la meta 6.4 “aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua”. Esta inclusión en los ODS sintetiza los esfuerzos por orientar la agenda internacional a buscar tanto el desarrollo sostenible y la sustentabilidad hídrica

2.4 Derecho humano al agua y políticas hídricas

De la vinculación entre el derecho humano al agua y las políticas hídricas, en primera instancia se aborda cuál es el marco regulador de este derecho. Esta revisión incluye normativa a nivel nacional, nacional y local. Esto permite construir el panorama en el que se enmarca la toma de decisiones en materia de políticas hídricas.

2.4.1 | derecho humano al agua y normativa

En

2010, durante la 108ª sesión plenaria, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas reconoció el acceso al agua y al saneamiento como un derecho humano (ONU, 2010). A partir de este reconocimiento los Estados y organizaciones internacionales fueron exhortados a otorgar recursos financieros y tecnológicos para ampliar el acceso al agua a la mayor parte de la población, especialmente a aquella que se habita países en desarrollo.

Un lustro más tarde, en el marco de la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible llevada a cabo del 25 a 27 de septiembre de 2015 en Nueva York fue firmado, por 150 líderes mundiales, el plan nombrado *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (ONU, 2015 a). Éste se estructuró con 17 objetivos principales orientados a lograr el desarrollo sostenible en forma equilibrada e integrada (ONU, 2015 b). Se busca que este equilibrio e integración entre las 3 dimensiones: económico, social y ambiental.

De acuerdo con la ONU (2015 c), dentro de los 17 objetivos, el sexto de ellos se refiere a asegurar el acceso al agua y su saneamiento para todos. Este objetivo está dividido en 6 metas distintas. La primera meta consiste en lograr el acceso universal y equitativo al agua; la segunda se refiere al acceso al saneamiento e higiene y poner fin a la defecación al aire libre. La tercera meta se enfoca en mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación y aumentando el tratamiento del agua.

En el caso de la cuarta meta, se busca alcanzar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce (implementar gestión integrada). La sexta meta se divide en dos: protección y restablecimiento de los ecosistemas relacionados con el agua y ampliar la cooperación internacional para apoyar a países en desarrollo para crear programas y tecnología que permita el tratamiento de aguas residuales.

Respecto al marco regulatorio mexicano, de acuerdo con la Comisión Nacional de Derechos Humanos (2014) el reconocimiento del acceso al agua como un derecho humano se logró gracias a la reforma constitucional al 4o artículo de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos (CEPUM). Dicha reforma se publicó el 8 de febrero de 2012 en el Diario Oficial de la Federación y fue enunciado de esta manera:

“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” (Párrafo 6, Artículo 4to de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos).

La consideración del acceso al agua potable como un derecho humano se incorporó en la CEPUM sólo 2 años después de que Organización de las Naciones Unidas lo reconoció en la Asamblea General. También en cuanto a la CEPUM, en el artículo 27 de la ley suprema del sistema jurídico mexicano, se enuncian los principales instrumentos reguladores que ordenan el actuar en materia hídrica en el país.

El primero de ellos a la Ley de Aguas Nacionales (LAN) publicada por primera vez en 1992 (DOF, Ley de Aguas Nacionales , 2023) y conformado por 124 artículos. En segunda instancia se reconoce el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 2014), éste está subsumido en el primer instrumento, el cual tuvo origen en 1994 y está integrado por 202 artículos.

Adicionalmente, como regulaciones subalternas, se reconoce la existencia de Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Un ejemplo de esto es la NOM-127-SSA1-2021 (DOF, 2022) que está vinculada con la salud ambiental, agua para uso y

humano. Esta norma establece límites permisibles estrictos para reducir la contaminación en el agua para uso y consumo humano y evitar así el deterioro de la salud de la población (Bañuelos, 2022).

En el caso puntual de la Ciudad de México, en mayo de 2003 se emitió la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México (GOCDMX, 2019), su objetivo es regular la gestión integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales.

Una década más tarde se promulgó la Ley del agua para el estado de México y municipios (2013). En ella, a diferencia de la otra regulación estatal sí se menciona explícitamente el derecho humano al agua en el artículo 11. Además, respecto al acceso a este derecho, se destaca la prioridad que se debe dar a sectores de la población que se encuentran en desventaja:

“El respeto al derecho humano al agua, que consiste en la atención de las necesidades de agua que tienen los ciudadanos para lograr su bienestar, particularmente quienes viven una situación de marginación socioeconómica; las necesidades de la economía para desarrollarse, y las necesidades del ambiente para su equilibrio y conservación” (IV fracción, artículo 11, la Ley del agua para el estado de México y municipios)

Esto permite reconocer, que, si bien es cierto, a nivel constitucional se ha reconocido el Derecho Humano al Agua, el resto de la normativa subnacional requiere actualizarse al respecto. El caso del Estado de México destaca en contraste con la Ciudad de México, por hacer mención de ese aspecto.

2.5 Políticas hídricas en la ZMVM

recordar que en 2010 se reconoció a nivel internacional el acceso al agua como un derecho humano, se considera ese momento como un parteaguas y en tanto punto de partida para describir aquí las principales políticas que se han emprendido en años recientes en pro del cumplimiento del derecho humano al agua.

En agosto de 2022, se presentó el Plan Integral para Acceder al Derecho Humano al Agua en el Valle de México (Gobierno de México, 2022). Su implementación se ha llevado a cabo desde 2019 -lo que representa un 40% en su avance se contempla su término hasta 2030. La responsabilidad de su ejecución es tripartita y está a cargo de: el Gobierno de la Ciudad de México, el Gobierno del Estado de México y la Comisión Nacional del Agua.

De acuerdo con el Gobierno de México, el objetivo de este Plan de Desarrollo tiene 3 ejes: hacer más eficientes los sistemas de abastecimiento existentes, reciclar el agua de la lluvia y recuperar los servicios ambientales de la cuenca. Este último aspecto está estrechamente relacionado con garantizar la sostenibilidad de las intervenciones, es decir, a pesar de que el plan esté centrado en garantizar el derecho humano al agua las acciones realizadas en torno al cumplimiento de este objetivo deben estar en armonía con el medio ambiente.

De manera concreta, el mantenimiento de la infraestructura hídrica del Valle de México es fundamental. Las medidas más relevantes al respecto son: la recuperación del Sistema Lerma y conservación del Sistema Cutzamala, la construcción de plantas de bombeo y potabilización, en Ixtlahuaca -así como presa de 'El Bosque' - y Atizapán (presa 'Madín II') respectivamente (CONAGUA, Gobierno de la Ciudad de México, & Gobierno del Estado de México, Programa Integral para Acceder al Derecho al Agua en el Valle de México, 2019-2030, 2022).

