



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Tesis

Manejo del agua potable en la alcaldía Xochimilco

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA:

**CORRALES LÓPEZ MARIANA**

ASESORA DE TESIS:

MTRA. FRANCO GONZÁLEZ ANGÉLICA MARGARITA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

2022





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“Agua no huyas de la sed, ¡Detente!, oh claro insomnio, en la llanura de este sueño sin párpados que apura el idioma febril de la corriente”.*

*Jorge Gorostiza*

## **Agradecimientos**

Es para mí una gran satisfacción poder dedicar este logro, en primera instancia a mis padres Angelica López Ortega y José Gerardo Corrales Martínez, quienes me han brindado todo su amor, apoyo, esfuerzo y confianza en todos y cada uno de los momentos importantes de mi vida, gracias por ser un gran ejemplo para mí y para mis hermanos, y por impulsarme siempre a seguir adelante, sin ustedes no sería la persona que soy ahora.

A mis hermanos Ángel y Angie porque si bien, no todo el tiempo estamos de acuerdo y tenemos personalidades muy distintas, siempre me han brindado su cariño, su apoyo y los ánimos para seguir adelante y cumplir mis metas, gracias por estar siempre para mí.

A mis sinodales Mtro. Eduardo Antonio Pérez Torres, Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez, Dra. Ma. De Lourdes Rodríguez Gamiño y Mtra. Berenice Álvarez Becerril, por tomarse el tiempo de leer mi trabajo y por todas las observaciones y sugerencias para poder mejorarlo.

Agradezco especialmente a mi asesora, la Mtra. Angelica Margarita Franco Gonzáles por guiarme y apoyarme en todo este proceso hasta la conclusión de mi trabajo, así como por todas sus enseñanzas como profesora durante mi carrera universitaria.

Quiero agradecer también al profesor Alejandro Ramos Trejo quién durante mi último año de bachillerato, me inspiro a estudiar la Licenciatura en Geografía gracias al entusiasmo y dedicación con el que imparte sus clases.

A mis abuelitas Antonia Ortega Molgado y María Elena Martínez Gutiérrez por todo su amor, por todos los momentos compartidos y por darnos el apoyo cada vez que lo hemos necesitado.

A mis abuelitos José Luis López García y Juan Corrales González (Q.E.P.D), por cada una de sus enseñanzas, por el amor que ambos me dieron en vida; abuelito Juan agradezco en especial cada uno de tus abrazos que siempre lograban reconfortarme, sé que en donde quiera que estén, los dos están orgullosos de mí.

A mis tíos, en especial Marta Vásquez y Ricardo Corrales por brindarme su apoyo, abrirme las puertas de su casa y tratarme siempre como a una hija más; a Juan Carlos Corrales, Rosaura Omaña, Angelica Corrales, Oscar Corrales, Verónica López, Humberto Meléndez, Germán López, Maricela López, Sara López, y Antonia López, muchas gracias por estar siempre pendientes de mi proceso académico y por su apoyo durante el mismo.

A Noemi Orizaba y Dayan Meléndez por ser primas y amigas al mismo tiempo, por darme ánimos y por esos momentos de convivencia. A mis primos Osmar Corrales, Salvador Corrales, Jesús Meléndez, Ricardo Corrales, Germán López, Oscar Corrales y Hugo Meléndez, por el apoyo e interés en mis estudios.

También quiero agradecer a los Ingenieros Neith, Salvador, Fernando, Micke y Gustavo, equipo con quien realicé mi servicio social, gracias por sus enseñanzas y consejos.

A mis amigos:

Emmanuel porque sé que, si alguien va a estar conmigo en las buenas y en las malas ese eres tú, te agradezco por ser mi mejor amigo en toda la extensión de la palabra, por estar presente en todos mis logros y fracasos y por tu apoyo incondicional.

Adriana, amiguita agradezco infinitamente que la vida te pusiera en mi camino, gracias por ser mi amiga y cómplice, y sobre todo por llevarme siempre por el buen camino, por las locuras y risas compartidas.

Iván sin duda la mejor persona que conocí en la universidad, te agradezco por tu amistad, por apoyarme y por animarme en momentos complicados y por no dejarme sola.

David porque a pesar de tener relativamente poco tiempo de conocernos me brindaste tu amistad incondicional desde el primer día, incluso a pesar de la distancia hasta la fecha sigue así, gracias por darme palabras de aliento cuando más lo necesitaba, y por tomarte el tiempo de orientarme en el proceso de realización de mi tesis.

Berenice y Sofia mis mejores amigas en prepa 1, gracias por estar siempre para mi, por su apoyo y por sus consejos.

Vicky, Lú, Jenny, Ariadna gracias por todos los momentos compartidos durante la carrera, dentro y fuera de clases, las quiero mucho.

Omar gracias por ser de los pocos amigos que aún conservo desde la secundaria y por estar siempre pendiente de mi proceso académico.

Julio, te conocí el último año de preparatoria y de verdad agradezco tu amistad, cada momento vivido y tu apoyo en muchos momentos importantes hasta ahora.

## Índice

<b>Capítulo 1. Enfoque metodológico para evaluar la gestión y manejo del agua potable en Xochimilco</b> .....	4
1.1 Enfoque teórico- metodológico para la gestión y manejo del agua potable.....	4
1.2 Explicación del manejo de agua a través de una perspectiva geográfica .....	12
1.3 Propuesta metodológica.....	19
<b>Capítulo 2. Diagnóstico del Manejo del recurso agua en la Alcaldía Xochimilco</b> .....	26
2.1 Descripción de la zona de estudio .....	26
2.2 Disponibilidad Hídrica.....	32
2.3 Infraestructura hidráulica .....	39
2.4 Usos de agua .....	40
2.5 Antecedentes históricos de la gestión de agua en la zona de estudio .....	44
2.6 Cultura y gestión del manejo de agua potable.....	49
2.7 Problemáticas respecto al agua potable.....	61
<b>Capítulo 3. Propuesta para la mitigación de la problemática de manejo de agua potable para el área de estudio.</b> .....	66
3.1 Valoración del sistema agua potable de la zona de estudio .....	66
3.2 Planteamiento de Propuesta .....	79
<b>Conclusiones</b> .....	84
<b>Anexo 1</b> .....	87

## Índice de tablas

Tabla 1. Metodologías para la evaluación del agua potable.....	5
Tabla 2. Marco jurídico .....	8
Tabla 3. WSI (Índice de sustentabilidad de cuencas).....	18
Tabla 4. Elementos para la evaluación de la gestión del agua potable .....	19
Tabla 5. Niveles de escasez de agua de acuerdo a la disponibilidad del recurso per cápita .....	33
Tabla 6. Cambio de uso de suelo .....	47
Tabla 7. Tarifas de cobro .....	50
Tabla 8. Problemáticas identificadas por zona.....	61

Tabla 9. Censo de población y vivienda INEGI 2010. Preguntas relacionadas al agua potable.....	65
Tabla 10. Indicadores que se utilizarán para el WSI .....	68
Tabla 11. Valoración del parámetro de presión para el Indicador Hidrología (H): Extracción.....	69
Tabla 12. Valoración del parámetro estado para el Indicador Hidrología (H): Disponibilidad del recurso .....	70
Tabla 13. Valoración del parámetro respuesta para el Indicador Hidrología (H): Programas.....	70
Tabla 14. Valoración del parámetro de presión para el Indicador Ambiente (E): Cambio de uso de suelo.....	71
Tabla 15. Valoración del parámetro estado para el Indicador Ambiente (E): Causa principal de las inundaciones, hundimiento de terreno.....	71
Tabla 16. Valoración del parámetro respuesta para el Indicador Ambiente (E): Plantas de tratamiento de aguas residuales .....	72
Tabla 17. Valoración del parámetro de presión para el Indicador Vida (L): Usos del agua...72	
Tabla 18. Valoración de los parámetros de estado para el Indicador Vida (L): Tarifas, Tandeo .....	73
Tabla 19. Indicadores de los parámetros respuesta para el Indicador Vida (L): Medidas para el cuidado del agua, Consumo de agua de <i>La llave</i> .....	73
Tabla 20: Valoración del parámetro de presión para el Indicador Política (P): ¿El agua que llega a los hogares es potable? .....	74
Tabla 21. Valoración del parámetro de estado para el Indicador Política (P): Calificación que otorga la población al servicio de abastecimiento de agua potable .....	75
Tabla 22. Valoración del parámetro de respuesta para el Indicador de Política: Difusión de la información acerca del cuidado del agua por parte de la alcaldía ..	75
Tabla 23. Rangos de valoración para el WSI .....	76
Tabla 24. Identificación de problemáticas .....	79

## **Índice de figuras**

Figura 1. Esquema de la TGS .....	14
Figura 2. P-E-R .....	16
Figura 3. Climograma.....	30
Figura 4. Gráfica de usos del agua .....	43



Figura 6. Gráfica de cambio de uso de suelo .....	48
Figura 7. Gráfica de consumo de agua de llave .....	52
Figura 8. Gráfica del medio de llegada del agua potable .....	52
Figura 9. Gráfica de conocimiento sobre programas gubernamentales .....	53
Figura 10. Gráfica de medidas para el cuidado del agua .....	54
Figura 11. Gráfica de principales causas de inundaciones .....	55
Figura 12. Gráfica de hundimiento de terreno .....	55
Figura 13. Gráfica de principales afectaciones a causa del hundimiento de terreno .....	56
Figura 14. Gráfica de calidad del agua potable .....	56
Figura 15. Gráfica de enfermedades causadas por consumo de agua de la llave	57
Figura 16. Gráfica de tandeo.....	57
Figura 17. Gráfica de tarifas .....	58
Figura 18. Gráfica de difusión de la cultura del agua .....	58
Figura 19. Gráfica de la calificación del servicio de abastecimiento de agua.....	59

### **Índice de mapas**

Mapa 1. Ubicación.....	27
Mapa 2. Relieve .....	28
Mapa 3. Edafología .....	29
Mapa 4. Hidrología superficial.....	35
Mapa 5. Pozos de extracción .....	37
Mapa 6. Alcaldías abastecidas con las fuentes de agua subterráneas de Xochimilco .....	38
Mapa 7. Usos del agua.....	49
Mapa 8. Serie I, INEGI .....	46
Mapa 9. Serie VI, INEGI .....	47
Mapa 10. Percepción de la problemática del agua.....	77

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia a la gestión del agua potable en la alcaldía Xochimilco, este tema es importante debido a que involucra a un recurso natural indispensable para la vida además de ser un derecho humano. Como menciona Jiménez, B. (2015), parte de la población mundial sufre problemáticas que se relacionan con la falta, el desigual acceso, etc. respecto al agua potable, mismas problemáticas en las que influyen factores tanto naturales como sociales, para el caso de los últimos, se ve relacionada la gestión del agua entendida como: “Los procesos orientados a una adecuada administración de los procesos hídricos” (Muñoz, V. 2016).

Durante el horizonte posclásico, la actual alcaldía de Xochimilco fue una extensa llanura lacustre sobre la cual los pobladores construyeron sus viviendas por las ventajas que conllevaba vivir cerca del agua; dichos pobladores tenían como principal sustento la agricultura en las chinampas; para el riego de sus cultivos utilizaban el agua proveniente de los canales, de la misma manera los habitantes de esta zona se abastecían con el agua que provenía de los mantos acuíferos. Inherente a lo anterior “el territorio ha sido modificado por la sociedad con el paso del tiempo y la modernización” (Terrones, M. 2004) resultando en una problemática de índole socioambiental del manejo de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, resultado de malas prácticas de ordenamiento ecológico en la demarcación de estudio.

Uno de los intereses centrales de esta investigación es analizar las consecuencias que ha generado la inadecuada gestión referente al abastecimiento de agua para la población de la zona de estudio del periodo de 1989 a 2018; justificándose el uso de este lapso por en 1989 implementarse el Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco, teniendo como uno de sus principales propósitos revertir el proceso de degradación ecológica que generó la sobreexplotación de los acuíferos de la zona, sin embargo éste no se llevó a cabo (Canbal, B. 1991).

Romero, P. (1993) menciona que desde el año 1900 durante el gobierno de Porfirio Díaz, se comenzó a abastecer a la zona centro de la Ciudad de México con el agua

proveniente de los acuíferos de Xochimilco, con el tiempo estas fuentes de abastecimiento superficiales se fueron agotando, y las que persisten en la actualidad, permanecen en un progresivo proceso de contaminación y desbalance.

Como primer objetivo se propone un enfoque metodológico que evalúe la gestión del agua potable en la zona de estudio, a través de la revisión de metodologías homólogas precedentes así como la lectura del marco jurídico vigente en torno al agua potable dentro de la alcaldía.

Como segundo objetivo, se realiza el diagnóstico del manejo y gestión de agua potable por medio de un análisis cualitativo de la percepción de la población, así como de los medios de comunicación, haciendo hincapié en las problemáticas relacionadas con el acceso al agua potable dentro de la alcaldía Xochimilco y las consecuencias para sus habitantes.

El tercer objetivo tiene como finalidad llegar a la construcción de una estrategia de manejo y gestión sostenible del agua potable tanto para el abastecimiento de la población como para los acuíferos en cuanto a su balance hídrico. Con lo anterior se espera aportar ideas para disminuir el desabasto de agua potable que sufren los habitantes de la alcaldía además tentar la cultura del agua en la población.

Se realizó una investigación de tipo cuantitativa a través de la recopilación de información obtenida sobre el tema mediante la consulta de bibliografía, datos estadísticos de fuentes oficiales como el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI); para complementar, se incluye información de tipo cualitativa obtenida de la aplicación de encuestas a los habitantes de Xochimilco, como un ejercicio de valoración de su percepción. Con el mismo objetivo se utilizaron notas periodísticas.

La investigación se presenta mediante tres capítulos enfocados a los objetivos:

- Enfoque metodológico para evaluar la gestión de agua potable en Xochimilco.
- Diagnóstico del manejo del recurso agua en la alcaldía Xochimilco.
- Propuesta para la mitigación de la problemática de manejo de agua potable para la zona de estudio.

El primer capítulo propone una metodología para evaluar el agua potable de la alcaldía Xochimilco. En el segundo capítulo se realiza un diagnóstico del manejo y distribución del agua potable de la alcaldía y se identifican las problemáticas que se relacionan con el sistema agua potable. Por último, en el tercer capítulo se realiza una valoración del manejo del recurso para así finalizar con una propuesta que logre amortiguar la problemática de la gestión y manejo del agua potable en el área de estudio.

Esta investigación se apoya en la Teoría General de Sistemas (TGS) propuesta por Ludwig Von Bertalanffy a finales de la década de 1940 (Arnold y Osorio, 1998), considerando al medio ambiente como un sistema general conformado por varios subsistemas, uno de ellos el agua potable.

Se utiliza el modelo Presión – Estado – Respuesta (PER) propuesto por la Environment Canada y la OCDE, debido a que existe presión en el sistema agua potable por parte de las actividades humanas como el turismo, el comercio, la industria y la extracción de agua subterránea. Resultado de estas actividades sociales con procesos insostenibles tenemos a la contaminación de los cuerpos de agua, sobre extracción de las fuentes subterráneas, hundimiento de suelos y el deterioro de la flora y fauna tanto endémicas como cosmopolitas. Por lo anterior las autoridades han respondido con proyectos como el saneamiento de la presa San Lucas o el de cosecha de agua de lluvia.

Para el capítulo tres se utiliza el Índice de Sustentabilidad de Cuencas o por sus siglas en inglés WSI, propuesto por Henrique Chaves y Susana Alipaz en el año 2007. Éste ha sido utilizado para la evaluación de la gestión hídrica, modificándolo para este capítulo de acuerdo a las condiciones del área de estudio obteniendo así resultados objetivos y acordes a la zona de estudio.

## **Capítulo 1. Enfoque metodológico para evaluar la gestión y manejo del agua potable en Xochimilco**

Este capítulo se desarrollará en tres apartados en los cuales se abordarán los elementos que se utilizan en selectas metodologías para la gestión del agua potable, así como del marco jurídico que hace referencia al recurso agua en la zona de estudio. También se abordarán los indicadores que se pueden utilizar desde una perspectiva geográfica. Así mismo se explica como apoyan a la investigación, la Teoría General de Sistemas (TGS), el modelo de Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) y el Índice de Sustentabilidad de Cuencas (WSI).

### **1.1 Enfoque teórico- metodológico para la gestión y manejo del agua potable**

El agua es un recurso natural vital para el desarrollo de los seres vivos; no obstante, “gran parte de la población mundial enfrenta problemas relacionados con el acceso al agua, escasez, deficiencia en su abastecimiento a la población, deterioro en su calidad para consumo y falta de conciencia por parte de la sociedad en general y de las instituciones encargadas de la gestión”. (Jiménez, B. 2015).

En esta investigación se tomará en cuenta únicamente el agua apta para el consumo humano, es decir el agua que se puede consumir sin generar un riesgo para la salud del mismo, es por ello que es uno de los recursos naturales de mayor valor además de ser fundamental para sus necesidades básicas, por esta razón el agua potable se considera “el pilar sobre el que se apoyan las sociedades” (Belvaux, E. y Pierre- Louis, K. 2010).

El recurso hídrico constituye un tema a escala local en cuanto a la disponibilidad, economía, medio ambiente y clima, por ende, para cada lugar la gestión hídrica será diferente, por lo que es importante generar alternativas para mejorar la gobernanza del agua en las localidades de acuerdo a sus condiciones.

Habría que decir también que el cambio climático ha provocado cambios en cuanto a la disponibilidad del recurso, además como menciona Romero, P. (1993) la calidad

del agua está disminuyendo debido a la degradación de los ecosistemas, y la modificación de los ecosistemas provoca cambios en la disponibilidad del recurso.

El abastecimiento de agua potable ha sido evaluado desde diferentes enfoques a través de metodologías que hacen alusión a cada uno de ellos; para hacer énfasis en esto, a continuación, se presenta la tabla I que muestra antecedentes de la evaluación del agua potable desde diferentes metodologías.

<b>Tabla 1. Metodologías para evaluación de agua potable</b>			
<b>Metodología</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Características</b>
<b>Metodología de preparación y evaluación de proyectos de agua potable (Gobierno de Chile, 2013)</b>	Agua Potable	Rural	Servicio y recolección controlados por la Superintendencia de servicios sanitarios
		Urbana	Servicio y recolección controlados por la comunidad
	Diagnóstico del sistema	Descripción del sistema	Diagnóstico actual del sistema
		Calidad	Olor, sabor, color, PH
		Tarifas	Cobro del servicio
<b>Evaluación de Métodos para el tratamiento doméstico del agua (OMS, 2012)</b>	Riesgo tolerable (calidad).	Eficiencia sanitaria	Mantenimiento de la infraestructura
		Patógenos	Agentes infecciosos
<b>Agua potable, diversidad biológica y desarrollo (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010)</b>	Diversidad biológica	Pérdida del ecosistema	Flora y fauna
	Usos del agua	Cantidad de agua extraída.	Destinada a consumo interno
<b>Guía general para la preparación de estudios de evaluación</b>	Fuentes de abastecimiento.	Agua superficial	Manantiales, ríos, presas y lagos
		Agua Subterránea	Pozos
	Servicio de abasto de agua potable	Cantidad de agua que se entrega a la población local	Consumo interno

<b>socioeconómica de proyectos de agua potable urbana (2006)</b>		Tandeo	Días en los que se surte el servicio de agua potable
		Calidad de agua	PH
<b>Manejo integral de la cuenca de Xochimilco y sus afluentes (UAM, 2014)</b>	Principales afluentes	Ríos	San Lucas, Santiago, San Gregorio, San Buenaventura
		Presas	San Lucas
		Manantiales	Lago Xochimilco
	Clima	Precipitación media anual	Precipitación promedio que cae anualmente
<b>Plan de rescate ecológico de Xochimilco (1989)</b>	Crecimiento de la mancha urbana	Deterioro del recurso	Por crecimiento de la mancha urbana
		Descargas clandestinas de aguas negras	Hacia los canales
		Sobre-explotación de mantos acuíferos	Cantidad de agua subterránea extraída en m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>
	Preservación de áreas verdes	Turismo	Actividad económica

Elaborado por: Mariana Corrales López. Fuente: "Metodología, preparación y evaluación de proyectos de agua potable" (Gobierno de Chile, 2013), "Evaluación de métodos para el tratamiento doméstico del agua" (OMS, 2012), "Agua potable, diversidad biológica y desarrollo" (Secretaría del convenio sobre la diversidad biológica, 2010), "Manejo Integral de la cuenca de Xochimilco y sus afluentes (UAM, 2014), "Plan de rescate ecológico de Xochimilco" (1989), "Guía general para la preparación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de agua potable urbana" (2006).