De acuerdo con las mismas instancias, en materia de saneamiento, esta acción sería implementada en las presas 'Villa Victoria' (ubicada en el municipio homónimo) y 'Colorines' (Valle de Bravo). Respecto a construcción, se contempla

la creación de una línea de construcción de agua potable que conecte al tanque 'Providencia' (Cuautitlán Izcalli) con el tanque 'La Caldera' (Los Reyes Acaquilpan).

En cuanto a las ampliaciones, en la Laguna de Zumpango (Estado de México) se contemplan 3 de éstas. Y respecto a la construcción entorno a una laguna, de Xico (en el límite entre la Ciudad y el Estado de México) se considera la construcción de un humedal, una planta potabilizadora y 2 plantas de tratamiento cuyo término se estipula hasta marzo de 2024. Finalmente, se toma en cuenta el mantenimiento permanente de pozo de CONAGUA.

2.6 Gobernanza del agua en el Valle de México

De acuerdo con Salcido y Chávez (2008), el término gobernanza (del inglés *governance*) se ha desarrollado en tres vertientes principales. La primera de ellas se vincula con el conservadurismo se enfoca en los movimientos de los años 60 y 70; la segunda es una crítica a las autoridades jerárquicas y tiene sustento en teorías libertarias. La tercera corriente sienta sus bases en el posmodernismo, el pluralismo y la fragmentación espacial. De estos tres enfoques, el último es el más reciente y también el que se ha elegido esquema conceptual para el presente análisis.

Los autores más relevantes de esta corriente coinciden en que la gobernanza se refiere a:

“coordinación horizontal y una integración de procesos decisivos que configuran un paradigma complejo por los subniveles y capas que debe cumplir para hacerse efectiva. Entre los actores a considerar por este paradigma, destacan las agencias internacionales, los gobiernos nacionales y subnacionales, las organizaciones no gubernamentales (ONG), las agencias de desarrollo y las organizaciones nacionales, municipales y locales, que buscan establecer un marco institucional que disminuya los costes de transacción” (Salcido & Chávez, 2008).

Desde esta perspectiva, para poder hablar de la gobernanza del agua en el Valle de México en elemental enfocarse de los actores políticos y sociales principales que intervienen en la gestión de los recursos hídricos al centro del país. Como antesala a la presentación de actores se enuncia brevemente en contexto en el que actual modelo de organización quedó establecido como hoy lo conocemos.

De acuerdo con Escobar (2009) la configuración administrativa que actualmente conocemos comenzó con la creación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 1989. Ésta fungía como órgano rector de la administración de los recursos hídricos del país, sin embargo, con la publicación de la Ley Nacional de Aguas en 1992, la función de la comisión se limitó a brindar apoyo técnico especializado a los gobiernos de los municipios. Desde entonces la CONAGUA dejó de participar en la construcción y operación de grandes obras. Esto potenció la participación de autoridades estatales y municipales.

A nivel subnacional, específicamente en el caso de la Ciudad de México destaca la creación del el Organismo Público Descentralizado *Sistema de Aguas de la Ciudad de México* (SACMEX) en diciembre de 2002 (GO, 2002). Este sistema surge a partir de la fusión de Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF) y su objetivo es otorgar los servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (SACMEX, 2023).

Respecto al estado de México, en 1999 se creó la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), en 2015 se formalizó la sectorización de esta instancia a la Secretaría de Infraestructura (CAEM, 2023). Recientemente, por iniciativa la gobernadora y el apoyo del Congreso de la entidad, CAEM en Secretaría del Agua (MF, 2023). En este contexto, tanto la Ciudad de México como el Estado de México, cuentan con más de 3 décadas gestionando los recursos hídricos de la zona con sus propios organismos.

Además de las instancias públicas, también se reconoce la participación del

sector privado y el tercer sector (la sociedad civil). En este tenor, es pertinente cómo,

50

desde la perspectiva de Knoepfel, et. al. (2007), se constituyen el triángulo de actores de una política pública, que en este caso corresponde a los recursos hídricos del centro del país.

1) Autoridades político-administrativas quienes elaboran y aplican la política pública. - En este caso podemos identificar a la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), OCAVAM y SACMEX

2) Beneficiarios finales quienes padecen los efectos negativos del problema. - población en general

3) Grupo objetivo-quienes causan el problema. - La iniciativa privada en general, y específicamente la industria inmobiliaria

Respecto a las autoridades político administrativas, éstas se sitúan en el vértice superior y representan al conjunto de reglas que rigen las competencias y procesos administrativos, así como acuerdos menos formales. En este sentido, las autoridades enunciadas tienen las facultades de ejecución de abasto de agua y - hasta el momento- no ha contemplado colaborar con el sector privado para dar salida a las dificultades del acceso al agua.

En cuanto a los vértices inferiores, los beneficiarios son quienes viven directamente el impacto de la gestión de los recursos hídricos en el centro del país. La población se ve afectada por las restricciones en el acceso al agua tanto por su disponibilidad (tener agua entubada en casa), como por su calidad (que esta sea suficiente para el consumo humano). Ellos son los principales afectados, o beneficiados de las acciones que emprenda el grupo objetivo.

Con éste se hace referencia, a quienes pertenecen a la iniciativa privada, específicamente a quienes forman parte del sector inmobiliario. La expansión de megaproyectos puede generar tensiones entre los sectores populares donde son

asentados y los nuevos habitantes (Ibarra, 2017). Entre el Estado de México y la Ciudad de México, la primera entidad ha sido la que más estudios tiene al respecto.

51

A
continuación, y para sintetizar el contenido de este apartado se presenta un árbol de problemas. En el centro la problemática a tratar, en la parte inferior las causas, mientras que las consecuencias están en la parte superior del esquema:

**2.7 Programa general de ordenamiento territorial de la ciudad de
México**

A continuación, se presenta un recuento de los programas de ordenamiento para las cuencas que componen este estudio, se enfatiza en el caso particular de los cuerpos de agua superficiales y subterráneas, su descripción funcionamiento y territorio en torno a las medidas que se han dispuesto en las nuevas versiones del PGOT 2023 aún en construcción. Se incluye una descripción gráfica para el mejor entendimiento del sistema hídrico a partir de la información oficial disponible públicamente.

La Ciudad de México se localiza en la Región Hidrológica número 26 denominada Pánuco. La Región Hidrológica Número 26 Pánuco se ha dividido en dos subregiones hidrológicas, Valle de México - Río Tula y la de Río Pánuco. La primera comprende 13 de las 77 cuencas hidrológicas de la Región Número 26 y las restantes 64 conforman la Subregión Hidrológica Río Pánuco (PGOT, 2022)

Figura 16. Mapa de realización propia con ubicación de subcuencas nodos, cuerpos de agua, red de trasvase de agua desde la región Lerma-Cutzamala y áreas naturales protegidas. <https://ceiba.org.mx/compendio-info-grafica-rhaxiii/>

Figura 17. de realización propia. El río de los remedios, el Magdalena y el Eslava dan cuenta de la persistencia e incremento de descargas clandestinas de aguas servidas y residuos sólidos de todo tipo, el Canal Nacional y el Gran Canal han sido focos tóxicos durante décadas, con

53

concentraciones de metales pesados, hidrocarburos y dioxinas, entre otros. Las lagunas y presas de regulación de la CDMX están azolvadas y con procesos acelerados de eutrofización por el exceso de materia orgánica y altas concentraciones de nitratos y nitritos, además de los ”

Figura 19. de realización propia. El río de los remedios, el Magdalena y el Eslava dan cuenta de la persistencia e incremento de descargas clandestinas de aguas servidas y residuos sólidos de todo tipo, el Canal Nacional y el Gran Canal

Sobre la gestión del agua en el programa de ordenamiento, se hace mención de que “El sistema de drenaje profundo evacúa la mayor parte del agua utilizada en la reproducción de la ciudad. El agua de lluvia, que tiene un gran potencial para la dotación de agua de calidad, se pierde al mezclarse con el drenaje doméstico y al ser conducida a través del drenaje profundo, a cuencas lejanas, en donde, además, ocasiona impacto ambiental por contaminación de suelos y ríos en desequilibrios de los balances hídricos de estas cuencas (IPDP, 2022)”

Figura 20. de realización propia. La Presa San Lucas en Xochimilco recibe los residuos contaminados del Río Santiago “El mal uso del agua agudiza el déficit en la distribución adecuada en calidad y cantidad en amplios sectores del oriente de la ciudad.” CITATION IPD22 \l 2058 (IPDP, 2022)

Así como la calidad del agua, “El nivel de contaminantes es muy alto en el agua usada de zonas urbanas con acceso a las redes de drenaje. La capacidad de depuración de aguas servidas en la CDMX apenas alcanza 30% y la capacidad de

distribución del agua tratada para usos urbanos es muy limitada, con cerca de 15% del volumen. La inversión de la CDMX para incrementar la capacidad de tratamiento y de distribución del líquido ha sido insuficiente, por lo que se ocupan grandes volúmenes de agua potable que requieren calidad ligeramente menor, de acuerdo con las normas oficiales. (IPDP, 2022)

En los párrafos anteriores se hace referencia a la situación actual de los cuerpos de agua que descargan en la cuenca y desembocan combinadas a través de los grandes drenajes hasta zonas del norte de la cuenca como Zumpango o Tula. El agua de lluvia se pierde al mezclarse con los drenajes urbanos, resultando en un agua residual con altos niveles de contaminantes. Así también se plantea la situación actual del sistema de aguas tratadas, de apenas un 15%, teniendo como resultado agua distribuida de manera desigual tanto en cantidad como en calidad.

Equipamiento público de abasto: Agua potable y drenaje

En el caso del agua potable, en la Ciudad de México existe una cobertura de 98% de las viviendas y 94% del drenaje. Sin embargo, esta infraestructura presenta importantes fallas ya que el 42% del agua suministrada se pierde en la red por fugas o tomas no contabilizadas o clandestinas, además de que 26% de los habitantes no recibe cantidades suficientes de agua y 16% no cuenta con un servicio diario, de acuerdo con (SACMEX, 2019). Adicionalmente, más de la mitad de esta agua proviene de la explotación de aguas subterráneas a 16 y 17.8 m³/s. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, el balance de agua subterránea en el valle de México es negativo ya que la extracción excede en 140% la magnitud de la recarga o volumen renovable. Esta situación tiene que ver con patrones de hundimientos, asentamientos y grietas en la capital del país. (IPDP, 2022) Pág. 78)

Figura 21. de elaboración propia. Infraestructuras hidráulicas con más de 100 años de antigüedad que sufren la vulnerabilidad territorial de los impactos de sísmicos en Xochimilco. La red ha sufrido cambios para adaptarse a la nueva necesidad sin embargo estos espacios actualmente están inutilizados

Gestión sustentable del agua, disponibilidad del agua

“El mal uso del agua agudiza el déficit en la distribución adecuada en calidad y cantidad en amplios sectores del oriente de la ciudad.” (IPDP, 2022) PGOT 2022

“La principal fuente de abastecimiento de agua para la Ciudad de México es el Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, del cual se obtiene alrededor del 66.3% del agua potable que se consume en la ciudad. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, la disponibilidad de agua subterránea del Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México presenta un déficit al año 2018 de - 561.05 millones de m³/año.” (IPDP, 2022) PGOT 2022,

El PGOT hace referencia a la capacidad de la Cuenca de México para producir su agua, dado que más de la mitad se produce en la misma, por otra parte, se menciona el cambio artificial del funcionamiento endorreico a uno exorreico, refiriéndose al sistema de drenaje actual, estas problemáticas, tanto el crecimiento irregular de la ciudad y la transformación de los suelos incrementa el cambio hidrológico de la cuenca, afectando la disponibilidad y el abastecimiento del agua, lo que también ha repercutido en las fallas, deslizamientos y

hundimientos de la ciudad, volviendo el territorio vulnerable en el sentido geológico por los impactos de sismos.

“Por otra parte, existen zonas de la Ciudad de México donde no se cuenta de manera continua con el servicio de agua potable, debido, en parte a la infraestructura hidráulica cuya vida útil ha sido rebasada o donde ha sido insuficiente la inversión para atender el rezago en cuanto a reposición, rehabilitación y ampliación de la infraestructura.” (IPDP, 2022) (PGOT, 2022).

“Un aspecto relevante de la problemática de los recursos hídricos de la Ciudad de México consiste en que en la actualidad se carece de fuentes sustentables de abasto de agua dentro de la demarcación, ya que no se cuenta con capacidad para poder satisfacer las necesidades de consumos de agua potable de sus habitantes, de manera que se ha tenido que recurrir a la extracción, cada vez mayor, de aguas subterráneas del Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el cual se encuentra en condiciones severas de sobreexplotación.

Un aspecto fundamental de la gestión del agua está relacionado con los parámetros de calidad en las fuentes de extracción. De acuerdo con los últimos resultados obtenidos de SACMEX, se tiene identificado que en la zona oriente y norte de la Ciudad de México existen problemas en la calidad del agua acorde a los parámetros establecidos en la NOM-127 SSA1-1994, de tal manera que el agua que se extrae de los pozos ubicados en estas zonas necesita atender costos de potabilización para lograr que el agua producida sea apta para el consumo humano.

Uno de los efectos de la sobreexplotación del acuífero es la presencia de hundimientos diferenciales del subsuelo, lo que impacta en la eficiencia de la operación de las redes hidráulicas. Por ello, aunado a la medición y control de caudales, el mejoramiento de la operación del sistema requiere acciones de rehabilitación y sustitución de la red secundaria, cuya vida útil sobrepasa los 30 años. En consecuencia, se presentan fallas continuas que afectan la calidad del

servicio manifestándose en la presencia de fugas, operación de los equipos de bombeo y pérdidas físicas de la red hidráulica y de drenaje.