La tabla 1 muestra la comparación de seis metodologías utilizadas para la evaluación del agua potable incluyendo variables y características de cada una de ellas. Las variables e indicadores que contiene la tabla se pueden utilizar para realizar una propuesta metodológica desde el punto de vista de la geografía, éstas se presentan a continuación.

Primero se incluye el documento "*Metodología preparación y evaluación de proyectos de agua potable (Plan MIDE CEPAL, 2013)*", del cual se toman en cuenta dos variables que son: agua potable y diagnóstico del sistema; la variable agua potable se divide en dos indicadores que son agua potable rural y agua potable urbana, la división se hace porque dependiendo su tipo serán las instituciones que se encarguen de la regulación de la gestión. La segunda variable se refiere a los elementos que componen el sistema agua potable y su funcionamiento en consideración a la gestión y manejo, los siguientes indicadores se toman en cuenta para esta variable: descripción del sistema, calidad, tarifas y costo-beneficio.

En segundo lugar, se incorpora el documento “Evaluación de métodos para el tratamiento doméstico del agua 2012” del cuál se toma en cuenta la variable riesgo tolerable en cuanto a calidad del agua, es decir las metas sanitarias para que ocurra el menor número de enfermedades asociadas a bacterias contenidas en el agua potable; de esta variable se toman en cuenta dos indicadores: la eficiencia sanitaria y los patógenos.

El tercer texto que se menciona lleva por título “Agua potable, diversidad biológica y desarrollo 2010”, en él se habla de un enfoque ecosistémico, tomando en cuenta como variables la diversidad biológica y los usos del agua concesionados; sus indicadores son: la pérdida del ecosistema respecto a la sobre extracción del recurso hídrico, y la cantidad de agua que se extrae.

El cuarto documento es la “Guía general para la preparación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de agua potable urbana 2006”, de ésta se toman las siguientes variables: fuentes de abastecimiento y servicio de abastecimiento de agua potable; con ellas se incluyen los indicadores agua superficial y agua subterránea porque son las principales fuentes de abastecimiento, además están la cantidad de agua destinada a la población local, tandeo y calidad del agua con la que se abastece a la población.

El quinto y sexto documento hablan de metodologías que se utilizaron para la evaluación del agua potable en la alcaldía Xochimilco, estos son: “Manejo integral de la cuenca Xochimilco y sus afluentes 2014”, se utilizaron las siguientes variables: principales afluentes, es decir las principales fuentes de agua superficial que se encuentran dentro de los límites de la alcaldía Xochimilco, así como el clima y por ende la precipitación total anual. El último texto que se menciona es el “Plan de rescate ecológico de Xochimilco 1989” tomado las variables: Crecimiento de la mancha urbana y preservación de áreas verdes; además de los indicadores deterioro de recursos naturales por la sobre explotación de acuíferos, descarga clandestina de aguas negras, y el turismo como motivo de la preservación de áreas verdes.



Como ya se mencionó, las metodologías incluidas en la tabla 1 se han utilizado para la evaluación de proyectos de agua potable en distintos lugares y en diferentes periodos de tiempo, es por ello que se tomaron como referencia para la elaboración de la propuesta metodológica que sigue este trabajo.

Otro rasgo importante en materia de gestión y manejo de agua potable es el marco jurídico. A nivel internacional existen diversas constituciones que protegen el derecho humano al agua o señalan que “el Estado es responsable en general de asegurar a todas las personas el acceso al agua potable y saneamiento” (CONAGUA, 2015), una de ellas es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Además, se han emitido normas y reglamentos afines con el derecho al acceso al agua potable y saneamiento.

Para que la gestión del agua potable se realice bajo buenas prácticas, es necesario que se sustente en los derechos humanos (Baroza, I.A., Saldaña. 2015), por ello a continuación en la tabla 2 se mencionan algunas leyes, normas y reglamentos relacionadas con el manejo del agua potable.

<b>Tabla 2. Marco Jurídico</b>		
<b>Leyes</b>	<b>Normas</b>	<b>Reglamentos</b>
Artículo 4° constitucional, párrafo 6	NOM-001-SEMARNAT-1996	Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal (2000)
	NOM-003-SEMARNAT-1997	
Artículo 27° constitucional	NAEDF-002-AGUA-2009	
Artículo 115° constitucional, fracción III	NOM-127-SSA1-1994	Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (2004)
	NOM-015-CONAGUA-2007	
Ley de Aguas Nacionales (última reforma marzo de 2016)	NOM-001-CONAGUA-2011	
	NOM-003-CONAGUA-1996	Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal
	NOM-004-CONAGUA-1996	

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (última reforma, junio de 2018)	NOM-011-CONAGUA-2015	
	NOM-179-SSA1-1998	
Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales (2016)	NOM-230-SSA1-2002	
Ley de Aguas del Distrito Federal (última reforma 2015)		

Elaboró: Mariana Corrales López Fuente: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación

La tabla 1 consta de tres apartados, el primero contiene las leyes base acerca del agua en la República Mexicana, éstas son: el Artículo 4° párrafo 6 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en donde se establece que “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible”. También dice que el Estado es quien debe encargarse de garantizar este derecho de una manera equitativa y sostenible. Esto quiere decir que, todos los ciudadanos de la república tenemos derecho de recibir agua potable, de tal manera que exista un equilibrio entre lo que se consume y la recarga de los acuíferos de donde es extraída.

Después se incluye el Artículo 27° constitucional; éste trata sobre la propiedad originaria de las tierras y aguas, haciendo alusión principalmente a los recursos naturales en la fracción “*Propiedad de la nación*” en el que menciona que el manejo de los recursos que se encuentran en la parte continental del territorio corresponde a la nación; también en la fracción “*Modalidades de la propiedad privada*” se menciona que la nación tiene el derecho de regular en beneficio social la apropiación y uso de los recursos naturales, así como la obligación de cuidar su conservación.

Luego está el Artículo 115° fracción III en donde se hace la especificación de que cada municipio tiene a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

También se incorpora la legislación secundaria, en primer lugar se encuentra la Ley de Aguas Nacionales (LAN) promulgada en 1992 y reformada en 2016, ésta es el reglamento del Artículo 27° constitucional y se encarga de la regulación de la distribución y control de agua, así mismo se designa a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como la institución responsable de ejercer la autoridad y administración del agua.

Posteriormente, se enlista la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) publicada el 28 de enero de 1988 y reformada el 5 de junio de 2018; dicha ley es importante para este estudio ya que uno de sus objetivos es que se garantice a toda persona vivir en un medio ambiente sano, así como la preservación, restauración y mejoramiento del mismo.

Después se incluye la Ley Federal de Derechos (disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales) del año 2016, en la cual se clasifican las zonas de disponibilidad de agua y se determinan las tarifas por uso y el cobro por descarga de aguas residuales.

Por último, está la Ley de Aguas del Distrito Federal promulgada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de mayo de 2003 siendo su última reforma en el año 2015, la ley considera el agua potable como: “La que puede ser ingerida sin provocar efectos nocivos a la salud y que reúne las características establecidas por las normas oficiales mexicanas”.

En el segundo apartado de la tabla 2, se enlistan las normas vigentes que atañen al agua potable en México. Primero está la NOM-001-SEMARNAT-1996, ésta establece los límites máximos permisibles de contaminantes en cuanto a las descargas de aguas residuales en aguas nacionales.

En segundo lugar, está la NOM-003-SEMARNAT-1997 que decreta los límites de contaminantes que se permiten en cuanto a las aguas tratadas que se reutilizan en los servicios públicos.

En tercer lugar, se encuentra la “Norma Ambiental Emergente para el Distrito Federal NAEDF-002-Agua-2009”, en la que se habla de implementar medidas para disminuir la demanda de agua potable para restablecer el equilibrio ecológico de la ciudad y, que el recurso hídrico se maneje de manera sostenible.

La siguiente es la NOM-127-SSA1-1994, en la que hace referencia a los límites en cuanto a la calidad y al tratamiento a los que debe someterse el agua para su potabilización y que así sea apta para el consumo humano debido a que, se considera que esto es fundamental para evitar enfermedades gastrointestinales y otras.

Luego se enlista la NOM-015-CONAGUA-2007 la cual se trata de las especificaciones en cuanto a la infiltración artificial de agua a los acuíferos.

Posteriormente se incluye la NOM-001-CONAGUA-2011, que dicta las especificaciones en cuanto a los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario, así como los métodos de prueba para este tipo de infraestructura.

Después se encuentra la NOM-003-CONAGUA-1996, misma que establece los requisitos de construcción en cuanto a la perforación de pozos para la extracción de aguas nacionales para evitar la contaminación de los acuíferos.

La siguiente es la NOM-004-CONAGUA-1996 ésta tiene por objetivo: la protección de los acuíferos cuando se les dé el mantenimiento necesario a los pozos de extracción.

Luego se enlista la NOM-011-CONAGUA-2015 que tiene por objetivo el establecimiento del método en cuanto a la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, comprende tanto a las aguas superficiales como subterráneas y hace referencia a su aprovechamiento.

La siguiente es la NOM-179-SSA1-1998 la cual refiere los requerimientos para el control de calidad del agua potable.

En último lugar se enlista la NOM-230-SSA1-2002 misma que establece los requisitos sanitarios que deben tener los sistemas de abastecimiento de agua potable tanto públicos como privados.

Se debe agregar que, así como existen leyes y normas también hay algunos reglamentos que hacen alusión al recurso agua, en la tabla 1 se toman en cuenta tres reglamentos.

El primero es el Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal (2000), mismo que habla sobre la administración de los servicios públicos y de quienes deben encargarse de su gestión.

El segundo es el Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (2004) que habla de las especificaciones para la regulación de la planeación urbana y el ordenamiento territorial, por lo que incluye servicios públicos e infraestructura hidráulica.

El último es el Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal (1993), éste habla sobre la regulación de la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales que por ende incluye el agua.

Como resultado del marco jurídico se logra que la calidad del servicio de agua potable sea clara, así como exigible y con esto el cumplimiento pleno en cuanto al derecho humano al agua se refiere (CONAGUA, 2015).

## **1.2 Explicación del manejo de agua a través de una perspectiva geográfica**

El espacio geográfico se compone de sistemas naturales, sociales, culturales, económicos y políticos; este es transformado continuamente debido a las relaciones e interacciones que tienen sus componentes entre sí a lo largo del tiempo.

Desde este punto de vista se aborda este trabajo porque se discute sobre la transformación del sistema agua potable de la alcaldía Xochimilco, a causa de las

interacciones con los componentes sociales, culturales y económicos de la zona de estudio.

Para empezar, se hablará de la teoría, el modelo y el índice en los cuales se basa la investigación para la evaluación del agua potable, así como de los elementos que las conforman, estas son: la Teoría General de Sistemas (TGS) propuesta por Ludwig Von Bertalanffy a finales de la década de 1940 (Arnold y Osorio, 1998) además, se utilizarán el modelo de Presión – Estado – Respuesta (PER) propuesta por la Environment Canada y la OCDE (1993) y, el Índice de Sustentabilidad de Cuencas o por sus siglas en inglés WSI, mismo que propusieron Henrique Chaves y Susana Alipaz en 2007 para el programa hidrológico nacional (PHN) creado por la UNESCO.

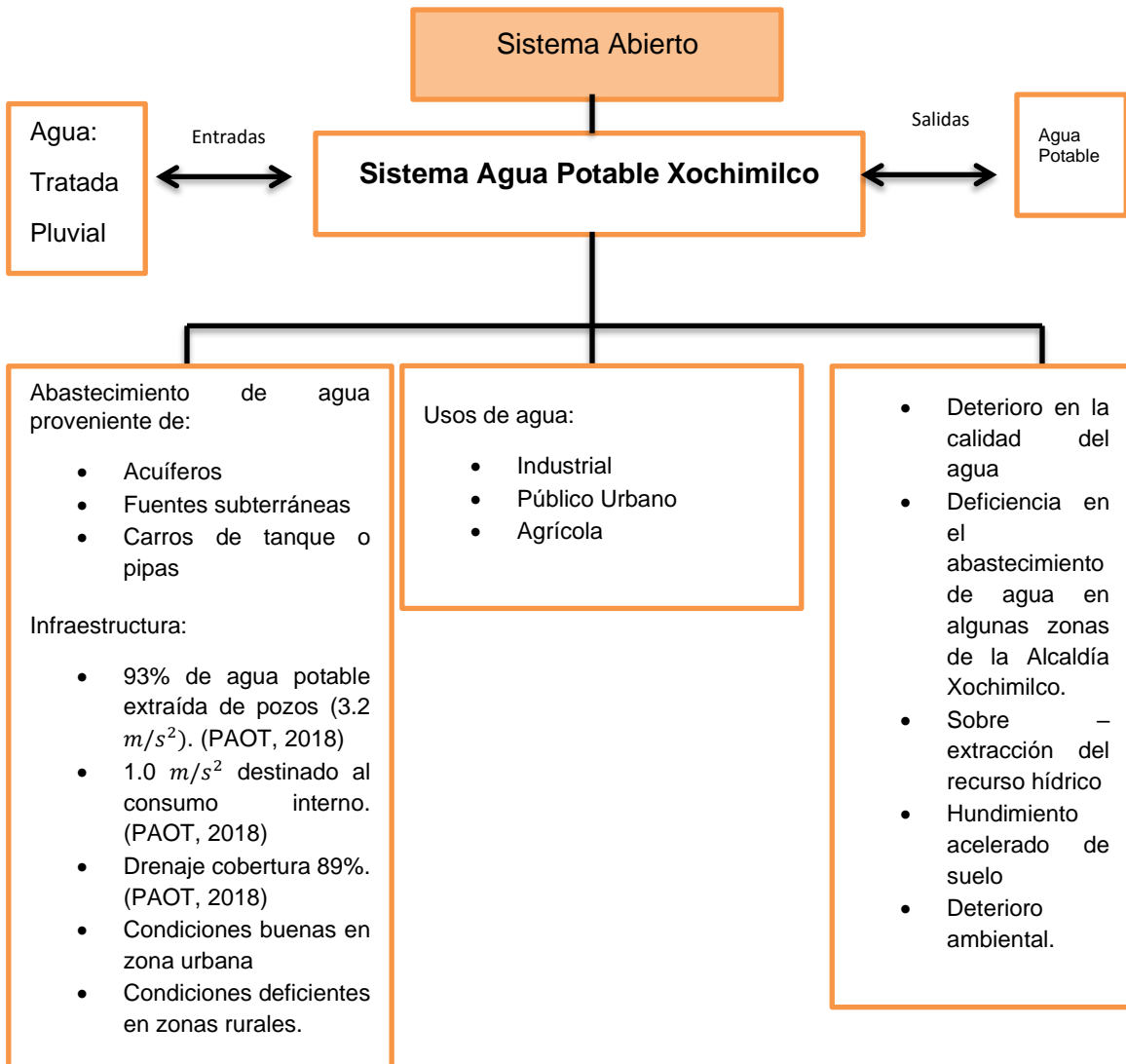
En primer lugar, se requiere saber qué es un sistema: se entiende como un conjunto de elementos que interactúan entre sí; estos pueden dividirse en dos grupos: el primero incluye los sistemas abiertos que tienen la capacidad de intercambiar energía e información con otros sistemas el segundo, cerrados que realizan un intercambio menor (Gómez, P. 2010). A continuación, después de esta breve explicación se hablará de la TGS aplicada en esta investigación.

El medio ambiente es un sistema general integrado por subsistemas, el agua potable es uno de ellos; haciendo referencia a este subsistema se utiliza la Teoría General de Sistemas relacionando al agua potable con la población de la zona de estudio. En la antigüedad, los asentamientos humanos se establecían cerca de los cuerpos de agua superficiales ya que, así tenían mayor disponibilidad de agua potable (Bernárdez, M.C., 2012), tal fue el caso de los primeros habitantes de la alcaldía zona de estudio, quienes se establecieron cerca del lago Xochimilco, mismo que fue una de las principales fuentes de abastecimiento del agua potable para la población de la demarcación; sin embargo a lo largo del tiempo, la población ha incrementado y con esta la necesidad de mejor infraestructura, mayor cantidad de extracción y mejor calidad del recuso, teniendo consecuencias tales como la sobre-extracción, el agotamiento de las fuentes superficiales, la mala calidad, entre otras.

Esta teoría brinda una visión integral respecto a la observación de fenómenos que siempre han estado ahí, pero se desconocían, además se distinguen tres niveles de complejidad: sistema (totalidad coherente), suprasistema (medio que rodea al sistema) y subsistema (componentes del sistema) (Arnold y Osorio, 1998). En este caso se hará mayor énfasis a nivel subsistema, ya que se estudiarán los elementos que componen el sistema agua potable en la Alcaldía Xochimilco.

A continuación, se presenta la figura 1 en la que se muestra un esquema de los elementos que componen el sistema agua potable de Xochimilco.

**Figura 1. Esquema de la TGS**



Elaboró: Mariana Corrales López. Fuente: Arnold, M y Osorio, F. (1998). "Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas"

Referente al esquema anterior se puede decir que, se habla del sistema agua potable de la Alcaldía Xochimilco considerándolo como un sistema abierto dentro del cual se encuentran como entradas tanto aguas tratadas como agua pluvial y como salida está el agua potable; este sistema está compuesto por acuíferos que conforman la cuenca de Xochimilco: el Lago Xochimilco, así como los Ríos San Buenaventura, Santiago, San Lucas y San Gregorio, además de la red de canales y humedales que conforman el ya mencionado lago, así mismo se encuentra la Presa San Lucas; hay que mencionar también que existen alrededor de 80 pozos de extracción en la zona (REPDA, 2019), incluso en algunos puntos se brinda el servicio de abastecimiento por medio de pipas porque no se tiene la infraestructura necesaria.