Según el PGOT 2022 la red de drenaje está conformada por 14,096 kilómetros, de los cuales el 17.39% corresponde a la red primaria con diámetros iguales o superiores a 0.60 metros; y el 82.61% corresponde a la red secundaria con diámetros inferiores a 0.60 metros. El 30% de la red de drenaje se localiza en las alcaldías de Iztapalapa y Gustavo A. Madero. La vida útil de la red de drenaje ha sido sobrepasada y presenta problemas de funcionamiento, el efecto de los hundimientos en pendientes de flujo invertidas y la generación de gases que provocan corrosión en las estructuras afectan la condición de operación de los colectores.

Mapa de elaboración propia. CDMX en el contexto del drenaje y obras de control de inundaciones con la extensión de los antiguos lagos, permite comprender la ubicación de los nodos con respecto al suelo lacustre

Figura 22.

2.7.1 Desalojo de aguas residuales PGOT 2023:

El tratamiento de las aguas residuales generadas en la Ciudad de México se enmarca en un contexto de atención metropolitana, dada la interrelación de las descargas de aguas residuales y las pluviales conducidas a través del drenaje profundo y - en una próxima etapa conducidas a través de Túnel Zimapán que podría abastecer de agua tratada a la ciudad de Querétaro en un futuro. La infraestructura para el tratamiento de aguas residuales está compuesta

principalmente por las plantas de tratamiento de aguas residuales y las redes de conducción y distribución del agua tratada, distribuidas en toda la Ciudad de México.

Las PTAR's se complementan con una red de agua tratada integrada por subsistemas aislados que surgieron y se extendieron en la zona de influencia de las plantas de tratamiento, en diámetros que van de 10 cm hasta 122 cm. En 2018, SACMEX contaba con 854.96 kilómetros de red de agua residual tratada, de la cual el 20% corresponde a la red primaria, y el 80% a la red secundaria. El 70% de la red se concentra en las alcaldías Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Iztacalco y Xochimilco.

Del caudal tratado de aguas residuales, el 14.1% fue tratado en las cuatro plantas concesionadas y el 85.9% en las 22 plantas operadas directamente por el SACMEX. En relación con la antigüedad de las plantas de tratamiento, el 88.21% del caudal tratado durante 2018 se realizó en plantas cuyo periodo de operación sobrepasa los 30 años.

Figura 23. Mapa de elaboración propia con información PGOT sobre dotación de agua doméstica por alcaldía

2.8 Plan estatal de desarrollo urbano del Estado de México 2.8.1

Introducción:

A continuación, se presenta un recuento de los programas de ordenamiento para las cuencas que componen este estudio, se enfatiza el caso particular de los cuerpos de agua superficiales y subterráneas. A continuación, se presenta una valoración de análisis realizado al Plan de desarrollo urbano del Estado de México (PDDU 2019), con esto se trata de conformar una base de información sobre la aportación de los acuíferos y aguas superficiales en una dinámica de abastecimiento para la región metropolitana.

2.8.2 Hidrología Estatal

El Estado de México es uno de los más importantes en la República Mexicana por su alta concentración poblacional, industrial y por las actividades agrícolas que en él se desarrollan; todo lo anterior se sustenta en el uso del agua, porque cada vez más, se tiene la necesidad de gastar mayores volúmenes, aumentando costos en el suministro del recurso (INEGI, 2001d) en (México, 2019). Las principales corrientes superficiales que conforman al Estado de México son perennes, distribuyéndose principalmente al suroeste, centro y noreste; algunas son de corto recorrido, y otras, que provienen de la porción central, sur y norte del Estado. En general, los drenajes son de tipos dendríticos y en algunos casos de tipo radical, para las estructuras montañosas más elevadas (México, 2019).

2.8.3 Regiones Hidrológicas estatales

Figura 24. RH12 Lerma-Santiago

Desde el punto de vista hidrológico, en el territorio estatal se encuentran las cuencas Río Moctezuma (RH256-D), Río Balsas-Zirándaro (RH18-C), Río Cutzamala (RH18G), Río Grande de Amacuzac (RH18-F) y Río Lerma - Toluca (RH12-A). La RH12 Lerma-Santiago se ubica en el centro y occidente de la república mexicana, colinda al norte con la RH11 y la RH36, al oeste con la RH37 y la RH26, al sur con la RH18 y la RH16, y al oeste con la RH14 y la RH13. El río Lerma constituye el principal sistema hidrológico de la región y es uno de los más importantes del país; recorre un total de 1 180 km desde su origen en una laguna ubicada en el municipio de Almoloya del Río, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Dentro del Estado de México se ubica parte de la cuenca (A), Río Lerma-Toluca; la región hidrológica 12 Lerma-Santiago, es representada por la cuenca (A), denominada Lerma-Toluca. Esta cuenca se localiza al centro noroeste de la Entidad, abarcando 23.9% de la superficie estatal. Colinda al norte y al este con la cuenca (D) de la RH-26, al sur con la cuenca (F) de la RH-18, y al oeste con la cuenca (G) de la RH-18. En el estado la integran las subcuentas: Río Almoloya-Otzolotepec, Río Otzolotepec-Atlacomulco, Río Atlacomulco-Paso de Ovejas, Arroyo Ceviche, Río Tlalpujahuá, Río Jaltepec, Río Gavia, Río Tejalpa, Río Verdigué, Río Otzolotepec y Río Sila.

2.8.4 Cuenca Río Moctezuma

La cuenca Río Moctezuma se localiza al noreste de la Entidad, comprende el 35.4% de la superficie estatal. Al norte se extiende hacia los estados de Querétaro e Hidalgo; al este colinda con la cuenca (A) de la RH-18 y se continúa a los estados de Puebla, Hidalgo y Tlaxcala; al sur limita con la cuenca (F) de la RH-18 y penetra a la Ciudad de México; mientras que, al oeste, tiene colindancia con la cuenca (A) de la RH-12 (México, 2019)

Figura 25. Mapa sustraído de PEDU 2019. Cuencas que corresponden con el Estado de México

El Río San Juan en el Estado de México, origina la corriente más importante de esta cuenca: el Río Moctezuma, que recibe este nombre después de un recorrido de 174 km, el principal afluente del Río Pánico. El Río Moctezuma sigue un recorrido norte-noroeste a partir de este punto; posteriormente cruza la Sierra Madre Oriental cambiando de dirección, e inicia su recorrido por la planicie costera, aquí desvía su rumbo hacia el norte-noreste, y después de 31 km de recorrido cambia de sentido hacia el noroeste por un largo de 70 km, donde confluye por la margen derecha con el Río Temporal. A partir de aquí, el río Moctezuma sigue una dirección norte-noroeste, y la confluencia con el río

Tampón, recibe el nombre de Río Pánuco. Finalmente, sigue el rumbo este noreste por 144 km hasta su desembocadura en el Golfo de México. (México, 2019)

La cuenca (D) Río Moctezuma cuenta con otras corrientes principales como son los ríos Cuautitlán, El Salado, El Órgano, Ñadó, San Juan, San Bernardino y Zarco. Dentro del Estado de México se encuentran las subcuencas, Río Prieto, Río Alfajayucan, Río Zarco, Río Tecozutla, Río Tula, Río Rosas, Río Tlautla, Río El Salto, Río Cuautitlán, Río Tepotzotlán, Lago de Texcoco y Zumpango, Río El Salado, Río Tezontepec, Lago Tuchac y Tecocomulco y Río Actopan. (México, 2019)

2.8.5 RH18 Balsas -Cuenca Río Cutzamala

“La porción de la cuenca del Río Cutzamala, se localiza en territorio mexiquense, se ubica al suroeste de la Entidad, cubriendo 23% de la superficie estatal. Colinda al norte y este con la cuenca (A) de la RH12 y la (F) de la RH18, al sur con la cuenca (C) de la RH18 y al oeste se continúa hacia los estados de Michoacán de Ocampo y de Guerrero. La dirección de escurrimiento de esta cuenca es de noreste a suroeste. La corriente más importante es el Río Cutzamala, el cual, a lo largo de sus 262 km de recorrido, recibe los nombres de; Taximaroa, Turundeo, Río Grande, Tuxpan y Zitácuaro; es uno de los principales afluentes del Río Balsas. En su recorrido llegan a esta corriente varios afluentes; Temascaltepec, Los Ciruelos y Bejucos” (PEDU)

Algunas corrientes sirven como límite político-administrativo; tal es el caso del río Tingambato, que aguas abajo, junto con el río Temascaltepec y en la confluencia con río Pungarancho, delimitan los estados de México y Michoacán de Ocampo. Dentro del territorio mexiquense, la cuenca se integra por el Río Cutzamala, Río Zitácuaro, Río Tuxpan, Río Ixtapan, Río Temascaltepec y Río Tilostoc. Los principales embalses en la cuenca son la presa Valle de Bravo y la presa Villa Victoria

Figura 27. Mapa sustraído de CONAGUA. Sistema de humedales o Ciénegas que corresponden con la Cuenca del Río Lerma

2.8.6 Sistema de lagos

El sistema de lagos del Estado de México se conforma principalmente por dos cuerpos de agua: Zumpango y Dr. Nabor Carrillo. La cuenca del Valle de México fue endorreica, es decir, no tenía salida hacia el mar. Los lagos de Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco conformaban un gran sistema y esto generaba periódicas inundaciones en la antigua Tenochtitlán (IMTA, 2012) A la caída de Tenochtitlan en 1521, con la incursión de los españoles en el Valle de México, comenzó la desecación del Lago de Texcoco; se realizaron obras para construir persas, canales y conductos que tuvieron como resultado el drenado de

agua hacia el norte del Valle. La consecuente desecación de una parte del lago favoreció los asentamientos humanos y el crecimiento de la población. Los habitantes del Valle de México han tenido que lidiar con el fenómeno de las inundaciones, así como del tratamiento y desalojo de sus aguas residuales (IMTA, 2012) en (México, 2019)

El Valle de México tiene una extensión territorial de 9739 km², que comprende cinco entidades: Ciudad de México (1320 km²), Estado de México (4 800 Km²), Tlaxcala (840 Km²) y Puebla 100 Km²) (Gutiérrez de MacGregor, 2005) en (México, 2019). El Valle de México presenta una zona plana, que corresponde a los depósitos lacustres, una zona de lomerío y otra montañosa (Breña Puyol & Breña-Naranjo, 2009) en (México, 2019). En la zona plana se ubica la mayor parte de la mancha urbana de la zona metropolitana de la Ciudad de México, recientemente se ha urbanizado la zona de lomerío y montaña, lo que reduce las áreas de recarga del acuífero del Valle de México e incrementa los riesgos por inundación. La región del Valle de México aporta la cuarta parte del Producto interno Bruto Nacional, pero tiene menos del 1% del agua renovable nacional (CONAGUA, 2014). Actualmente, la zona que pertenecía al antiguo sistema lacustre está completamente urbanizada, a excepción de algunos cuerpos de agua como: el Lago de Zumpango, Lago Dr. Nabor Carrillo y el Lago de Xochimilco. (México, 2019)

Los ríos de los Remedios, Tlalnepantla, Consulado, Río de la Piedad, Becerra, Tacubaya, Río Churubusco, San Ángel, Mixcoac, Magdalena y Río San Buenaventura han desaparecido como corrientes de agua y han sido afectados por los hundimientos regionales y locales del subsuelo, reduciendo su capacidad de conducción y evacuación de las redes primarias. Las lagunas y vasos de regulación existentes en la parte plana de la ZMVM, así como las redes primarias de drenaje superficial, también se han visto afectadas por los hundimientos locales y regionales, La afectación de las redes secundarias de desalojo incrementando la cantidad de zonas bajas susceptibles de inundación dentro del Valle de México (CONAGUA, 2007)

2.8.7 Lago de Zumpango:

El Lago de Zumpango es uno de los centros receptores de las aguas que inundan a la Ciudad de México. Durante la temporada de lluvias el Lago controla las avenidas pluviales del río Cuautitlán y del Emisor Poniente, a través del canal de Santo Tomás; almacena en promedio entre 40 a 60 hm³ anuales, aunque su capacidad de almacenamiento es de 100 hm³. En el Lago de Zumpango el agua de entrada es pluvial, aunque también se introduce agua residual. Parte del agua que se almacena en la Laguna de Zumpango es usada para riego agrícola (IMTA, 2012)

Figura 28. Mapa de elaboración propia. Cuerpo de agua de Zumpango al centro norte del Estado

2.8.8 Lago Dr. Nabor Carrillo:

El Lago Dr. Nabor Carrillo se ubica dentro de los municipios de Ecatepec, Atenco, Chimalhuacán, Texcoco y Nezahualcóyotl. El Lago nació con la finalidad de regular las aguas de los ríos del Oriente y almacenar las aguas tratadas (DUMAC, 2005). Dentro de esta área se localizan otros cuerpos de agua artificiales, creados para el control de las avenidas y el tratamiento de aguas residuales. El Lago Nabor Carrillo tienen una capacidad de 36 millones de m³ y una superficie de 917 ha, inició su operación en 1982 como regulador y almacenador de aguas residuales tratadas y de lluvia.