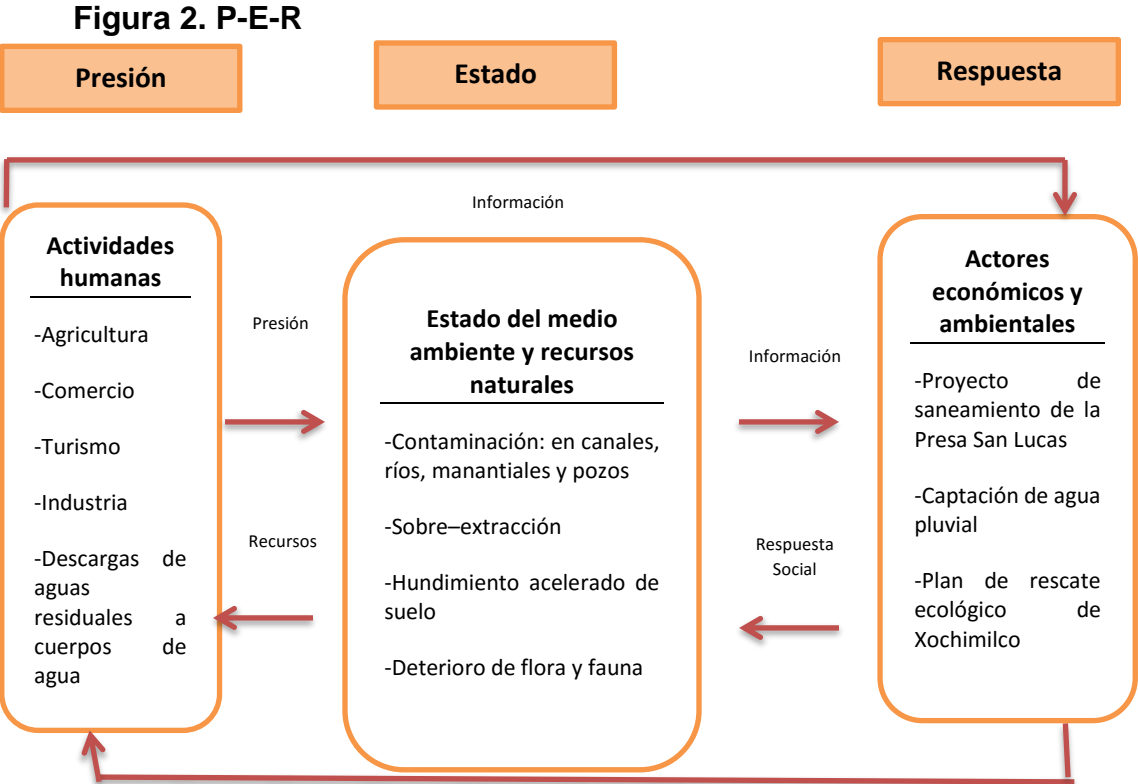
En cuanto a la infraestructura de manera general, se puede decir que aproximadamente el 93% del agua potable es extraída de las fuentes subterráneas (PAOT, 2018) y de esta, alrededor del 29% es destinada al consumo interno (PAOT, 2018) dando prioridad al abastecimiento de la zona urbana. Del mismo modo, se encuentran los usos que se le da al agua extraída en la demarcación, en síntesis se consideran tres: industrial, público urbano y servicios (REPDA, 2019). A partir de esto, se identifican algunas problemáticas, por ejemplo: deterioro en la calidad del agua, deficiencia en el abastecimiento de algunas zonas de la Alcaldía, sobre extracción del recurso, hundimiento acelerado de suelo y deterioro ambiental (PAOT, 2018).

En este mismo sentido se utiliza el modelo de Presión – Estado – Respuesta (PER) propuesto por la Environment Canada y la OCDE, consta de tres indicadores el primero de ellos es la Presión que es ejercida por las actividades humanas sobre el medio ambiente y para este trabajo, el sistema agua potable; el segundo es Estado que se refiere a los recursos con los que cuenta la zona de estudio, así como el estado en el que se encuentran estos y el medio ambiente en este caso, el agua potable; el tercero es la Respuesta que se refiere a los esfuerzos que realiza la sociedad o las autoridades para la reducción o mitigación en cuanto a la degradación del medio ambiente.



Se hace uso de éste modelo, ya que en la zona de estudio se ha generado perturbación antrópica respecto al sistema agua potable, debido al crecimiento poblacional y por lo tanto a la mayor demanda del recurso; cabe hacer mención de que en general, el termino perturbación se refiere a un evento que al ocurrir, altera el funcionamiento y la estructura del ecosistema, comunidad o población en la que se presenta y se clasifican en naturales, antrópicas, agudas y crónicas; en este caso se habla de las perturbaciones causadas por el ser humano, estos factores se conocen como generadores de cambio que afectan los servicios ecosistémicos afectando tanto a los ecosistemas, como al mismo ser humano; en la zona de estudio la perturbación se ha generado en principio desde el incremento de la población, la creciente urbanización e incluso las actividades económicas que se realizan en la alcaldía y el ejemplo más claro de esto es el turismo.

De acuerdo con el modelo del P-E-R a continuación, se presenta la figura 2, que hace referencia a la problemática del agua potable en la zona de estudio.



Elaboró Mariana Corrales López. Fuente: SEMARNAT. "Marcos Conceptuales de indicadores ambientales"

Así se aplica el PER respecto al agua potable en la zona de estudio: se muestran tres apartados; en el primero de ellos se encuentran las actividades humanas que ejercen presión sobre el recurso hídrico es decir, perturbación antrópica: agricultura, comercio, turismo, industria y descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua; en el segundo apartado se muestra el estado que han generado las actividades humanas en cuanto al recurso hídrico y algunos que se relacionan con éste: Contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, hundimiento de terreno provocado por la extracción de agua potable y el deterioro de la flora y la fauna; por último, se muestran algunas acciones que se han tomado respecto al estado que han generado las actividades humanas sobre los recursos naturales, como son: el proyecto de saneamiento de la presa San Lucas, Programas de Captación de Agua Pluvial y el Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco.

Este modelo se utilizará con el fin de realizar un diagnóstico del sistema agua potable, y posteriormente en el tercer capítulo se realizará una valoración de la gestión de los recursos hídricos en la alcaldía tomando como referencia el Índice de sostenibilidad de cuencas adaptándolo a los datos obtenidos con el diagnóstico; en seguida se habla de éste.

En 2005, la UNESCO (Organización De las Naciones Unidas Para la Educación, la Ciencia y la Cultura), creo el Programa Hidrológico Internacional (PHI), cuyo objetivo es la minimización de los riesgos que tienen los recursos hídricos considerando las interacciones humanas para que se dé una gestión adecuada en cuanto a los recursos hídricos, incluyendo también la protección del medio ambiente razón por la cual, se requería un índice de sostenibilidad de cuencas en donde se consideraran los aspectos antes mencionados.

Mediante el Índice de Sostenibilidad de Cuencas por sus siglas en inglés WSI, se estima la sustentabilidad socioeconómica de una cuenca en un periodo de 5 años. La sustentabilidad de una cuenca como un recurso depende de cuatro indicadores: Hidrología (H), Medio Ambiente (E), Vida (L) y Políticas aplicadas en materia de recursos hídricos (P).

Integrando así la siguiente fórmula:  $WSI = (H+E+L+P) / 4$

Cada Indicador se analiza por separado siguiendo el modelo de Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. WSI			
Indicador	Presión	Estado	Respuesta
Hidrología (H)	Variación en la Disponibilidad per cápita de agua en el periodo.	Disponibilidad de agua per cápita en la cuenca.	Evolución la eficiencia del uso del agua en el periodo analizado.
	Variación en la $DBO_5$ <sup>1</sup> del periodo en relación con el promedio.	$DBO_5$ de la cuenca (Promedio a largo plazo).	Evolución en el tratamiento/Disposición de aguas servidas en el periodo analizado.
Ambiente (E)	EPI <sup>2</sup> (Rural y Urbano) de la cuenca en el periodo.	% de la cuenca con vegetación natural.	Evolución en áreas protegidas en la cuenca.
Vida (L)	Variación en el PIB <sup>3</sup> per cápita en la cuenca.	IDH <sup>4</sup> de la cuenca en el periodo anterior.	Evolución del IDH de la cuenca en el periodo analizado.
Política (P)	Variación del IDH-Ed en el periodo analizado.	Capacidad legal e institucional en GHIRH <sup>5</sup> .	Evolución de los gastos en GIRH en la cuenca en el periodo analizado.

Fuente: Pérez J (2016). Revista Tecnología y ciencias del agua Vol. 7

A cada indicador se le otorgará un valor entre 0 y 1. Posteriormente, se aplica la fórmula ya mencionada y se obtiene el nivel de sostenibilidad de la cuenca.

<sup>1</sup> Demanda Biológica de Oxígeno: Cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos consumen en un lapso de 5 días considerando una temperatura de 20°C. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

<sup>2</sup> Índice de Desarrollo Ambiental (Environmental Performance Index): método que sirve para calificar el desempeño ambiental de las políticas de un país. (Universidad Nacional Costa Rica, 2015)

<sup>3</sup> Producto Interno Bruto: Valor total de los bienes y servicios finales producidos por un país durante un tiempo determinado. (secretaría de economía)

<sup>4</sup> Índice de Desarrollo Humano: mide el bienestar de la población de un país (PNUD México, 2013)

<sup>5</sup> Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Proceso que promueve el desarrollo y manejo del agua, la tierra y otros recursos (Global Water Partnership, 2011)

El índice antes mencionado, se tomará como base para realizar una valoración del sistema agua potable utilizando los mismos indicadores con distintos elementos para cada uno de ellos, modificando los parámetros para Presión, Estado y Respuesta de acuerdo a la investigación realizada; este mismo se retomará en el tercer capítulo.

Hay que mencionar, además que como parte de la metodología de investigación y para sustentar la valoración del sistema, se tenía planeado realizar una encuesta con un total de 13 preguntas relacionadas principalmente con la gestión y la cultura del agua, el plan inicial incluía encuestar a 300 personas, habitantes de la Alcaldía Xochimilco mayores de 18 años, se iniciaron a partir del primero de marzo del año 2020 y se concluirían el 30 de abril del mismo año, sin embargo, no se lograron el número de encuestas establecidas debido a la pandemia del covid 19 que dio inicio el 20 de marzo del 2020, por lo que solamente se pudieron realizar 27, los resultados obtenidos se incluyen en el capítulo 2 como un ejercicio de valoración ya que el número la muestra no es el ideal.

### **1.3 Propuesta metodológica**

Con base en lo anterior, en la tabla 4 se presenta la metodología generada mediante algunas variables e indicadores tomados de metodologías mencionadas en la tabla 1 para la evaluación de la gestión y manejo de agua potable.

Mediante la información aportada en la tabla 4, se generó una propuesta metodológica vista desde una perspectiva geográfica, para realizar una evaluación en cuanto a lo que se ha hecho respecto a la gestión y manejo del agua potable en la zona de estudio. Para esto, se tomaron en cuenta cuatro variables: agua potable, diagnóstico del sistema, usos de agua y principales afluentes, estos se sustentan en la página “Indicadores básicos del desempeño ambiental en México”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); cada uno de ellos con sus respectivos indicadores mismos que se mencionaran en la tabla 4.

<b>Tabla 4. Elementos para la evaluación de la gestión de agua potable</b>		
<b>Variab</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Características</b>
Agua potable		▪ 93 localidades

	Rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control comunitario</li> </ul>
	Urbana	<ul style="list-style-type: none"> <li>122 localidades</li> <li>Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)</li> </ul>
	Gestión y legislación	<p>Leyes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículo 4° constitucional (párrafos 5 y 6).</li> <li>Artículo 27° constitucional (párrafos 1, 5 y 6).</li> <li>Artículo 115° constitucional (fracción III inciso a).</li> <li>Ley de Aguas Nacionales (LAN).</li> <li>Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).</li> </ul> <p>Normas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NOM-001-SEMARNAT-1996</li> <li>NAEDF-002-Agua-009</li> <li>NOM-001-CONAGUA-2011</li> <li>NOM-127-SSA1-1994</li> </ul> <p>Reglamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (2004).</li> <li>Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal.</li> </ul>
Diagnóstico del sistema	<p>Características físicas y ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Flora y fauna terrestre y acuática</li> <li>Disminución de la precipitación en casi el 30%</li> <li>Disminución del nivel de las aguas a un promedio de 30cm<sup>3</sup> anuales.</li> <li>Severo deterioro de la fauna acuática por la introducción de aguas negras y tratamiento secundario.</li> </ul> <p>Características demográficas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Población total: 415,933 habitantes</li> </ul>	

		(Periodo intercensal INEGI, 2015) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vivienda</li> <li>▪ Tipo de servicio de agua</li> <li>▪ Tarifas</li> <li>▪ Tandeo</li> </ul>
	Cambio de uso de suelo	Series INEGI <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1997</li> <li>▪ 2016</li> </ul>
	Economía	-Agricultura – temporal, invernadero. -Ganadería – Traspatio -Artesanía -Turismo -Comercio
	Infraestructura hidráulica	Programas de manejo para la gestión, mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura hidráulica
	Cultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fomento del cuidado del agua a través de talleres de educación ambiental.</li> <li>▪ Fomento del programa cosecha de agua (captación de agua pluvial).</li> <li>▪ Talleres de sensibilización en los parques Michmani y Teoca.</li> </ul>
	Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hundimiento acelerado de suelo: 48cm – 60 cm anuales</li> <li>▪ Inundaciones</li> </ul>
	Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Olor</li> <li>▪ Cloro</li> <li>▪ Basura</li> </ul>
Usos de agua	Industrial Público Urbano Servicios	De acuerdo a la información que se presenta en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA),
Principales afluentes	Manantiales	Xochimilco
	Presas	San Lucas <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso: captación de agua pluvial para inyección a los canales</li> </ul>
	Ríos	San Gregorio <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipo: Intermitente</li> </ul> San Lucas <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipo: Intermitente</li> </ul>

		San Buenaventura ▪ Tipo: Intermitente Santiago ▪ Tipo: Intermitente
--	--	--

Elaboró: Mariana Corrales López

Como ya se mencionó, la primera de las variables que se toma en cuenta es el agua potable, la que se evaluará mediante tres indicadores: agua potable rural cuya principal característica es que su control se realiza por medio de la misma comunidad, en el caso de Xochimilco existen 93 comunidades rurales; el siguiente indicador es el agua potable urbana, esta es controlada por parte de una institución, en este caso el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), cabe mencionar que en la zona de estudio existen 122 localidades urbanas; en general, la población que habita el territorio es un factor importante para este estudio ya que, genera presión sobre los recursos naturales en este caso en los recursos hídricos, debido a la demanda para sus diferentes usos. El tercer indicador hace referencia a la legislación, para la cual se toman en cuenta cinco leyes, tres de ellas se encuentran establecidas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

- Artículo 4° párrafo 5 y 6, menciona que todos los individuos tenemos derecho a un medio ambiente sano y no solo esto, sino que quien provoque daños o deterioro al ambiente se atenderá a las disposiciones que indique la ley, así mismo resalta que todos los mexicanos tenemos derecho ...”al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico, en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible” como dicta el artículo antes mencionado en la Carta Magna. Esto quiere decir que todos tenemos el mismo derecho al consumo de agua en condiciones óptimas.
- Artículo 27° párrafos 1, 5 y 6; resalta que tanto las tierras y aguas que se encuentran dentro de los límites de lo que comprende el territorio nacional pertenecen a la nación por mencionar algunas: ríos, mares, lagos, lagunas, manantiales, canales, incluso las aguas subterráneas mismas que se podrán explotar de acuerdo a las leyes establecidas.

- Artículo 115°, fracción III inciso “a”; hace mención de que cada municipio tiene a su cargo los servicios como el agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

De la misma manera, se toman en cuenta dos leyes de corte federal, estas son:

- Ley de Aguas Nacionales (LAN), esta tiene por objetivo la regulación de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales ya sea superficiales o subterráneas.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), se encarga de la regulación de todo lo relativo al párrafo 5 del artículo 4° de la Carta Magna, que como ya se mencionó, se refiere al medio ambiente.

También, se hace mención de cuatro normas que tienen relevancia en cuanto a la temática de la gestión del recurso hídrico:

- NOM-001-SEMARNAT-1996, en esta se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes que pueden contener las aguas nacionales y los bienes residuales para que así el recurso agua pueda tener mejor calidad.
- NAEDF-002-Agua-2009 la cual tiene por objetivo el establecimiento de programas que fomenten el ahorro de agua y su consumo sustentable.
- NOM-001-CONAGUA-2011 en la que se establecen las especificaciones mínimas que deben tener los sistemas de agua potable para su adecuado funcionamiento y además establece las condiciones de su operación y mantenimiento.
- NOM-127-SSA-1994 su principal objetivo es establecer los límites en cuanto a la calidad y potabilización para el consumo y uso humano y aplica para todos los sistemas de abastecimiento públicos y privados.

Así mismo se mencionan dos reglamentos:

- Reglamento de la ley de desarrollo urbano del Distrito Federal (ahora Ciudad de México), este tiene por objetivo la regulación de todo lo



relacionado la planeación urbana y ordenamiento territorial, esto incluye los servicios públicos como el abastecimiento de agua potable.

- Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal mismo que se encarga de la regulación de las disposiciones establecidas en la ley ambiental.

Cabe recalcar que se hace alusión a la legislación respecto al agua potable para sustentar la gestión en los derechos humanos amparados por leyes, normas y reglamentos vigentes.

Continuando con las variables, la segunda de ellas es el Diagnóstico del sistema, para el cuál se incluyeron ocho indicadores. Iniciando con las características físicas y ambientales, es decir: flora y fauna (acuática y terrestre), deterioro de la fauna acuática debido a descargas de aguas residuales y la disminución del nivel de las aguas de los canales.

El siguiente indicador hace referencia a las características demográficas, haciendo énfasis en aspectos como: la población total, la distribución de la población, la densidad poblacional, la vivienda, el tipo de servicio en cuanto al agua potable, las tarifas y el tandeo; esto es importante ya que, el acceso al agua potable es un indicador de calidad de vida para la población.

Posterior a este se encuentra el cambio de uso de suelo, mismo que se medirá mediante la comparación de dos series de INEGI: 1997 y 2016; el cambio de uso de suelo se relaciona al agua potable debido a que, conforme aumenta la población, va aumentando la demanda del recurso y con ella su extracción.

Luego está la economía haciendo referencia a las actividades económicas que se realizan dentro de la zona de estudio, estas son: agricultura de temporal, ganadería de traspatio, artesanía, turismo y comercio.

Otro de los aspectos que se incluyen es la infraestructura hidráulica haciendo hincapié en programas de manejo para la gestión, mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura.

Después se encuentra la parte de la cultura del agua, es decir acciones que se han tomado por parte de la alcaldía y sus habitantes respecto al cuidado del agua como son:

- El fomento del cuidado del agua por medio de talleres de educación ambiental.
- El fomento del programa cosecha de agua (captación de agua pluvial).
- Talleres de sensibilización en los parques Michmani y Teoca.

Esto para la preservación y cuidado de agua potable sobre los que se hará énfasis más adelante.

De la misma manera se incluyen los riesgos relacionados con la extracción del recurso hídrico como son: el hundimiento acelerado de suelo y las consecuentes inundaciones, provocado por el uso excesivo de los recursos hídricos subterráneos.

El último de los indicadores de esta variable es la calidad del agua para la cual se tomaron en cuenta las siguientes características: olor, cloro y temperatura.

En lo que a la tercera variable respecta, se incluyen los usos consuntivos el agua que se encuentran en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA): industrial, público urbano y servicios que tienen como propósito mostrar la demanda que ejercen los usuarios del agua sobre el recurso.

Finalmente, la última variable hace referencia a los principales afluentes que se encuentran dentro de la zona de estudio.