El Lago de Churubusco con capacidad de 5 millones de m³ y una superficie de 267 ha, también regula y almacena aguas pluviales y residuales. El Lago de

Regulación Horaria tiene una capacidad de 4.5 mm³ en una superficie de 150 ha;

66

mientras el Lago Recreativo tiene una capacidad de 0.3mm³ y una superficie de 29 ha, funciona como un refugio de aves nativas y migratorias; la Laguna Xalapango regula y almacena las avenidas de la Cuenca oriental con capacidad de 4.8 mm³ en una superficie de 214 ha (DUMAC, 2005)

Figura 29. Mapa de elaboración propia. Lago Dr Nabor Carrillo, oeste de Texcoco, con los ríos que desembocan y las áreas disponibles de inundación, de alta factibilidad para la gestión hídrica de la metrópolis

2.8.9 Infraestructura de drenaje del Valle de México

Las grandes obras hidráulicas del Valle de México se explican como una respuesta al problema de las inundaciones, que han asolado a la Ciudad de México desde su fundación. El instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) menciona que el Valle de México cuenta con tres salidas artificiales: el Gran Canal del Desagüe (Túneles de Tequixquiac), Emisor del Poniente (Tajo de Nochistongo) y el Emisor Central; cada uno de estos elementos de drenaje han sido diseñados para resolver en el problema de desalojo y control de niveles de agua, principalmente en la Ciudad de México y su zona Metropolitana. Debido al crecimiento de la metrópoli y a los hundimientos regionales provocados por la explotación de los mantos acuíferos, ha sucedido lo siguiente (IMTA en PEDU 2019)

- El Gran Canal del Desagüe ha perdido su capacidad de desalojo, limitándose a un máximo de 40 m³/s

• El Emisor del Poniente depende de que el Vaso Regulador El Cristo presente niveles de agua altos para que vierta el canal del desalojo

- El Emisor Central ha disminuido su capacidad de desalojo, por la falta de mantenimiento. **La CONAGUA (2007)** señala que, cuando la población de la Zona Metropolitana del Valle de México era de 10 millones de habitantes, la capacidad de desalojo fue de 280 m³/seg; para el año 2007 se redujo a sólo 165 m³/s. El aumento significativo de la población hizo necesaria la implementación de acciones de emergencia para la inspección y reparación del Sistema de Drenaje Profundo. Además, fue necesario decidir la construcción de un nuevo túnel emisor para disponer de una capacidad total de desalojo de 315 m³ 7s y permitir el mantenimiento alternado con el Túnel Emisor Central (PEDU 2019)

Figura 30. de elaboración propia. Sistema Lerma-Cutzamala con cuerpos de agua y subcuencas que lo conforman. Las zonas de área natural (ANP) tienen un vínculo directo con el sistema del Gran Canal de Desagüe, el Drenaje Profundo y el TEO,

3 ZONA DE ESTUDIO

3.1 Zona Metropolitana del Valle de México

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) o Valle de México, es actualmente la mayor concentración urbana de México y una de las cuatro

metrópolis más pobladas de América Latina (Pradilla, 2016), es un área urbana formada por tres entidades federativas, la Ciudad de México con sus 16 alcaldías, 59 municipios conurbados del Estado de México y un municipio del estado de Hidalgo (Pastrana-Miranda & González-Caamal, 2022) (Figura 1)

Figura 31. Zona Metropolitana del Valle de México

La ZMVM está integrada por más de 20 millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2023) (Río Arronte, 2020). Se encuentra dentro de las principales ciudades del mundo con mayor población (Tokio es la ciudad con mayor población con 37 millones de habitantes, seguido por Delhi con 29 millones, Shanghai con 26 millones, São Paulo y la Ciudad de México con más de 22 millones de habitantes cada una. Y, el Cairo con 22 millones (Nations-United, 2019)). Esto convierte a la ZMVM en una de las 2 mayores aglomeraciones humanas del hemisferio occidental.

Del total de la población de la ZMVM, el 56.74% se concentran en el Estado de México y el 42.69% en la CDMX (Pastrana-Miranda & González-Caamal, 2022). El crecimiento demográfico ha sido constante, aunque desigual en el tiempo, desde que se inició el desborde de la CDMX sobre los municipios contiguos del Estado de México con un crecimiento anual del 5% debido a la intensa inmigración de la

población de otras áreas del país, principalmente desplazadas del campo (Pradilla, 2016)

A pesar de que la ZMVM o Valle de México es un centro económico, financiero, político y cultural importante en México, posee una estructura de gobernanza muy fragmentada, que afecta en forma negativa sus niveles de productividad. En comparación con otras zonas metropolitanas de México, la productividad económica del Valle de México se ubica apenas ligeramente arriba del promedio (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2015). Las zonas metropolitanas más grandes tienden a alcanzar una mayor productividad, sin embargo, en la ZMVM tiene niveles de productividad similares a otras zonas metropolitanas de México con menor población, debido a que la zona socioeconómica real en la que sus empresas y habitantes residen y trabajan, así como los límites administrativos de las jurisdicciones en la zona metropolitana son diferentes (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2015).

Por ejemplo, en la periferia del Estado de México la población al no garantizar el acceso a oportunidades laborales en sus lugares de origen se transporta todos los días a la CDMX, lo que ocasiona que la población no cuente con tiempo, energía ni dinero suficiente para la recreación en sus comunidades, así como de una participación social activa (generando ciudades dormitorio). Otro aspecto importante es el fenómeno del clientelismo, en el cual la ciudadana está expuesta a condicionamientos de programas sociales a cambio de su voto o participación (Pastrana-Miranda & González-Caamal, 2022).

En las últimas décadas, la ZMVM ha experimentado grandes cambios demográficos, económicos, sociales y territoriales (Pradilla, 2016), pero no cuenta con mecanismos institucionales claros y eficaces que permitan planear el desarrollo urbano y coordinar los servicios urbanos (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2015) (Río Arronte, 2020).

Además de los graves problemas de infraestructura, deterioro en la calidad de los servicios

70

y
aumento de los costos económicos y ambientales que presenta el funcionamiento del sistema de agua y drenaje, se han incrementado los conflictos de orden institucional, político y social entre los distintos actores que conforman la ZMVM (Perló-Cohen & González-Reynoso, 2005).

Actualmente, en el Valle de México se emplean herramientas técnicas e iniciativas de reforma con el fin de rediseñar la zona metropolitana. Sin embargo, para que estas herramientas y reformas generen las soluciones deseadas a los desafíos urbanos, se requiere de un enfoque y acciones a nivel metropolitanos, de planeación regional estratégica y de coordinación y colaboración intergubernamental, para generar un impacto significativo nacional y sustentable (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2015).

3.2 Cuenca del Valle de México y su entorno

La Cuenca del Valle de México (CVM) se ubica en la región central de México (Rodríguez-Tapia, Rodríguez-Novelo, Sosa-Rodríguez, Altamirano-Cabrera, & Torres-Ayala, 2016), tiene una extensión territorial de 9738 km², dentro de seis entidades federativas: CDMX con sus 16 alcaldías, el Estado de México con 59 municipios, Hidalgo 18, Tlaxcala con siete municipios, Puebla cinco y Morelos con un municipio (CONAGUA, 2009). (Figura 1).

Figura 32. Entidades federativas de la Cuenca de Valle de México.