## **Capítulo 2. Diagnóstico del Manejo del recurso agua en la Alcaldía Xochimilco**

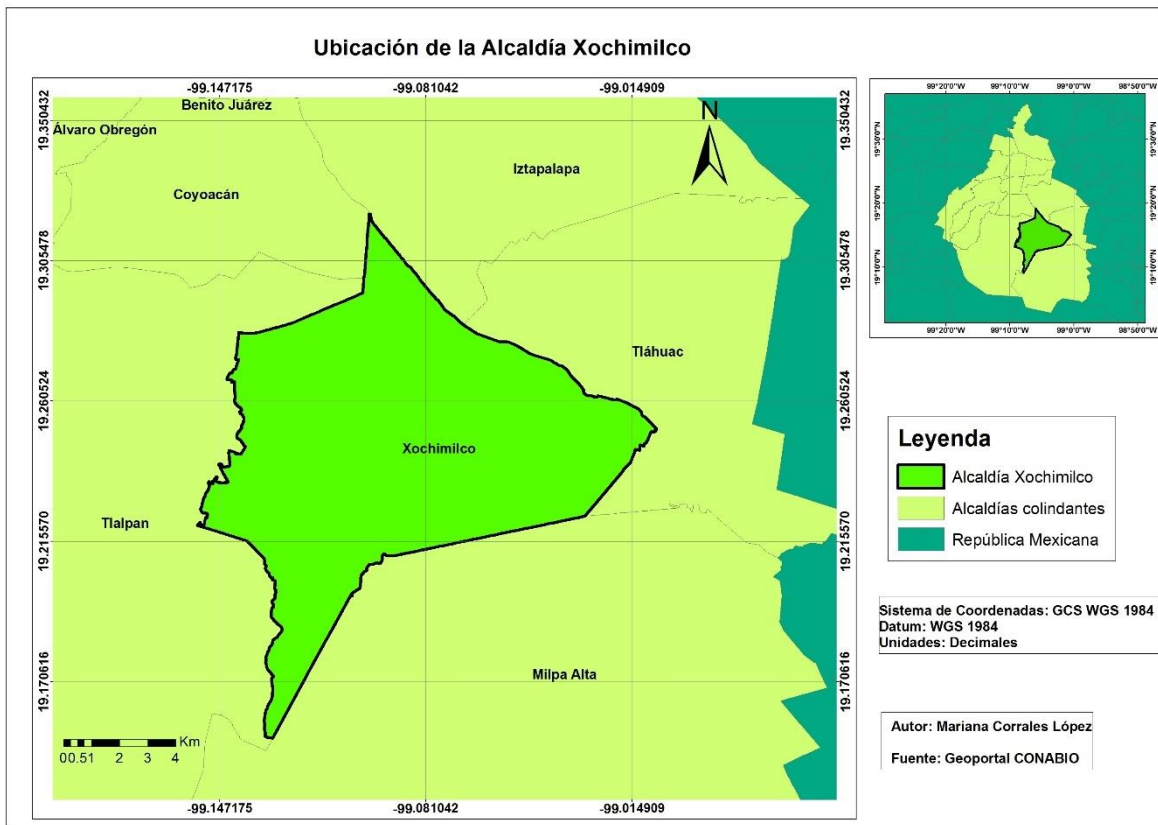
En el presente capítulo se realiza un diagnóstico del manejo y gestión del agua potable en la Alcaldía Xochimilco, mediante aspectos físicos, económicos, sociales y culturales, tomando en cuenta el punto de vista de una parte representativa de la población de la zona de estudio con el propósito de conocer la situación actual y las problemáticas relacionadas con la gestión del recurso hídrico y, así realizar un diagnóstico de la misma.

### **2.1 Descripción de la zona de estudio**

La Alcaldía Xochimilco se localiza en la cuenca endorreica conocida como la Cuenca de México, en la cual, se encuentran una serie de lagos, a las orillas de los cuales, se asentaron pueblos desde antes de la conquista española, Xochimilco fue uno de ellos, ubicándose en la parte sur de la cuenca en la subdivisión Xochimilco – Chalco (Terrones, M. 2004). Se ubica al sur de la Ciudad de México entre las coordenadas geográficas: 19°15'16".7 Norte y 99°6'12".8 Oeste, colindando al norte con las alcaldías Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac, y al poniente con Tlalpan, esto se observa en el mapa 1. La extensión territorial de la demarcación abarca 125.178  $km^2$ , por lo que representa el 8.9% del total del territorio de la Ciudad de México (PAOT, 2018).

En cuanto a la población total, según el conteo del periodo intercensal de INEGI realizado en el año 2015 es de: 415,933 habitantes, de los cuales 199,513 son hombres y 216,420 son mujeres.

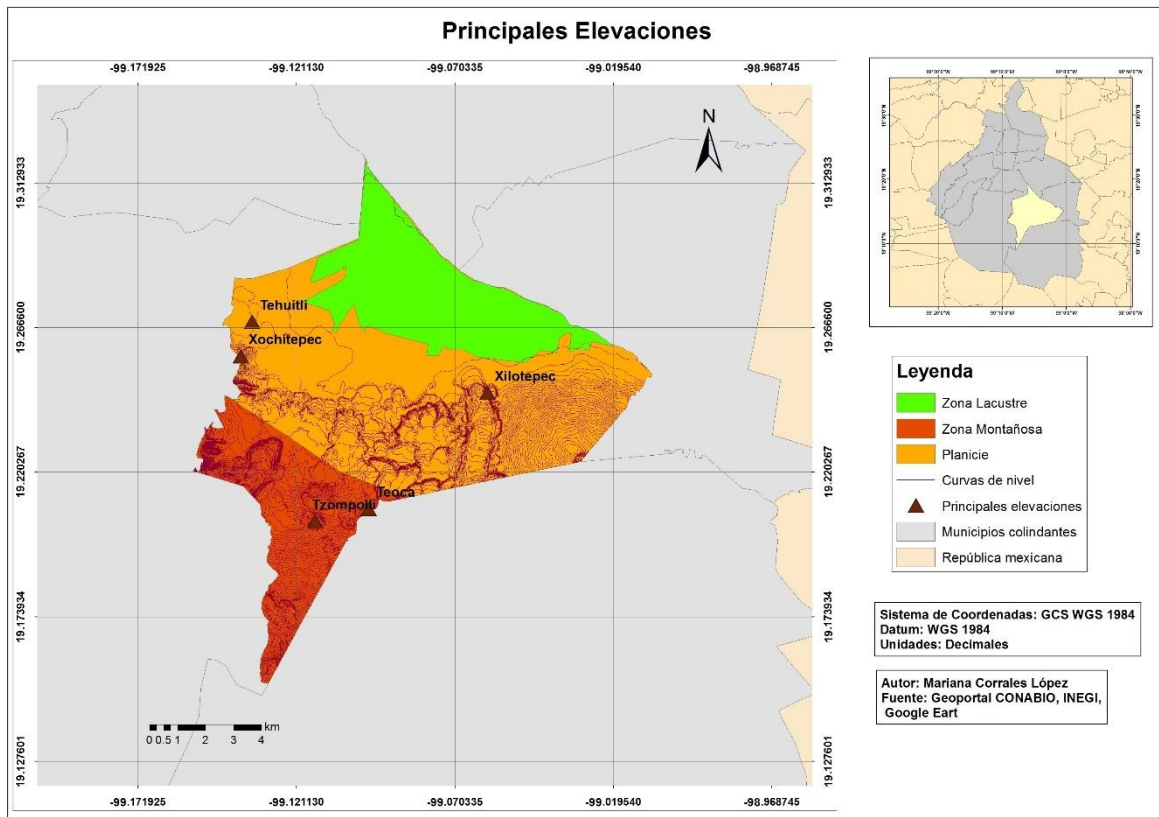
Mapa 1. Ubicación



Uno de los aspectos importantes en cuanto a este diagnóstico, son las elevaciones principales que se ubican en el área de estudio, ya que se relacionan con los puntos de escurrimiento. La demarcación se divide en tres zonas principales: planicie, zona montañosa y zona lacustre, esto se muestra en el mapa 2.

Dicho de un modo más específico en la zona montañosa se encuentran tres de las elevaciones principales, que son los cerros: Teoca, y Tzompolli; mientras que, en la zona de planicie se encuentran los cerros de Xilotepec, Xochitepec y el volcán Tehuitli (Terrones, M. 2004).

Mapa 2. Relieve

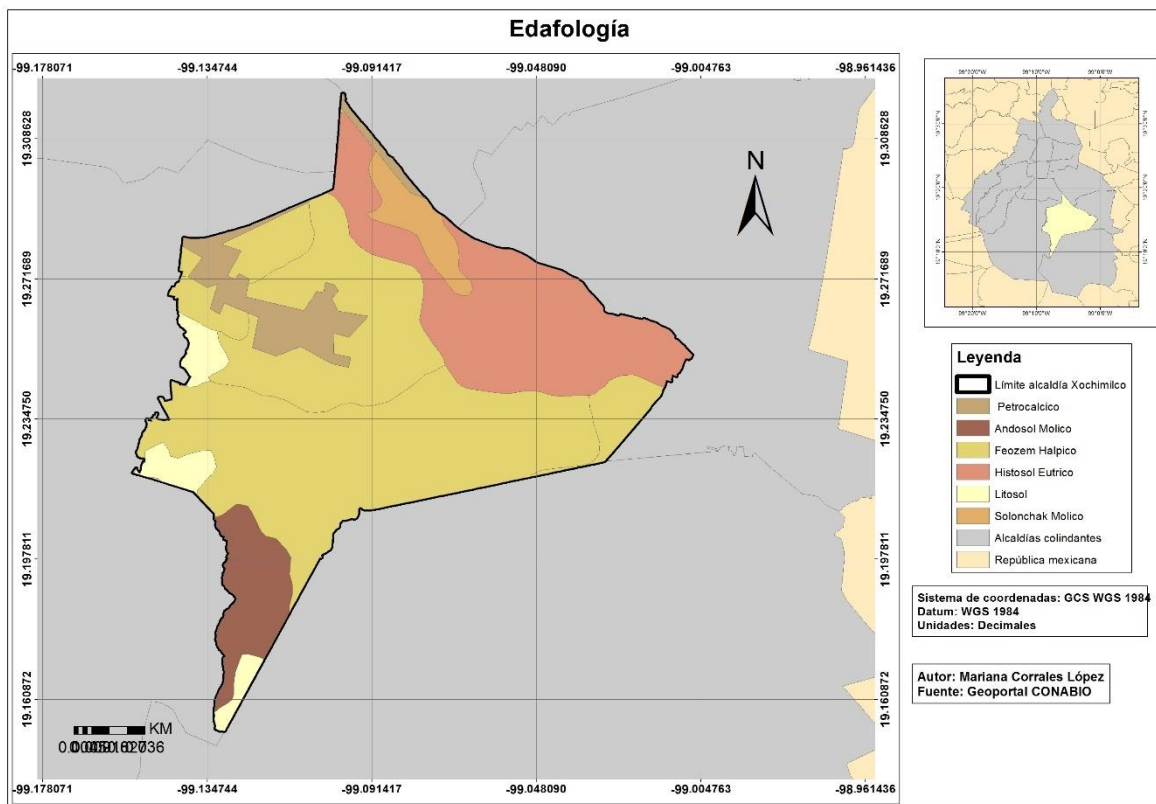


Otro aspecto representativo de la zona de estudio, son las características edafológicas. Los suelos que se presentan dentro de la zona de estudio son de tipo aluvial – lacustre que derivan de aluviones fluviales y lacustres ricos en sales (SEDATU, 2015); éstos se forman en depósitos lacustres que en su mayoría provienen de los ríos, por medio de procesos de erosión y transporte.

Dentro de la zona lacustre se encuentran suelos petrocálcico, que son horizontes cálcicos continuos, endurecidos o cementados por carbonato cálcico y carbonato magnésico, sus poros no capilares están obstruidos y su conductividad hidráulica es lenta; intercalados con feozem hálpico, este tipo de suelo tiene un alto contenido de materia orgánica, es por ello que su horizonte superficial presenta un color oscuro; así como histosol eútrico del cual, la principal característica es que el material original contiene materia vegetal (en forma de hojarasca, fibras y maderas) poco descompuesta y es apto para los cultivos hortícolas este puede ser de 3 tipos: endoeútrico, hipereútrico y ortiéutrigo; así mismo está el solonchak mólico que es

un tipo de suelo de carácter salino, característico de zonas permanente o estacionalmente inundadas. Luego en la zona de planicie predominan los suelos de tipo feozem hálpico, litosol que es un suelo muy delgado que se encuentra sobre un estrato duro, por ejemplo roca, tepetate o caliche. Por último, la zona montañosa está compuesta por litosol, feozem y andosol mólico que es un suelo de origen volcánico que se constituye principalmente por cenizas, es de color oscuro y tiene alta capacidad en cuanto a retención de humedad (FAO); a continuación, se presenta el Mapa 3 que muestra la edafología de la demarcación.

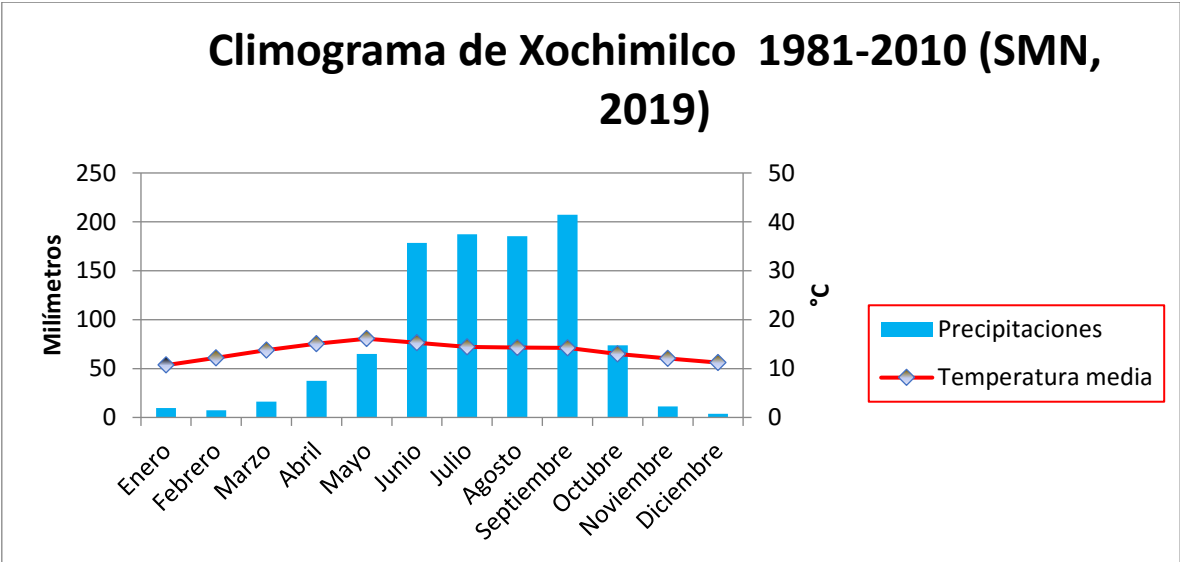
Mapa 3. Edafología



De la misma manera, es importante mencionar las características climáticas del lugar, respecto a las que se puede decir que, según el Atlas de Riesgos de la Delegación Xochimilco (2014), predomina tipo de clima templado húmedo con

lluvias en verano (principalmente de mayo a octubre) siendo la temperatura media anual de 16.2 °C y la precipitación de 700 mm anuales, como complemento de esto, la figura 3 muestra un climograma elaborado mediante las normales climatológicas de la alcaldía Xochimilco en el periodo de 1981-2010.

**Figura 3. Climograma**



Elaboró: Mariana Corrales López. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional, estación san Francisco 1981-2010.

En el climograma de Xochimilco según las normales climatológicas de 1981 a 2010 obtenidas de la estación San Francisco, se puede observar que precisamente los meses en los que se presentaron mayores precipitaciones fueron de mayo a octubre, mismos en los que se presentaron las temperaturas más altas, y las temperaturas más bajas se presentaron en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre. Esto es parte importante para esta investigación porque, la mayoría de las corrientes de agua son de tipo intermitente por lo que la temporada de lluvias favorece a la recarga de acuíferos, y ésta forma parte del sistema agua potable, no obstante, cabe mencionar que en los años recientes se han dado importantes variaciones climáticas asociadas principalmente al calentamiento global. El aumento global de la temperatura, trae consigo consecuencias que afectan a la biota, por ejemplo, la aparición de fenómenos meteorológicos más violentos, como: incendios, sequías, desbordamiento de ríos y lagos y con esto cambios en los ecosistemas (Acciona, 2020).

Así mismo, una parte fundamental del ecosistema lacustre es la biota, que se refiere al conjunto de especies tanto de flora como de fauna que habitan en una zona determinada; en la zona de estudio existe biota lacustre y terrestre, según Luis Eduardo Garzón en su libro Xochimilco hoy (2003) menciona que, en la superficie acuática, se pueden encontrar especies de flora tales como: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), ombligo de Venus (*Hydrocotyle verticillata*), el chichicaste (*Gronovia scadens*) y lentejilla (*Lepidium virginicum*); de la misma manera, aún se pueden encontrar algunas especies de fauna como: acocil (*Procambarus acanthophorus*) cochinilla de humedad (*Dactylopius coccus*) y el ajolote (*Ambystoma mexicanum*) especie endémica de Xochimilco, así como algunas especies introducidas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Terrones, M.E, 2003); estas se pueden encontrar en la página web de Naturalista.

En cuanto a la flora terrestre, en el pasado era muy abundante y variada, por ejemplo, habían bosques mixtos, dentro de los cuales se podían encontrar algunas especies de árboles como el palo loco (*Pittocaulon praecox*), el encino (*Quercus rugosa*) y, el ahuejote (*Salix bonplandiana*); cabe mencionar que, éste último es un árbol típico de la región que se sembraba únicamente a las orillas de las chinampas, ya que su función era fijar la chinampa al fondo del lago sin quitarle luz a los cultivos porque tiene ramaje vertical; en la zona de los canales, se pueden encontrar otras especies de árboles como aile (*Alnus acuminata*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*) (especie introducida) y, sauce llorón (*Salix babylonica*) por su parte la fauna terrestre se constituye por ardillas (*Sciurus vulgaris*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*), y cacomixtle (*Bassariscus astutus*) además de algunas especies de aves migratorias como las gallinas de agua (*Gallinula chloropus*), agachona (*Gallinago delicata*), pato silvestre (*Anas platyrhynchos*) e incluso garza blanca (*Ardea alba*). (Garzón, L.E. 2003).

En la actualidad, gran parte de la biota, ya no se encuentra en la zona de estudio (Garzón, L.E. 2003). Las especies que se han visto más afectadas, principalmente son las lacustres, debido a la introducción de aguas negras a los canales y otros



cuerpos de agua, no obstante, las especies terrestres también se han visto afectadas debido al cambio de uso de suelo (Garzón, L.E. 2003), tema que se retomará a detalle más adelante.

## **2.2 Disponibilidad Hídrica**

Dentro de la república mexicana, el organismo normativo, administrativo y técnico que se encarga de la gestión hídrica es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a través de 13 organismos de cuenca en 13 Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA) conformadas por grupos de cuencas que, respetan los límites municipales con la finalidad de facilitar la administración del recurso hídrico; en este caso la Ciudad de México se localiza en la RHA XIII Aguas del Valle de México.

Uno de los elementos más importantes en materia de la gestión de agua potable es la disponibilidad de agua, la que se refiere al volumen total de líquido que hay en una región, distribuido en los cuerpos de agua superficiales, subterráneos e incluso en glaciares. La disponibilidad de agua tiene que ver de manera directa con el balance entre el agua que entra directamente al sistema a través de la precipitación y lo que se pierde por medio de la evaporación de los cuerpos de agua, así como la evapotranspiración vegetal; esta diferencia puede escurrir superficialmente, así como almacenarse en los cuerpos de agua superficiales o incluso llega al subsuelo y recarga los acuíferos (Toledo, A. 2006).

El nivel de escasez que enfrentan los habitantes de un territorio determinado puede medirse de acuerdo con el volumen de agua que le corresponde a cada uno. Para medir la disponibilidad de agua *per cápita* o agua renovable, Malin Falkenmark hidróloga sueca estableció cinco criterios en el año de 1993 mismos que se muestran en la tabla 5, éstos fueron retomados en 2017 por Agustín Felipe Breña Puyol y José Agustín Breña Naranjo en su artículo “*Disponibilidad de agua en el futuro de México*” publicado en la revista Ciencia.