La CVM es una cuenca endorreica, es decir, una cuenca cerrada topográficamente, pero debido al crecimiento de la población, en el siglo XVII se construyó el primer acueducto para dar salida las aguas del Valle, denominado Túnel de Nochistongo, convirtiéndose en el Tajo por los derrumbes que se suscitaron. Posteriormente, en 1900 se construyó el Gran Canal de Desagüe, con la salida de la cuenca a través de Túnel de Tequisquiac. Y, en 1957 fue necesario la construcción del drenaje profundo, dicho sistema continua su ampliación hasta nuestros días con el Túnel Emisor Oriente (Peña-Díaz, 2019).

La Cuenca del Valle de México es el nombre dado a la unión de cuatro valles en la parte central del territorio mexicano, ubicada dentro de la región hidrológica # 26 llamada Pánuco y la región XIII llamada "Valle de México y Sistema Cutzamala", con elevaciones mínimas entre 2,150 metros sobre el nivel del mar (msnm) a 2,390 msnm en sus valles y de 5,800 msnm en los volcanes que la rodean. Dentro de la cual se hallan las ciudades de Pachuca, Tizayuca, Amecameca, Texcoco, Apan, entre otras y casi toda la Zona Metropolitana del Valle de México, con excepción de la zona perteneciente al municipio de Huixquilucan (CONAGUA, 2023).

La cuenca está formada por una zona plana correspondiente a los depósitos lacustres, una zona de lomerío y otra montañosa (Breña-Puyol & Breña-Narnajo,

2007). Presenta valles intermontañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos, en lo que alguna vez fueron los lagos de Texcoco. Xochimilco y Chalco, así como relieves topográficos aisladas como el Cerro de la Estrella, el Peñón y el Cerro de Chapultepec (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Terriortrial, 2023). En la zona plana se ubica la mayor parte del área urbana de la zona metropolitana, la Ciudad de México, la cual se ha multiplicado por 5.4 en los últimos 50 años, por lo que, actualmente se ha venido urbanizando la zona de lomerío y montaña, lo que reduce las áreas de recarga del acuífero del Valle de México e incrementa los riesgos por inundación, además de los costos de abastecimiento (Rodríguez-Tapia, Rodríguez-Novelo, Sosa-Rodríguez, Altamirano-Cabrera, & Torres-Ayala, 2016) (CONAGUA, 2023)

A nivel nacional, la Cuenca del Valle de México genera la cuarta parte de la producción total nacional y registra la mayor sobreexplotación de sus acuíferos en el país (Rodríguez-Tapia, Rodríguez-Novelo, Sosa-Rodríguez, Altamirano-Cabrera, & Torres-Ayala, 2016). Desde 1950 para satisfacer el abastecimiento del agua debido al crecimiento de la población se han realizado una serie de perforaciones de pozos, lo que ha determinado la sobreexplotación de dichos acuíferos (Peña

Díaz, 2019). Aspecto relevante que determina las características socioeconómicas e hídricas de la zona y evidencia las complejas relaciones entre la oferta limitada contra la elevada demanda del agua (Rodríguez-Tapia, Rodríguez-Novelo, Sosa Rodríguez, Altamirano-Cabrera, & Torres-Ayala, 2016).

3.3 Núcleos para el desarrollo de contralorías del agua

ZONA DE ESTUDIO: Núcleos para el desarrollo de contralorías del agua En orden cronológico se realizaron visitas a los nodos de, Texcoco, Tula, Tláhuac, Xochimilco entre los meses de agosto y septiembre del año 2023, estas visitas fueron organizadas por los agentes de cada núcleo a modo de junta o en algunos casos talleres donde se presentó parte de la información recolectada en gabinete a colectivos y organizaciones convocantes, los mapas elaborados

por el grupo técnico fueron basados en instancias oficiales como INEGI, GOB CDMX, PGOT, etc.

73

Figura 33. Mapa de nodos con regiones hidrológicas, obras de trasvase, ubicación de nodos, antiguos cuerpos de agua histórico en la Cuenca de México

A continuación se presenta un resumen de las actividades y de la información recolectada en cada nodo, estas experiencias fueron convocadas por comunidades y representantes de cada uno, agentes, pobladores, autoridades y afectados de cada sitio, el análisis de estos datos e información de campo tiene la intención de obtener una visión integral desde la experiencia de los pobladores, tomando en cuenta los antecedentes de cada nodo para facilitar la construcción de una metodología que organice la situación particular del abastecimiento total, así como la comprensión de la relación que tiene la población con el agua en un proceso de integración de conocimiento en un mismo estudio de la Cuenca.

3.3.1 Nodo Xochimilco

Introducción:

Para esta investigación se emplearon las cartas topográficas de INEGI en una escala de 1:20000, de las cuales se hizo un análisis para filtrar e integrar una base de datos con otras fuentes como el SIG de la CDMX o la información del Plan de Desarrollo de la alcaldía empleando un tipo de proyección cartográfica UTM WGS 84.

Figura 34 y Figura 35

elaboración propia. Modelo de la Cuenca con la cota de elevación 2240 como nivel general de los lagos.

La alcaldía Xochimilco se localiza en la porción sur poniente de la CDMX, cuenta con una ubicación que incluye características naturales y culturales únicas, colinda con las alcaldías de Tlalpan al poniente, Tláhuac al oriente, Milpalta al sur y la alcaldía Iztapalapa al norte, a continuación, se describe su posición y referencias geográfica

Xochimilco se encuentra entre las latitudes: 19.25 70° N y 19.3172°O, su longitud varía entre aproximadamente 99.01650° O y 99.1749° O.

Cartas IINEGI empleadas:

E14A49, E14A39, E14B31, E14B41

Fuente INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=E14B21>

La información de gabinete obtenida ha sido clasificada de la siguiente manera: INEGI, cartas información geográfica e hidrológicas, incluye:

- Municipios de la ZMVM
- Municipios de Xochimilco INEGI
- Manzanas urbanas INEGI
- Topografía @10m

Información de Programa de Desarrollo Urbano (PDDU 2005)

Xochimilco: -Área Suelo de conservación

- Área y subáreas de Caltongo según dictamen del 2011, AHI (SEDUVI) -ANP
- Zona patrimonial UNESCO 1987

Figura 36. Mapa de elaboración propia con información de dotación de agua y uso doméstico en Xochimilco.