<b>Tabla 5. Niveles de escasez de agua de acuerdo a la disponibilidad del recurso per cápita</b>	
<b>Nivel de escasez</b>	<b>Disponibilidad de agua per cápita anual (<math>m^3</math>)</b>
Extrema (limita posibilidades de desarrollo)	$< 1000 m^3$
Crítica (se requiere tomar medidas con urgencia para la preservación del recurso)	Entre $1000$ y $1700 m^3$
Baja	Entre $1700$ y $5000 m^3$
Media	Entre $5000$ y $10000 m^3$
Alta	$>10000 m^3$

Fuente: Elaborado por Mariana Corrales López, mediante información tomada del artículo “Disponibilidad de agua en el futuro de México”, publicado en la revista “Ciencia” por Breña. A y Breña.J, 2017

En la tabla 5 se puede observar que, cuando la disponibilidad por habitante resulta menor a  $1700 m^3$  se considera estrés hídrico y si está por debajo de los  $1000 m^3$  las condiciones serían severas, y podría afectar el desarrollo económico de la región.

Según el documento “*Estadísticas del agua en México*” publicado por CONAGUA en 2018, en la Ciudad de México en el año 2017 la cantidad de agua renovable per cápita fue de  $55 m^3$ , por lo tanto, según los criterios anteriormente mencionados indican un nivel de escasez extremo.

Otro aspecto que es importante conocer son las fuentes de agua que se ubican en la cuenca; en general la red hidrológica que componen las fuentes de agua superficiales de la república mexicana abarca 633 000 kilómetros de longitud, y el 87% del escurrimiento superficial del país proviene de 51 ríos principales (SEMARNAT, 2014), así mismo, en México existen fuentes de agua subterránea las cuales desarrollan un papel importante en cuanto al desarrollo socioeconómico del país ya que se pueden aprovechar como presas de almacenamiento o como red de distribución además de funcionar como filtros purificadores mejorando la calidad del agua; esto hace posible que se extraigan en cualquier momento.

Tanto las aguas superficiales como subterráneas, son un elemento importante para así poder calcular los niveles de escasez o abundancia del recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo; razón por la cual a continuación se hablará de la hidrología tanto superficial como subterránea que se localiza dentro de la zona de estudio.

En la antigüedad, la Alcaldía Xochimilco fue una amplia llanura lacustre sobre la cual los pobladores prehispánicos, construyeron sus viviendas, porque eran las zonas más cercanas a los cuerpos de agua superficial, los que tenían como principal sustento la agricultura en las chinampas; para el riego de sus cultivos utilizaban el agua proveniente de los canales, de la misma manera los habitantes de esta zona, se abastecían con el agua que provenía de los mantos acuíferos, no obstante, el territorio ha sido modificado con el paso del tiempo y la modernización (Terrones, M. 2004).

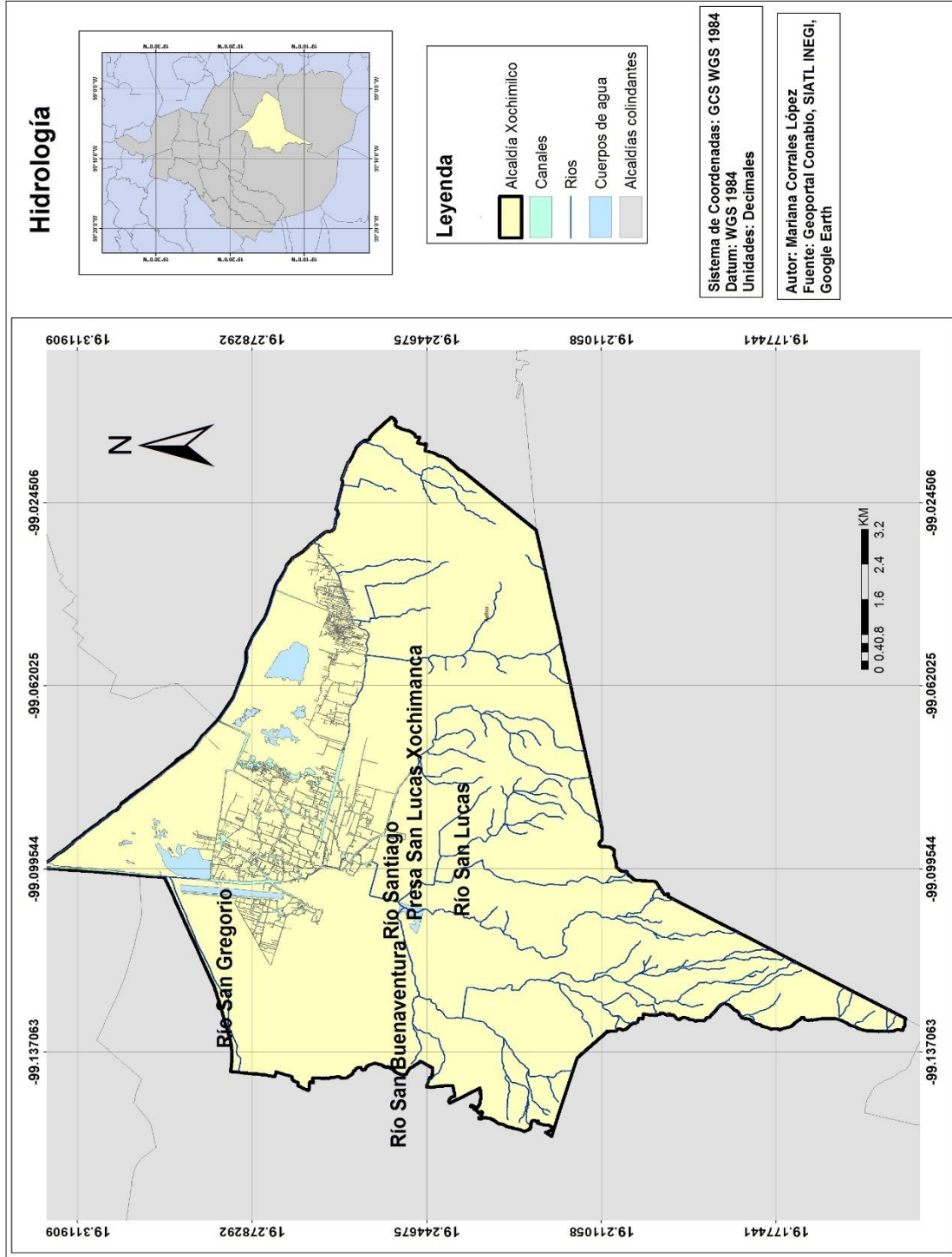
A pesar del crecimiento de la mancha urbana, algunos canales han perdurado, estos son: Cuemanco, Apatlaco, Nacional, Del Bordo, Japón y Canal de Chalco, el último, sirve como límite con Tláhuac; estos también forman parte de la hidrología de las alcaldías: Tláhuac, Milpa Alta, Tlalpan, Coyoacán e Iztapalapa.

Como ya se había mencionado, Xochimilco pertenece a una cuenca endorreica que se ubica en la región hidrológica del Pánuco, en la cuenca del Valle de México y la Subcuenca Xochimilco (Figueroa, M.G. 2014).

La zona de estudio se compone por cuatro ríos de escurrimiento intermitente, estos son: San Buenaventura, Santiago, San Lucas y San Gregorio; de la misma manera, existen corrientes pequeñas que bajan de Santa María Nativitas, San Luis Tlaxialtemalco, Tulyehualco, Iztapalapa (Cerro de la estrella) y Tláhuac (Sierra Santa Catarina).

Es importante mencionar, que de los canales que se encuentran en la demarcación, se inyectan con agua proveniente del Cerro de la Estrella y de la Sierra Santa Catarina; además hay escurrimientos desde los cerros Teoca y Tzompole que son captados en la Presa del Pato que se ubica en el pueblo San Lucas Xochimanca; no obstante, el agua que se infiltra durante el trayecto, sirve para recargar los mantos acuíferos de Xochimilco.

Mapa 4. Hidrología Superficial



En el mapa 4, se puede observar la hidrología de la zona de estudio, además de los tipos de escurrimiento que presentan los ríos de la demarcación.

Hay que mencionar también que Xochimilco cuenta con fuentes de agua subterráneas o pozos, mismos desde los que en la actualidad se extrae el agua para el abastecimiento tanto de la demarcación como de otras alcaldías pertenecientes a la Ciudad de México, estos se derivan de las precipitaciones infiltradas y se desplazan en forma de corriente subterránea hasta llegar a las zonas de menor altitud originando en estas manantiales y pozos (PAOT, 2018).

Al inicio del siglo XX se construyó el primer acueducto moderno y se concluyó en 1912, el acueducto era un sistema de captación de los manantiales de la zona de estudio, tenía una longitud de 26 km dando origen a la que es actualmente la avenida División del Norte y desembocaba en la casa de máquinas de la Condesa. El agua que se almacenaba era enviada a cuatro depósitos reguladores en Molino del Rey y desde ahí se distribuía a la ciudad; de este se extraían 2600 litros por segundo (l/s), pero no eran suficientes ya que en los primeros 10 km del acueducto se perdían 1000 l/s, por lo cual también se realizaron obras para la extracción de agua del Sistema Lerma. Sin embargo, para noviembre de 1922 se dañaron los motores eléctricos de la casa de las bombas de la Condesa, generando protestas de los habitantes por la falta de abastecimiento de agua en sus hogares (Perló, M. 2005).

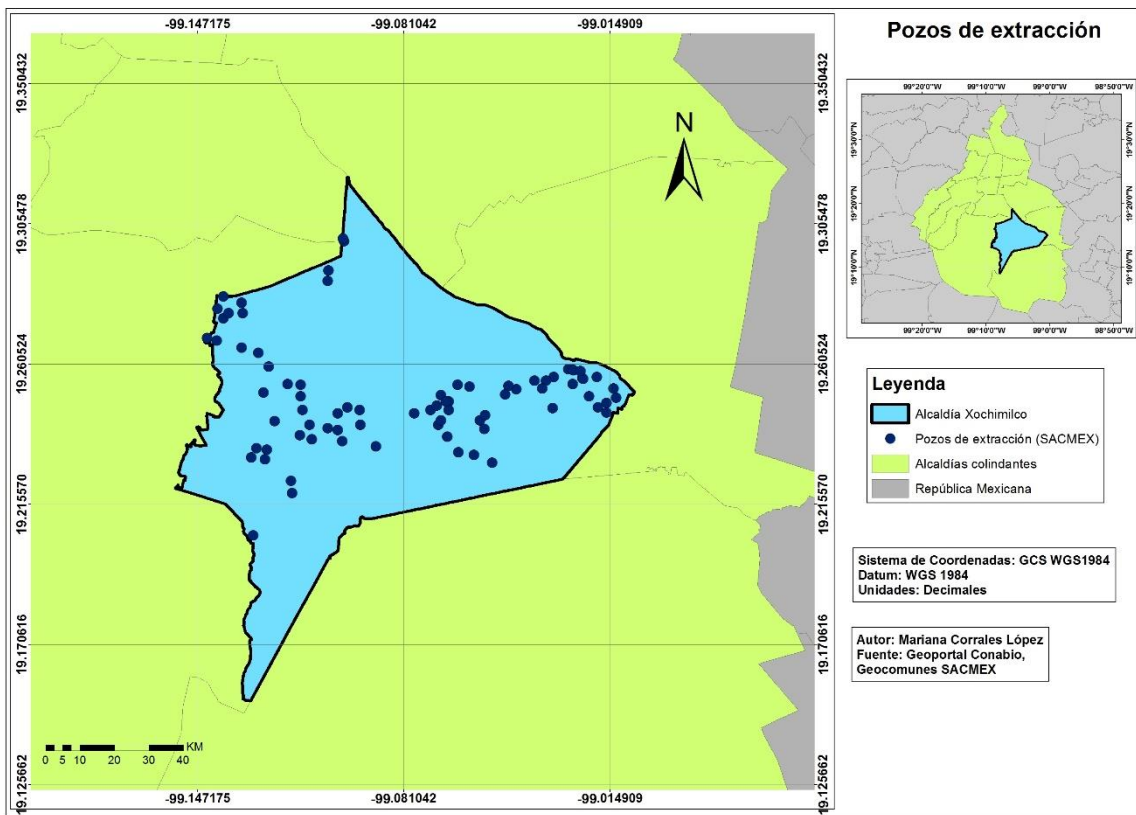
El utilizar esas obras para la extracción del agua generó que a mediados del siglo XX comenzaran a agotarse los manantiales, por lo que, comenzaron a recibir aguas tratadas de manera deficiente, es decir acompañas de aguas negras ya que no había sistema de drenaje y en algunas zonas hasta la fecha no lo hay, todo esto provocó el deterioro ambiental y el desnivel en los canales.

A consecuencia de ello comienza a extraerse el agua de los mantos freáticos ya que, “puede más la sed, que la escasez del recurso y su calidad” (Terrones, M. 2004); generando así la explotación continua y desmedida de los mismos, y con ello inicia un proceso de hundimiento acelerado de suelo o subsidencia aproximadamente de 10 cm anuales entre 1982 y 1992 principalmente en los ejidos

de Xochimilco y San Gregorio, y para la siguiente década aumento a aproximadamente 20 cm anuales, se dice que en la actualidad el hundimiento es de hasta 60 cm anuales en la zona chinampera, esto genera desnivel del suelo y es así como existen áreas tanto en San Gregorio Atlapulco como en San Luis Tlaxialtemalco que se inundan y otras que al contrario tienden a la desecación (Terrones, M. 2004).

Actualmente se tienen registrados 79 pozos de extracción en el sistema de aguas de la Ciudad de México (SACMEX) que se encuentran dentro de la alcaldía Xochimilco, los cuales se presentan en el mapa 5:

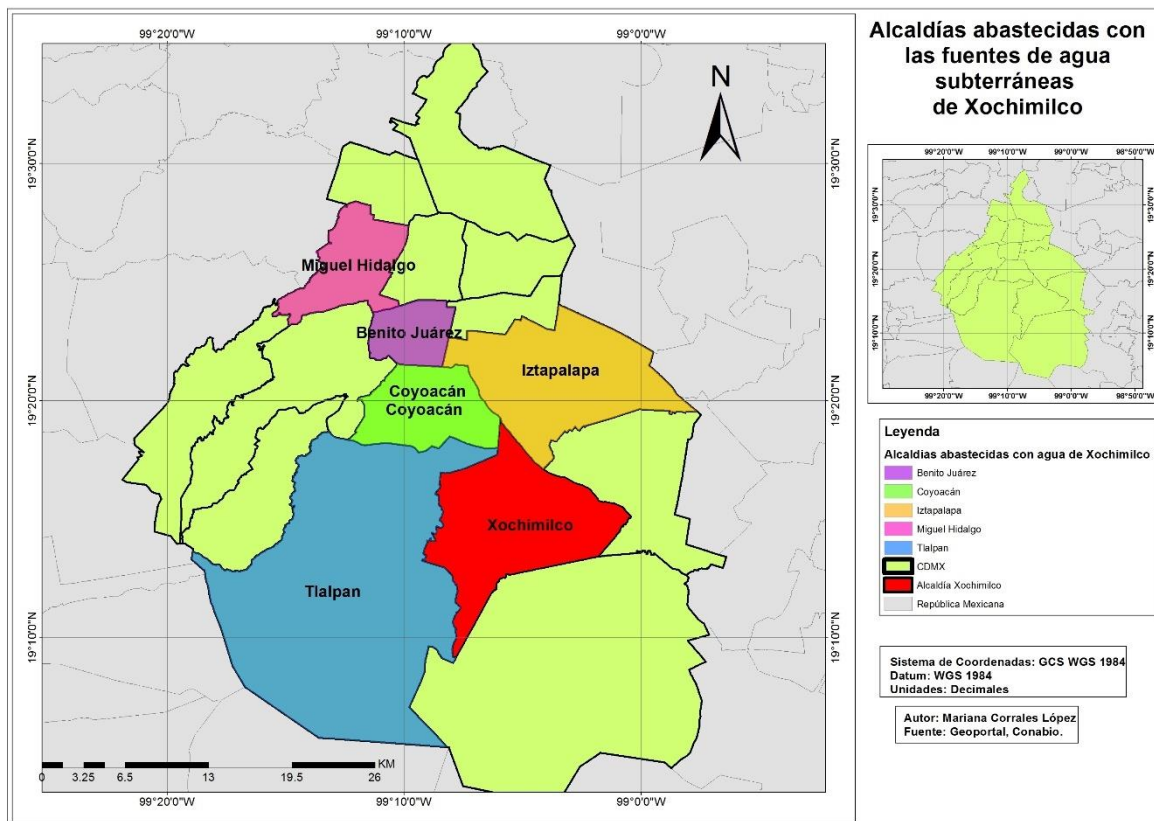
Mapa 5. Pozos de extracción



Es importante conocer los pozos de extracción con los que cuenta la alcaldía Xochimilco, ya que actualmente hay sobre explotación de acuíferos lo cual ha traído consecuencias, una de ellas es el hundimiento acelerado de suelo.

Además, la zona de estudio no solo se encarga del abastecimiento de sus habitantes, si no que, actualmente el agua que se extrae de las fuentes subterráneas de la zona de estudio es tanto para el abastecimiento de los habitantes de la misma demarcación (PAOT, 2018), como algunas otras alcaldías principalmente en el centro de la CDMX, éstas se muestran en el mapa 6.

Mapa 6. Alcaldías abastecidas con las fuentes de agua subterráneas de Xochimilco.



Hay que mencionar también que actualmente en el territorio mexicano hay diferencias muy marcadas en cuánto a la disponibilidad del recurso hídrico, siendo la Cuenca de México la zona con menor disponibilidad, tal es el caso de Xochimilco en donde surgieron numerosos manantiales que en la actualidad se encuentran agotados casi en su totalidad y como consecuencia principal hay una degradación general en su ecosistema (Romero, P. 1993).

### **2.3 Infraestructura hidráulica**

La infraestructura hidráulica se alude a las construcciones que se realizan con relación al agua, por ejemplo, una toma domiciliaria, el alcantarillado, presas, bordos e incluso el drenaje.

Se debe agregar que, la infraestructura hidráulica de la CDMX comenzó a desarrollarse durante el siglo XX en distintas etapas, y como ya se había mencionado, fue en este mismo siglo cuando se comenzaron a construir las obras hidráulicas que conectarían a la actual alcaldía Xochimilco con el centro de la CDMX, no obstante el acueducto construido en 1900, comenzó a presentar fallas en 1930, perdiendo así gran parte de su caudal, por lo que se le realizaron enmendaduras que prolongarían su funcionamiento hasta 1940, año en el que se aumentó la capacidad de extracción instalando bombas en Xotepingo, esto debido al crecimiento urbano y demográfico intensivo que se dio a finales de 1960 (Perló, M. 2005).

Actualmente, Xochimilco sigue siendo una alcaldía abastecedora por lo que cuenta con una red importante de captación de agua potable para así extraerla de las fuentes de agua subterráneas del territorio, con una cobertura total de agua potable del 95% de la cual el 90.2% llega a la zona urbana por medio de toma domiciliaria cada tres días, y el 4.5% se abastece por medio de pipas y carros cisterna. Es importante mencionar que, la cantidad que se extrae de cada pozo es de  $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$  de los cuales solo  $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$  se destina hacia la zona de estudio (PAOT, 2018).

El abastecimiento principalmente proviene de pozos profundos que se ubican al oriente de la alcaldía, cuenta con una red primaria con diámetros mayores a 50 cm y una red secundaria de 617.7km de longitud y diámetro menor a 50 cm (PAOT, 2018).

A pesar de que la alcaldía es abastecedora de agua potable, se han tenido dificultades en cuanto al abastecimiento de las partes altas y en la zona colindante con la alcaldía Tláhuac (PAOT, 2018).



A cerca de la cobertura del sistema de drenaje en la alcaldía abarca el 90%, está integrado por colectores de tipo combinado y agua pluvial y colectores marginales, la red primaria tiene 72.1 km de longitud, mientras que la red secundaria consta de 458.7 km; además en la alcaldía hay 10 plantas de tratamiento de aguas residuales operando al 49% (Amieva, J.R, 2016).

En consideración a la red de drenaje sanitario y pluvial en la demarcación se dice que es deficiente, en principio porque aproximadamente el 26% de las viviendas ubicadas en suelo urbano, no tiene conexión a la red pública de drenaje; así mismo las viviendas que están ubicadas en suelo de conservación carecen de sistema de drenaje, y aproximadamente en la zona de estudio hay 21 mil zonas de descarga sin ningún tipo de control, arrojando sus desechos a las barrancas o a las chinampas, de esta manera se genera tanto contaminación ambiental, como un foco de infección para la salud humana (Amieva, J.R, 2016).

Además, el mantenimiento a la infraestructura hidráulica de la zona de estudio ha sido deficiente durante décadas, situación que se vio reflejada en el pasado sismo ocurrido en el año 2017, por lo cual el gobierno llevó a cabo obras de construcción, rehabilitación y modernización en cuanto a cárcamos de bombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales y red sanitaria.

Por ejemplo, se rehabilitó la planta de tratamiento de aguas residuales “Chabacano”, ubicada en el pueblo Santa Cruz Acapixca tal como se menciona en NTCD noticias en su nota periodística “Modernizan la infraestructura hidráulica en Xochimilco”, por otra parte se instalaron equipo de alta calidad en cuanto a bombeo, microfiltro de agua tratada y sistema de desinfección por medio de luz ultravioleta, y es así como tiene la capacidad de tratar un caudal de 5.5 litros por segundo para evitar que las aguas negras se descarguen a los canales de Xochimilco.

## **2.4 Usos de agua**

El agua es una parte fundamental en la vida de los seres humanos, no solo en cuestión de la satisfacción de necesidades como el aseo personal, y el consumo humano, sino que es importante para el desarrollo de algunas actividades

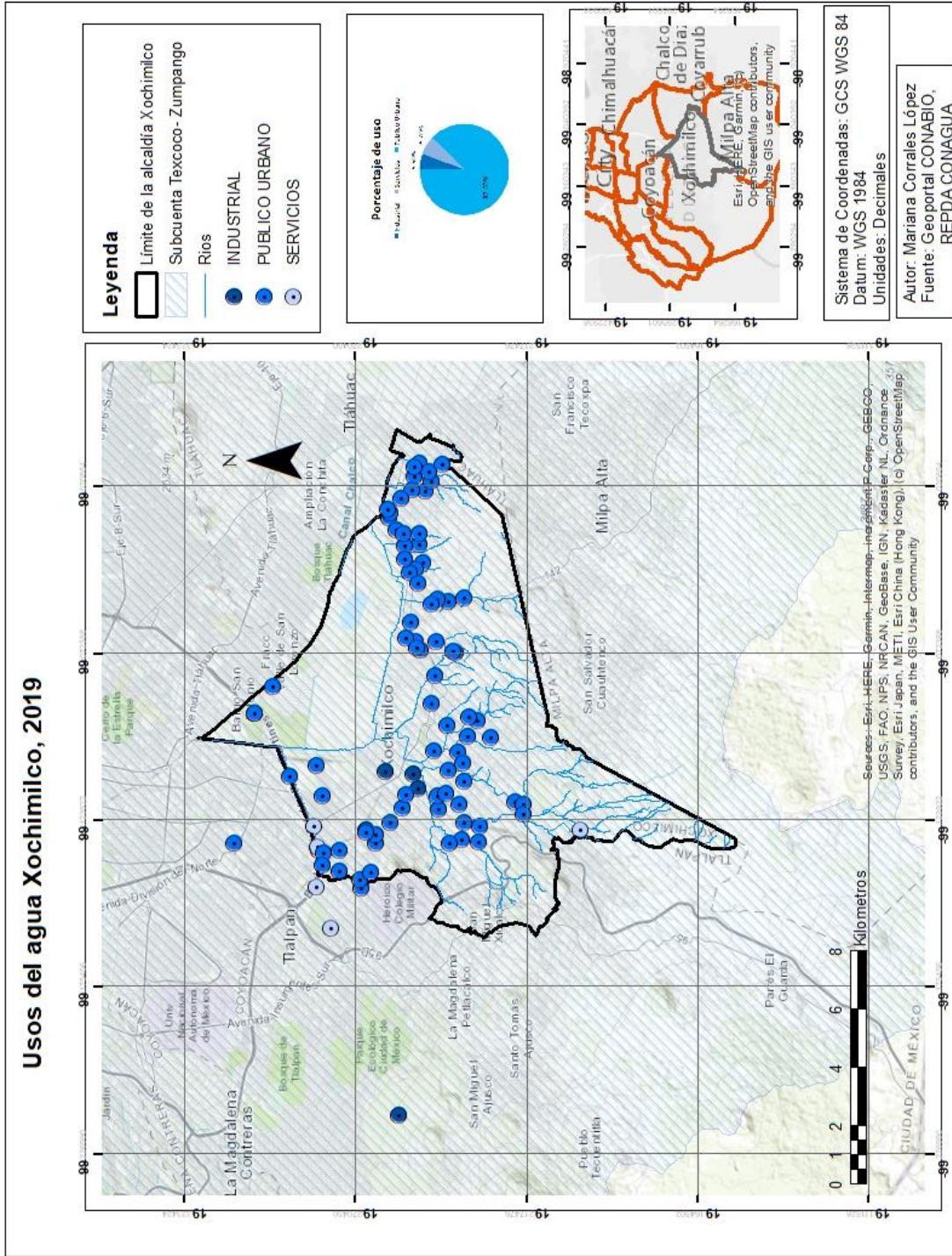
económicas tales como la agricultura y la industria, es decir se utiliza tanto para subsistir como para la producción e intercambio de bienes y servicios (Eco-Intellutions, 2019).

En la República Mexicana, el organismo encargado de regular las concesiones respecto a los usos de agua es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), dicho organismo cuenta con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), que es una base de datos que nos muestra a que institución, empresa o persona se le otorga el título de la concesión, además de algunos detalles como volúmenes de extracción y de descarga.

Los usos del agua se clasifican en consuntivos y no consuntivos; los primeros operan de forma que extraen el agua desde su origen, ya sea un depósito natural o artificial, y una vez utilizada en algún proceso (enfriamiento, riego,...) no se devuelve al sitio de extracción, entre los sectores que efectúan este uso se encuentran el agrícola, de abastecimiento público y las industrias autoabastecidas y termoeléctricas. En cuanto al uso no consuntivo, lo llevan a cabo los sectores hidroeléctricos y de conservación ecológica, los cuales como tal no realizan extracción o consumo del recurso (CONAGUA, 2019).

En el Registro Público de Derechos de Agua hasta el año 2019 se encuentran 89 concesiones para la alcaldía Xochimilco, la mayor parte se otorga al Sistema de Aguas de la Ciudad de México para su uso público urbano o doméstico, es decir el 87.6% como se muestra en el mapa 7 en donde también se muestra la ubicación de las zonas de extracción en las que se otorgan las concesiones, hay que recalcar que cada concesión puede tener uno o varios puntos de extracción, de la misma manera se muestran los usos de agua que tienen permitidos los concesionarios (REPDA, 2019).

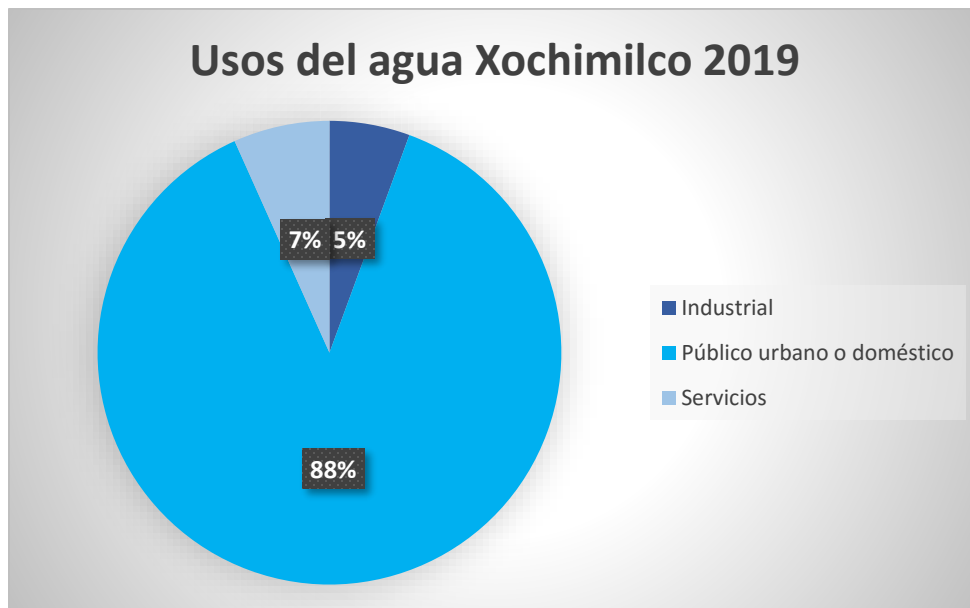
Mapa 7. Usos del agua



En el mapa 7 se observa la relación directa con el mapa número 5 en donde se muestra la ubicación de los pozos de extracción, lo cual indica que en la actualidad las concesiones que se otorgan en la alcaldía Xochimilco solamente son para aguas subterráneas.

A continuación, se muestra la gráfica que complementa el mapa anterior para su análisis.

**Figura 4. Gráfica de usos del agua**



Elaboró: Mariana Corrales López. Fuente: REPDA (2019)

Tanto en la gráfica anterior como en el mapa, se muestran los usos de agua por porcentajes que se otorgan para la alcaldía Xochimilco según el Registro Público de Derechos de Agua, mismas que solamente amparan los siguientes usos: industrial, público urbano o doméstico y servicios en los siguientes porcentajes:

- Público Urbano o doméstico, 88%
- Servicios, 5%
- Industrial, 7%

Al utilizarse la mayor parte del agua extraída para el abastecimiento público urbano que alude a la totalidad de agua potable que se entrega por medio de las redes para el abastecimiento de los usuarios domésticos (CONAGUA, 2011), se muestra que

es un indicador del crecimiento desmedido de la población y la mancha urbana en el último siglo, debido a que a medida que crece la población, aumenta la demanda de agua potable para su abastecimiento por lo que no es suficiente y por consiguiente hay algunas colonias que tienen tandeo de agua.

## **2.5 Antecedentes históricos de la gestión de agua en la zona de estudio**

A partir del siglo XIX y hasta el siglo XX, la alcaldía Xochimilco comenzó a verse como una fuente importante en cuanto a abastecimiento de agua potable, debido a sus abundantes manantiales, además de que el agua proveniente de ellos era potable sin necesidad de someterla a tratamiento previo.

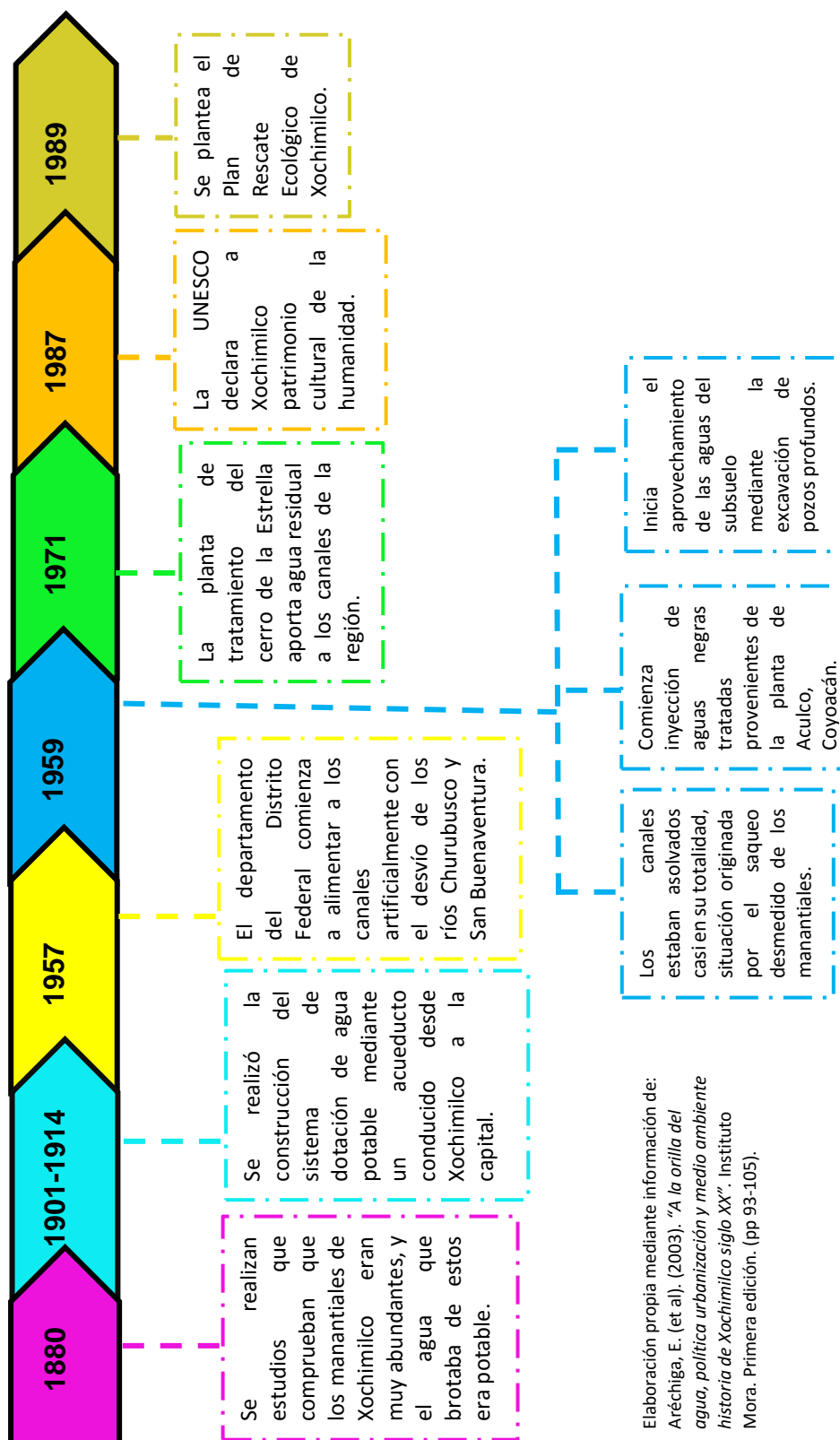
Fue a finales del siglo XIX que los acueductos que surtían a la Ciudad de México estaban al borde del agotamiento, además de que el agua que proveían era de mala calidad y estaba generando enfermedades estomacales. Todos estos factores en conjunto, lograron que se diera inicio a la explotación de los manantiales de Xochimilco, para lo que se construyó un acueducto de cemento armado, destinado a la extracción del recurso hídrico, y así convertir a la alcaldía en una de las principales fuentes proveedoras de agua potable para la capital del país.

No obstante, esa situación tendría consecuencias y en un periodo menor a 100 años la explotación del recurso generó el agotamiento de los manantiales, razón por la cual, se dio inicio a la explotación de agua subterránea por medio de pozos profundos, actividad que al realizarse de manera desmedida dio inicio a un proceso de hundimiento acelerado de suelo en algunos puntos de la alcaldía; se tiene un cálculo aproximado de que “entre 1982 y 1992 el hundimiento fue en promedio de diez centímetros anuales, y en la siguiente década alcanzaba hasta los 15 centímetros por año” (Aréchiga. E, 2003).

Debido al deterioro que se estaba generando se empezaron a generar acciones para mejorar la situación hasta llegar al planteamiento del “Plan de rescate ecológico de Xochimilco” en 1989, mismo del que se hablará más adelante. A continuación, se presenta una línea del tiempo que hace referencia a las acciones

de mayor importancia que se realizaron respecto al manejo del agua potable desde 1980 hasta 1989.

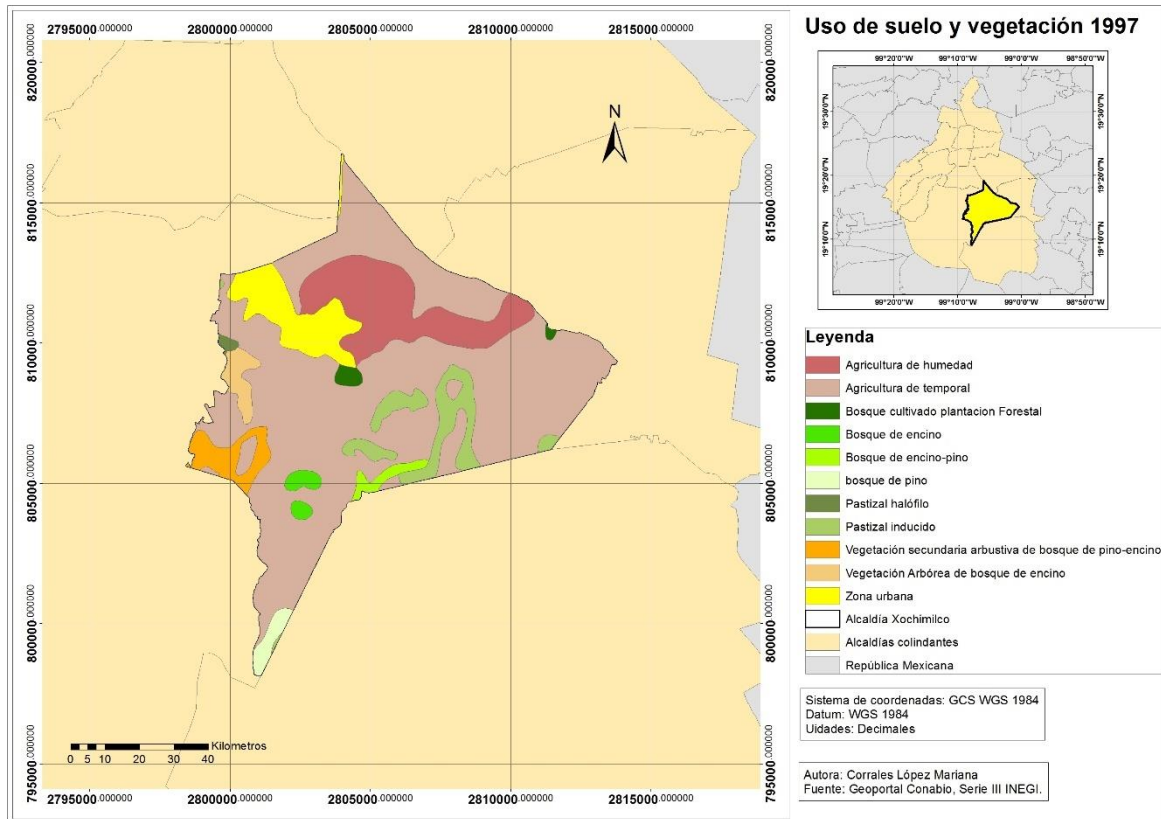
**Figura 5. Antecedentes del manejo del agua en Xochimilco siglos XIX y XX**



El factor que contribuyó en mayor medida al deterioro del sistema es la perturbación antrópica en la zona de estudio, lo que además trajo como consecuencia fallas en la calidad del agua, deficiencia en el abastecimiento de determinadas zonas, sobre extracción del recurso hídrico, hundimiento acelerado de suelo y deterioro ambiental.