Información del grupo técnico, incluye información geológica y vulnerabilidad territorial:

- Nodo (área de estudio particular delimitada con los representantes) -
- Demografía general (incluye, Densidad poblacional, consumo doméstico de agua y población total)
- Acueducto Xochimilco (sistema de baterías de pozos)
- Pozos_Profundos
- Pozos Censo 2020
- Cuenca_PUNTOS_DISTRIBUCIÓN
- Manantiales
- Líneas fallas geológicas inferidas
- Proyección de hundimientos locales * capa de estudio de HUND. GEOL ´ , SIATL
- Tipos de suelos *Combinación de capas de información sobre tipos de suelo: Franja de suelo Aluvial, espesor de arcillas
- Zona de fracturamientos: Grietas (ubicación) *Compilado de capas con ubicación de fallas geológicas
- Drenaje, (red colector Xochimilco) y Drenaje SIATL
- Proyecto de área de agua de reuso

-Isoplacas de arcillas

Figura 37. Mapa de elaboración propia con información INEGI, capa de hundimientos en el suelo de los antiguos lagos de la cuenca, escurrimientos y zonas urbanas en Xochimilco actuales

Delimitación de zona de estudio.

Xochimilco es conocido por su sistema de canales y chinampas, originalmente para la producción agrícola con formas de control del agua de los lagos propias de estas comunidades, actualmente estos espacios lacustres han sido explotados y utilizados para la gestión de grandes volúmenes de agua tratada, para transportar las aguas residuales de la Ciudad de México hacia las áreas de chinampas, y al mismo tiempo viviendo la falta de agua en las nuevas comunidades que han surgido sobre suelos ecológicos que comprometen a la ciudad.

La presa Nativitas es un elemento central en el sistema de drenaje, ya que regula el flujo de agua y permite controlar los niveles de los canales. Algunos puntos de interés son el Canal de la Viga o Canal Nacional, ejemplos del sistema de drenaje para transportar las aguas residuales de la ciudad. A su vez, las chinampas de Xochimilco han sido utilizadas para filtrar y tratar las aguas residuales antes de que se descarguen en los canales.

Entre las plantas de tratamiento de agua residual se encuentran la de Xalpa, Santa Cruz Acalpíxcan, San Luis Tlaxialtemalco que contribuyen al manejo de las aguas residuales antes de su descarga en los canales y barrios chinamperos del centro.

Es

de mencionarse que también se hizo una revisión histórica de la documentación disponible sobre el tema del abastecimiento de agua, principalmente de las funciones hidrogeológicas de esta parte de la Cuenca, también cabe mencionar que durante el proceso ha sido muy valiosa la recopilación de información de los orígenes poblacionales de esta región, pueblos lacustres que coexistieron en una amplia visión hídrica y que representan el interés de estas poblaciones en el abastecimiento de agua para la gestión de la ciudad desde una cultura lacustre local.

Xochimilco cuenta con una superficie de 62 494.2 hectáreas que representan el 2.78% del territorio total de la CDMX (CONABIO 2017**), distribuidos en 192 localidades, siendo su cabecera Xochimilco centro, concentración urbana que ha expandido su superficie desde las últimas 4 décadas, unificando los diferentes cinturones conurbados de sus pueblos originarios satelitales como San Mateo Xalpa, San Lucas, Santa Cruz Acalpíxca con las zonas bajas urbanizadas de la Santísima, Caltongo y sus parajes, , con el tiempo y la poca regulación del crecimiento urbano la continuidad de la ciudad ha ido homologando un patrón de asentamiento que se replica desde las partes altas de la sierra, lugares donde inician los ciclos hídricos pero también en las partes bajas del lago donde se captan los escurrimientos, que distribuyen las aguas pluviales.

Algunos sitios cuentan con denominación de protección o conservación natural de la CDMX, pero las estrategias para regular la vida lacustre no han tenido un impacto en la realidad de las chinampas. Esta alcaldía cuenta con una población dispersa sobre suelos con características diversas a lo largo de su ciclo hídrico local, desde suelos aluviales, de transición y arcillosos en las partes bajas del lago, los ríos como Santiago, o San Bernardino entre otros escurrimientos que bajan de las sierras volcánicas y se acumulan en suelos de distintos grados de porosidad e infiltración hídrica a lo largo de su recorrido, en una estrecha relación entre los cuerpos de agua superficiales y su acuífero, es importante recordar la reciente formación geológica de la sierra del Chichinautzin con suelos altamente permeables.

Los cuerpos de agua son también un material o testimonio histórico de las antiguas formas de gestión en la cuenca, un ejemplo de esto es la presa San Lucas en la parte central de Xochimilco, que actualmente recibe las aguas del río Santiago con evidentes grados de contaminación, esta agua encuentra en la presa de San Lucas un punto de captación y distribución que reúne las avenidas de los escurrimientos y arroyos temporales de las partes medias como el bosque de Nativitas y bajadas de las colonias aledañas y que alimenta en gran parte las zonas bajas chinamperas de protección ambiental del lago de Xochimilco.

Últimamente esta dinámica hídrica limita y complica el manejo de las aguas en zonas urbanas, tal es el caso de las zonas de inundación y encharcamiento de la avenida Acueducto en Santiago Tepalcatlalpan o los desfogues domiciliarios por variaciones de presión en la red de tuberías debido a las descargas pluviales que atraviesan la zona de barrios centrales de Xochimilco.

Es importante hacer mención de los decretos con los que cuenta esta zona:

1987.- Declaratoria internacional de la UNESCO como Patrimonio Mundial, Cultural y Natural; el cual es un sitio de valor histórico-cultural y ambiental por presentar actividades y técnicas de agricultura ancestral (chinampera) que son únicas en el mundo y que le han dado este estatus. Este polígono cuenta con una extensión total de 7,534 hectáreas y se extiende desde Xochimilco hasta las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta, ésta última con la menor proporción). A Xochimilco le corresponden 3,866.06 hectáreas con esta declaratoria, a Tláhuac 3,558.49 hectáreas, y a Milpa Alta 109.65 hectáreas.

2004.- Fue registrado como sitio RAMSAR 1363 con una superficie de 2,657 hectáreas, reconociendo internacionalmente su importancia como zona de humedales.

2006.- Se decretó como Área Natural Protegida de orden local, con carácter de zona de conservación ecológica por poseer un ecosistema asociado a humedales naturales con flora y fauna nativas (algunas especies endémicas y/o en peligro de extinción); este polígono cuenta con una superficie de 2,522.43

hectáreas

Figura 38 Mapa de elaboración propia con información de dotación de agua y uso doméstico en Xochimilco, esta es la alcaldía que el menor volumen de agua de uso doméstico con un 7 % del total de agua recibida, también en la escala de la ciudad la zona sur de la ciudad es de las que recibe menor cantidad de agua

3.3.2 Proceso de análisis de la información disponible para el nodo Xochimilco

Los temas e ideas planteadas por el nodo Xochimilco en últimas reuniones convergen en la obtención de información que se resume en el siguiente listado con la intención de crear campos de información sobre la situación actual de la gestión del agua:

1.- Identificación de la continuidad urbana vs pérdida de suelo ecológico (proceso de mapeo del uso de suelo originario chinampero) *Capa de levantamiento de transformación de suelo e interrupción de sistema de canales: Análisis del cambio de uso de suelo en las ANP, el suelo chinampero productivo de conservación patrimonial, potencial de ruralidad y urbanización irregular en los parajes originarios