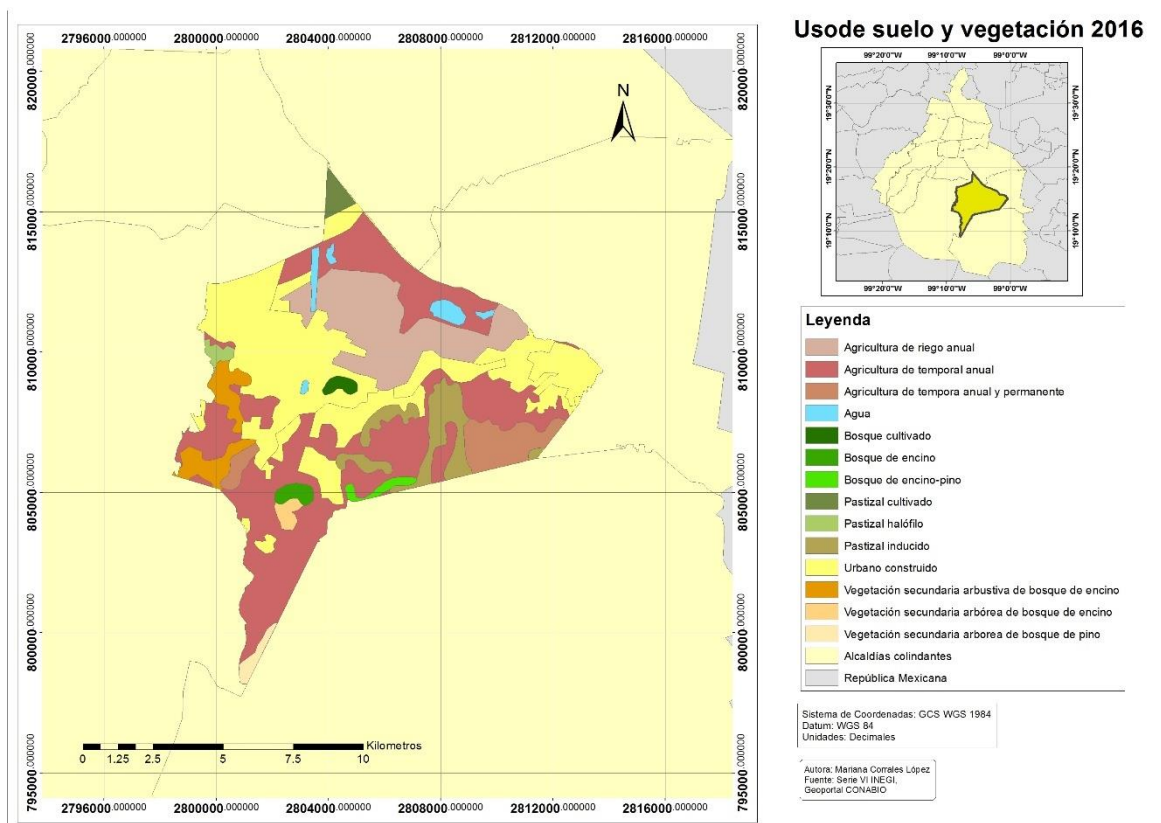
La perturbación antrópica, se puede medir mediante un análisis de cambio de uso de suelo, mismo que se presenta a continuación; cabe mencionar que dicho análisis se realizó mediante dos mapas 8 y 9 obtenidos de la serie I y VI de uso de suelo y vegetación del INEGI.

Mapa 8. Serie I, INEGI





## Mapa 9. Serie VI, INEGI



Mediante el análisis de los mapas que se presentan, se obtuvo la siguiente tabla que muestra la pérdida de uso de suelo respecto a los años 1997 y 2016.

Tabla 6. Cambio de uso de suelo					
Año	1997		2016		
Uso	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Pérdida%
Agrícola	101497507.4	79.4	71244958	55.7	23.7
Pastizal	7510545.04	5.8	8198247.21	6.4	-0.6
Zona Urbana	777371784.931	5.7	37734620.2	29.5	-23.8
Bosques	5320269.33	4.1	28822475.4	2.2	1.9
Vegetación Secundaria	6088992.93	4.7	60604336.3	4.7	0
Agua	0	0	1668361.93	0.13	0
<b>Total</b>	<b>1277892.93</b>		<b>127789099</b>		

Elaboró Mariana Corrales López. Fuente: series I (1997) y VI (2016) INEGI.

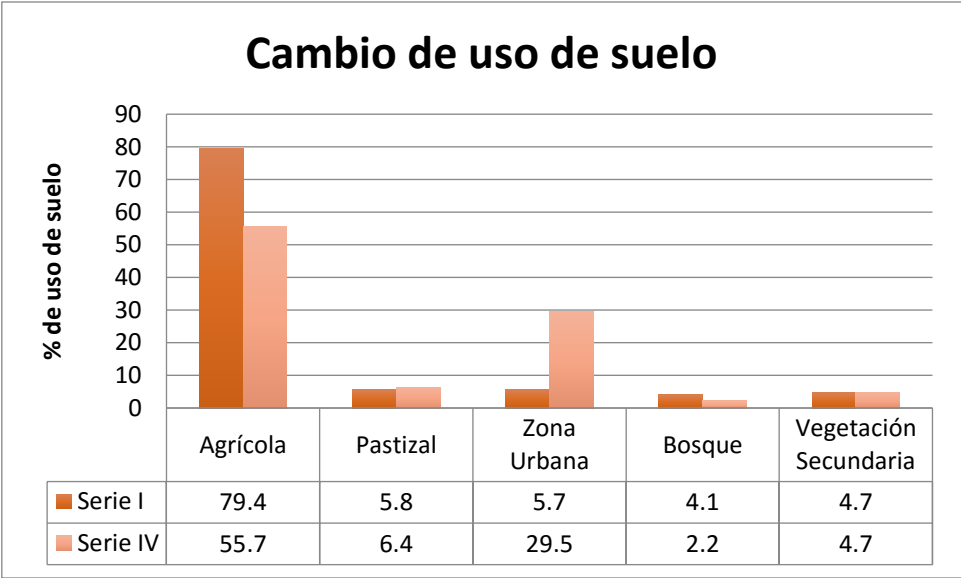


Al hacer una comparación entre ambos mapas de uso de suelo, se puede observar que hay una mayor pérdida en cuanto al uso agrícola ya que, del 79.4% que se utilizaba en el año 1997, para el año 2016 solamente se utilizaba el 55.7%, lo cual da un porcentaje de pérdida del 23.7%.

De tal manera que se ha favorecido el crecimiento de la zona urbana, misma en la que se observa un notorio crecimiento ya que, en 1997 su uso era en un 5.7% y en 2016 aumenta a 29.5%. Cabe mencionar que el aumento del uso para zona urbana, afectó otros usos, como son pastizal y bosques, y con esto también se observa la pérdida de cobertura en cuanto a vegetación, lo cual conlleva a la pérdida de especies faunísticas, e incluso es uno de los factores que provoca que se encuentre en peligro de extinción una especie que es endémica de la zona de estudio: el ajolote (*Ambystoma mexicanum*), así como a la mayor demanda del recurso hídrico, y a la mayor contaminación de los canales y cuerpos de agua.

A continuación, se presenta una gráfica que representa la pérdida de los usos de suelo según lo mencionado en el párrafo anterior.

**Figura 6. Gráfica de cambio de uso de suelo**



Elaboró: Mariana Corrales López. Fuente: series I (1997) y VI (2016) INEGI.

El cambio de uso de suelo se relaciona con el agua potable ya que, a medida que va creciendo la población y las áreas urbanas, aumenta la demanda del recurso, por lo que hay mayor extracción.

## **2.6 Cultura y gestión del manejo de agua potable**

La gestión del agua se compone de varios elementos entre ellos políticas, recursos, instrumentos, derechos, reglamentos, leyes y normas, de manera que coordinándose el Estado y los ciudadanos puedan promover el manejo del recurso hídrico para que sea sustentable y en beneficio tanto de la población como de la economía y del medio ambiente. Esta debe dar respuesta a problemas tales como su uso sostenible, la recuperación de su calidad, garantizar el abastecimiento de los habitantes a un precio accesible, gestionar la demanda para lograr un uso eficiente del recurso, así como garantizar sus usos económicos por ejemplo la industria y la agricultura.

En 1987, el territorio de Xochimilco fue declarado “Patrimonio Cultural de la Humanidad”, dos años después se comenzaron a tomar medidas para rehabilitar la demarcación y el lago integrando al gobierno, a los habitantes del lugar y a especialistas de diversas disciplinas con el único fin de rescatar la zona de estudio; para lo que se realizó una inversión de 200 millones de dólares entre 1989 y 1993, no obstante el choque entre las necesidades urbanas como vivienda e industria y las necesidades rurales para la producción de alimentos, ha llevado a una mala administración del agua poniendo como prioridad lo urbano. Además, el agua se concibe desde diferentes puntos de vista, por ejemplo los habitantes “urbanos” la ven como un elemento indispensable quitándole el valor económico; sin embargo la explotación del recurso para la satisfacción de las necesidades de los consumidores lo convierten en un elemento de la cadena de producción – consumo debido a los costos de extracción, transporte y probabilidad de agotamiento.

El plan incluía acciones como la expropiación de predios de los ejidos de los pueblos, así mismo se pensaba en la construcción de lagos reguladores y diques; sin embargo hasta la fecha no se han logrado dichos objetivos principalmente por las contradicciones que veían los productores chinamperos, y la más fuerte era que

después de haber aportado aguas de los manantiales durante décadas recibían a cambio aguas tratadas de manera deficiente, lo cual mantenía las chinampas pero hizo desaparecer numerosas especies de flora y fauna que habitaban principalmente en los canales y chinampas de Xochimilco, e incluso se formaron plagas como es el lirio acuático que prevalece hasta la fecha, además el gobierno no estaba tomando en cuenta las necesidades de los habitantes de la demarcación, lo que provocó una resistencia organizada por parte de los productores de la zona chinampera de Xochimilco (Canbal, B. 1981).

Actualmente, como parte de la gestión del agua, la alcaldía cuenta con el grupo promotor conformado por diversos grupos comunitarios comprometidos con la defensa y el manejo sustentable de los recursos naturales, esto incluye el agua potable; este grupo se llama “Grupo promotor, Cuenca Xochimilco y sus afluentes”, tiene como objetivo el rescate y la preservación de los recursos hídricos de la subcuenca Xochimilco y sus afluentes, para así gestionar y llevar a cabo un plan de manejo para que se logre el aprovechamiento sustentable de la subcuenca Xochimilco y su afluentes.

Para lograr una gestión adecuada de los recursos hídricos se requiere tomar en cuenta aspectos como la calidad, que se determina mediante las características físicas y químicas de muestras de agua de acuerdo a los estándares de calidad, y así se determina si es apta para el consumo humano.

Otro de los aspectos que se toma en cuenta dentro de la gestión son las tarifas al consumidor, este pago se realiza de manera bimestral dentro de la CDMX. A partir de 2010, la asamblea legislativa del Distrito Federal en coordinación con SACMEX y la Tesorería Local reestructuraron las tarifas que entraron en vigor el mismo año, esto en función de los índices de desarrollo por manzana, como se indica en la tabla 7.

<b>Tabla 7. Tarifas de cobro</b>	
<b>Clasificación</b>	<b>Costo bimestral (\$)</b>
Popular	196

Bajo	293
Medio	620
Alto	679

Elaboró: Mariana Corrales mediante información del artículo “Derecho Humano al Agua”, publicado en la Revista De Derechos Humanos. (Julio, 2015)

Hay que mencionar además que estos costos se realizaron tomado en cuenta que una vivienda gasta aproximadamente entre 36 y 40  $m^3$  de agua al bimestre.

Así mismo, el aspecto de los tandeos se relaciona directamente con el derecho humano al agua. En la demarcación hay 11 colonias que tienen tandeo y por lo regular reciben agua cada tercer día, pero las más afectadas incluso tardan hasta una semana razón por la cual, recurren a comprar agua proveniente de otras fuentes, por ejemplo, la pipa misma que si es particular tiene un costo aproximado de \$82 por  $m^3$ , y si es llevada desde un organismo público el costo es de \$20 por  $m^3$ ; también se compra el agua embotellada o de garrafón.

La cultura del agua también desempeña un papel esencial respecto a la gestión hídrica ya que incluye aspectos como la transformación individual y colectiva de valores, creencias, tradiciones, percepciones e incluso las acciones que llevamos a cabo en nuestra vida cotidiana.

Pero en muchas ocasiones la gente desconoce el valor económico que tiene el recurso debido a que, no están enterados de los procedimientos que se llevan a cabo para que el agua llegue a cada uno de nuestros hogares, además de que en muchos casos no se paga el servicio, o el monto no es muy alto; por ello es necesario que se inculque la cultura del agua en la población en general, pero también cada ciudadano debe asumir su responsabilidad respecto al cuidado y ahorro del recurso hídrico.

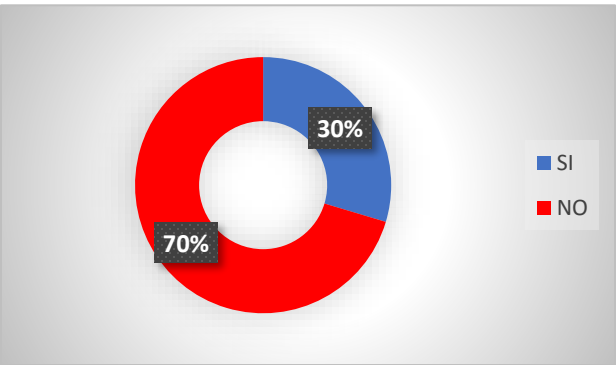
Por todo lo anterior surge la siguiente pregunta, ¿cómo se ha manejado la gestión y cultura del agua desde la percepción de los habitantes de la zona de estudio?

Para poder responder a ella, se planeó encuestar a 300 habitantes de la zona de estudio, sin embargo, como ya se mencionó en el primer capítulo, debido a la contingencia sanitaria de covid-19 que dio inicio en el año 2020, solamente se pudo

realizar una muestra de 27 encuestas en la zona centro de la Alcaldía Xochimilco, mismas en las que participaron 10 hombres y 17 mujeres de 18 años en adelante, estas personas son habitantes de diferentes pueblos y barrios de la alcaldía, cada encuesta contiene 13 preguntas enfocadas en la cultura y la gestión del agua potable; las encuestas se realizaron como un ejercicio de valoración de la percepción de la población. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**A) Cultura**

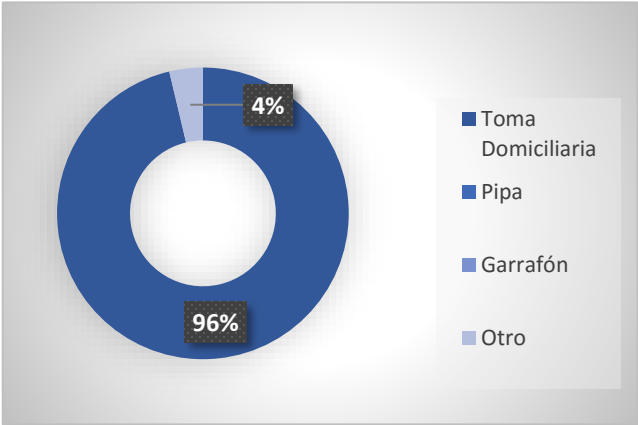
Figura 7. Gráfica de consumo de agua de llave



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

Al cuestionar a las personas encuestadas sobre el consumo de agua de “la llave”, poco más de la mitad, es decir 15 personas (55.5%) respondieron que no mientras que, 12 (44.4%) afirmaron que la consumen.

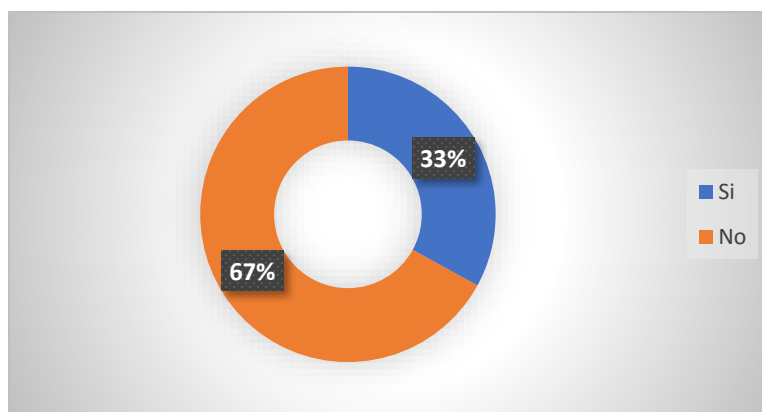
Figura 8. Gráfica del medio de llegada del agua potable



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

Tal como se muestra en la figura 8, el 96% (26 personas) de las personas encuestadas, reciben agua a través de toma domiciliaria, mientras que 4% (1 persona), la recibe por otro medio, en este caso se hizo mención de que se recibe por medio de bomba y nadie la recibe por medio de pipa o garrafón.

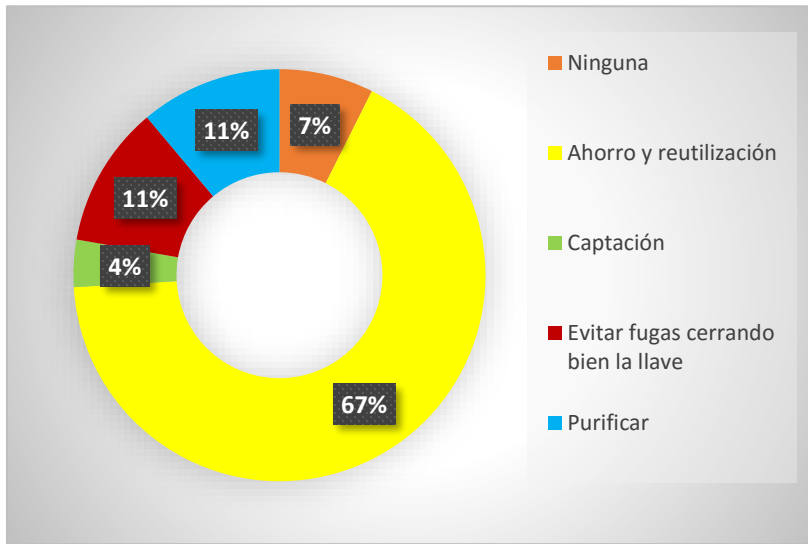
Figura 9. Gráfica de conocimiento sobre programas gubernamentales



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

En la figura 9 se muestra que, la mayoría de las personas encuestadas no conocen ningún programa relacionado con el cuidado del agua (67 %) mientras que, 9 personas (33%) respondieron que si conocen alguno; de esas 9 personas, 8 hablaron sobre el programa "Captación de agua de lluvia" y una mencionó el mantenimiento y cambio de tuberías.

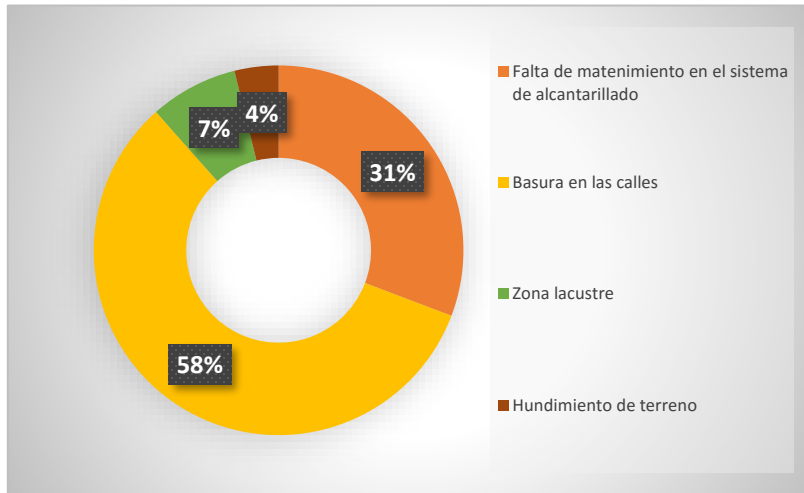
Figura 10. Gráfica de medidas para el cuidado del agua



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

Las personas encuestadas mencionaron diversas medidas que utilizan para cuidar el agua desde sus hogares, las cuales se registraron de la siguiente manera: el 67% (18) dijeron que ahorran y reutilizan el agua utilizando solo la necesaria, reutilizando el agua de la lavadora para actividades como lavar el patio, el carro, trapear o para el uso de WC; 11% (3) purifican el agua agregándole 3 gotas de cloro o hirviéndola; 11% (3) están pendientes de que sus tuberías no contengan fugas, además cierran bien la llave para evitarlo; 4% (1) recolecta el agua fría de la regadera antes de bañarse; y 7% (2) no utilizan ninguna medida.

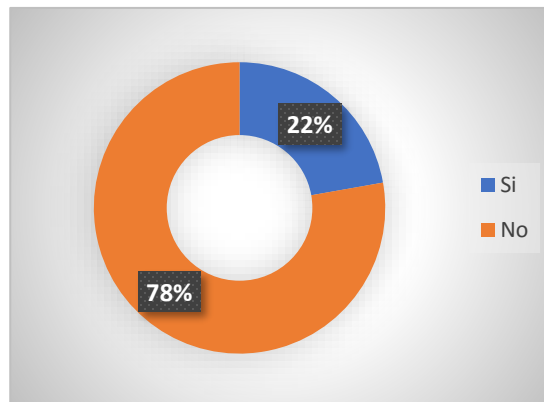
Figura 11. Gráfica de principales causas de inundaciones



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

La mayoría de las personas encuestadas (58%) dijo que las inundaciones en la demarcación se deben a la basura que se hay en las calles y tapa las coladeras, el 31% lo atribuye a la falta de mantenimiento en el sistema de alcantarillado, el 7% a que es una zona lacustre y tan solo el 4% al hundimiento de suelo.

Figura 12. Gráfica de hundimiento de terreno

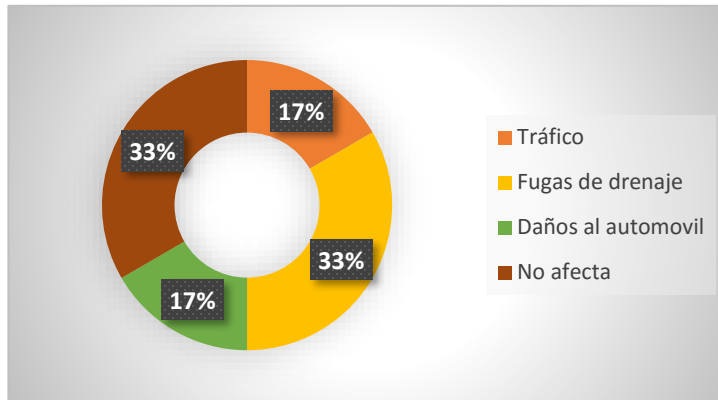


Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

La mayor parte de las personas encuestadas (78%) dijo que no tiene conocimiento de ningún socavón en la zona en la que vive y el 22% dijo que sí.



Figura 13. Gráfica de principales afectaciones a causa del hundimiento de terreno

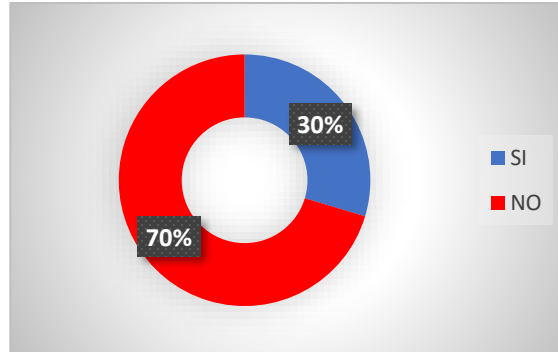


Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

De las 6 personas que contestaron que sí tienen conocimiento sobre algún hundimiento o socavón, al 17% le afectó por el tráfico, al 33% por las fugas en el drenaje, al 17% por daños al automóvil y al 33% restante no le afectó.

## B) Gestión

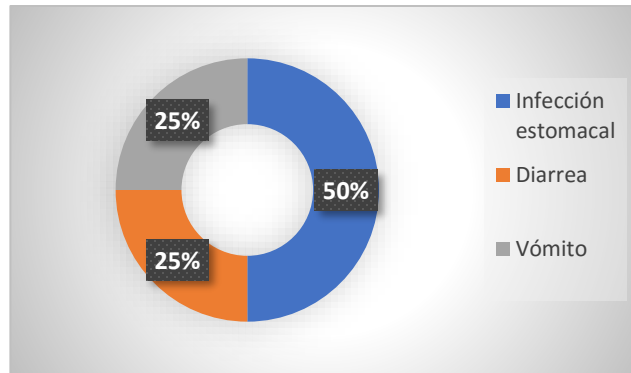
Figura 14. Gráfica de calidad del agua potable



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

En la figura 14 el 29.6% contestaron que: consideran que el agua que llega a sus hogares es totalmente potable, mientras que el 70.3% consideran que el agua no es del todo potable; de estos, el 40% mencionaron que el agua sale con “tierra” o basura y, un 3.7% que tiene sabor a cloro. En cuanto al porcentaje que respondió que el agua sí es potable, coinciden en que es debido a que es extraída de pozos y pasa por distintos filtros.

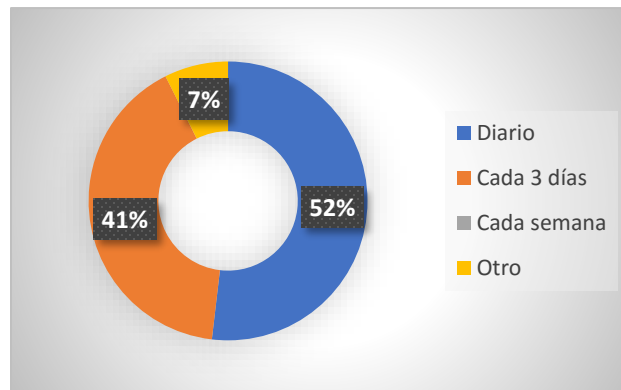
Figura 15. Gráfica de enfermedades causadas por consumo de agua de la llave



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizada

La figura 15, muestra el porcentaje en cuanto a las enfermedades estomacales que ha provocado a la población el consumir agua directamente de “la llave”, de 12 personas que afirmaron consumirla, 4 han sufrido enfermedades tales como, infección estomacal, diarrea y vómito.

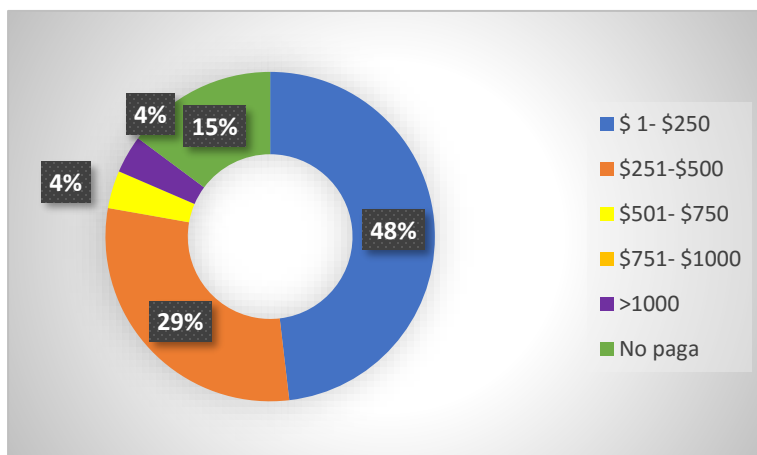
Figura 16. Gráfica de tandeo



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

La figura 16 muestra que, de 27 personas el 52% recibe agua diariamente, el 41% cada 3 días, o el 7% otro haciendo referencia en que la reciben cada mes, ninguno respondió cada semana.

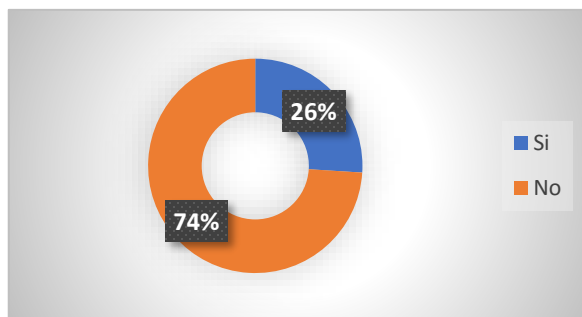
Figura 17. Gráfica de tarifas



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

Los resultados de la figura 17 referente a las tarifas de pago, se organizaron en 6 rangos arrojando lo siguiente: de 27 personas encuestadas, 13 (48%) pagan entre \$1 y \$250, 8 (29%) entre \$251 y \$500, 1 (4%) entre \$501 y \$750, cero entre \$751 y \$1000, una (4%) más de \$1000 y 4 (15%) no pagan por el servicio.

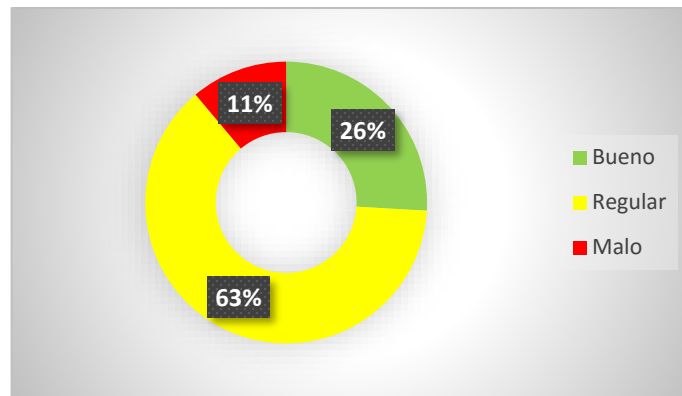
Figura 18. Gráfica de difusión de la cultura del agua



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

Los resultados que se muestran en la figura 18, dicen que: de 27 personas encuestadas, 20 (74%) no han recibido ningún tipo de información respecto a la cultura del agua, mientras que, 7 (26%) si la ha recibido.

Figura 19. Gráfica de la calificación del servicio de abastecimiento de agua



Elaboración propia mediante datos obtenidos en las encuestas realizadas

Los resultados de la figura 19 muestran que, al preguntarle a las personas encuestadas sobre la calidad del servicio de agua potable en la alcaldía, lo calificaron de la siguiente manera: el 26% (7) dijo que ha sido bueno, el 63% (17) que es regular y, el 11% (3) lo calificó como malo.

Las respuestas negativas “malo” y “regular”, apuntan a la falta de mantenimiento en la infraestructura, además de que llega sucia o en ocasiones no hay; en cuanto a la respuesta “bueno”, mencionaron que el servicio no les ha fallado.

Haciendo un análisis a los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a habitantes de la alcaldía Xochimilco, se puede decir que el hecho de que haya tandeo en algunas colonias e incluso el recurso llegue a faltar, genera en los habitantes de la demarcación la inquietud por el cuidado y ahorro del agua; por ejemplo, muchos de ellos reutilizan el agua que queda al vaciar la lavadora para el riego de plantas, lavar su patio, para el uso del WC o para el lavado del carro, de la misma manera almacenan el agua fría de la regadera y la utilizan para las mismas actividades. Esto es indicador de que la población le da importancia al tema del cuidado del agua y a pesar de que a la mayor parte no se le brinda información acerca de ello, han buscado la manera por sus propios medios.

También es importante hacer mención de que la calidad del servicio es deficiente, debido a que tiene sabor a cloro e incluso en ocasiones sale sucia lo que ha llevado

a que ya no haya consumo de agua de la “llave”, y se haga un gasto extra en garrafrones de agua purificada.

No obstante, en algunos puntos de la Ciudad de México incluyendo algunas colonias de la alcaldía Xochimilco, Tláhuac, Iztapalapa, Milpa Alta y Tlalpan se implementa el programa “Cosecha de lluvia”, dicho programa fue el único mencionado por algunas de las personas encuestadas, este es operado por la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) por medio de la Dirección General de Coordinación de Políticas de Cultura Ambiental. El programa tiene como objetivos principalmente la reducción de agua a al sistema de drenaje y disminuir el riesgo de inundación, así como la no sobre explotación del acuífero para así poder contribuir a su recuperación y así utilizar el agua cosechada para uso doméstico.

Mediante este programa se instala un sistema de captación de lluvia en los hogares de los beneficiarios, además se les capacita e informa por medio de pláticas comunitarias acerca de las problemáticas y el uso del sistema que se instala y también se les dan seguimiento. Sin embargo, no beneficia a todas las colonias.

En la actualidad es el programa ya no es vigente para la zona de estudio, sin embargo, también se han realizado algunos proyectos como la restauración de la Presa del Pato también conocida como presa San Lucas, involucrando a los habitantes de la demarcación, en este caso mediante faenas de recolección de basura para la limpieza de la misma. A través este proyecto se pretendía captar el agua de lluvia en la presa para inyectarla al sistema de canales de la alcaldía, no obstante este proyecto no tuvo el éxito esperado por que la obra no se concluyó.

Hay que recalcar que estas actividades no fueron mencionadas ya que, según los encuestados, la alcaldía no brinda una distribución suficiente en cuanto a la información de programas o medidas respecto al agua potable entre los habitantes.

De la misma manera, en cuanto a lo que a riesgos se refiere la gente no le ha tomado tanta importancia, ya que la mayoría no se ha visto afectada ni por el hundimiento acelerado de suelo, ni por las inundaciones.

## 2.7 Problemáticas respecto al agua potable

Mediante los resultados obtenidos en las encuestas se identificaron las siguientes problemáticas por zona, éstas se enlistan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Problemáticas identificadas por zona	
Zona	Problemáticas
Xochimilco centro	El agua llega con partículas oscuras, ha provocado infección estomacal, el pago del servicio, varía entre \$200 y \$600, no tienen conocimiento de los programas que brinda el gobierno y hay una falta de mantenimiento en el sistema de alcantarillado.
Santa Cuz Acalpixca	El agua llega sucia, hay falta de mantenimiento en el sistema de alcantarillado
Santiago Tepalcatlalpan	Tiene sabor a cloro y sale sucia por lo que no la consumen, no reciben información acerca del cuidado del agua, en el último año si han visto hundimiento de terreno, lo cual les ha provocado principalmente problemas en cuanto al automóvil.
San Lucas, La Cañada	El agua llega con basura, por lo que no la consideran apta para el consumo, han sufrido enfermedades estomacales como vómito y diarrea, reciben agua cada tercer día.
San Lucas Xochimanca	A pesar de que los habitantes consideran que el agua es potable, no consumen agua de la llave, reciben agua cada tercer día, el costo es muy bajo entre los \$95 y \$300, la mayoría no conocen los programas que brinda el gobierno, hay basura en las calles por lo que consideran que es la principal causa de inundaciones.
San Gregorio Atlapulco	No saben exactamente de donde se extrae, algunos no tienen toma domiciliaria y la reciben por medio de bomba aproximadamente cada mes, no tienen conocimiento de los programas de gobierno.
San Lorenzo La Cebada	El agua sale sucia.
San Luis Tlaxialtemalco	El agua llega sucia, no reciben información acerca del cuidado del agua.
Pozo 5	Reciben agua 2 veces a la semana, el costo es muy bajo, va de \$50 a \$120, no reciben información acerca del cuidado del agua.

San Lucas Oriente	No tienen conocimiento del estado de la infraestructura hidráulica, reciben agua cada tercer día, no se les brinda información acerca del cuidado del agua, los encharcamientos generados por el hundimiento de terreno generan daños al automóvil.
San Mateo Xalpa	Algunos no pagan servicio de agua potable.
Santa María Nativitas	El agua llega sucia.
Santa Cruz Xochitepec	El agua llega sucia, reciben agua cada tercer día, no conocen los programas que brinda la alcaldía respecto al cuidado del agua.

Elaboró: Mariana Corrales López, mediante las encuestas aplicadas a habitantes de la alcaldía Xochimilco

En la tabla 8 se observa que en general las principales problemáticas son que el agua llega sucia y con sabor a cloro, hay bastante diferencia en cuanto a los costos del servicio y el tandeo, y no se tiene conocimiento de los programas brindados por la alcaldía ni a cerca del cuidado del agua.

Como ya se ha dicho, La alcaldía Xochimilco ha sido durante más de un siglo una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para algunos puntos de la Ciudad de México, lo que genera una situación de escasez del recurso hídrico, así como la sobre explotación de los mantos acuíferos, esto se debe también al crecimiento de la mancha urbana y al incremento desmedido de la población.

Hay que mencionar también que la gestión del recurso no ha sido la adecuada puesto que aunque se ha intentado implementar proyectos para la restauración del sistema, se han puesto por delante las necesidades políticas que incluyen el abastecimiento para toda la ciudad de México, así como para la actividad industrial y no se ha tomado del todo en cuenta a la población de la demarcación quienes en muchas ocasiones requieren el uso del recurso para sus actividades económicas, como es el caso de la zona chinampera; cabe recalcar que la inyección de aguas tratadas en los canales a pesar de ayudar al mantenimiento de las chinampas, generó el deterioro ambiental del ecosistema, provocando así la extinción de algunas especies tanto de flora como de fauna y generando incluso algunas plagas

que prevalecen, tal es el caso del lirio acuático, también que la captación de aguas residuales en las fuentes superficiales ha tenido influencia.

Además, la explotación excesiva del recurso, trajo consecuencias como el hundimiento acelerado de suelo o, y con ello los socavones, inundaciones y desnivel en los canales.

De la misma manera la calidad del agua no es del todo adecuada, esto debido a que en muchas ocasiones llega con basura, o tiene sabor a cloro incluso ha provocado en algunos habitantes enfermedades estomacales como son la diarrea y el vómito; por estas razones, la mayoría de la gente ya no consume agua de la llave y compran agua purificada o de garrafón para su consumo.

Así mismo en muchas ocasiones no se distribuye la información acerca de los programas y medidas para el cuidado del agua, por lo que la gente muchas veces no tiene una cultura del agua.

Además de la aplicación de encuestas, se realizó la revisión de siete notas periodísticas en relación al suministro de agua potable en la alcaldía Xochimilco, publicadas en los años 2017, 2018, 2019 y 2020 con el fin de detectar problemáticas mencionadas en estas, obteniendo lo siguiente:

A inicios del año 2017 se formó una grieta en el embarcadero Zacapa ubicado en el pueblo Santa María Nativitas, Xochimilco, misma que menciona Mandujano, R. (2017), en la nota periodística *“Sobre extracción de mantos acuíferos provoca grieta en Xochimilco”*, en la que investigadores del Instituto de Geología de la UNAM la relacionan con la sobre explotación de los mantos freáticos en la alcaldía.

También se encontró que, tras los sismos ocurridos el 7 y 19 de septiembre del año 2017, hubo múltiples fracturas en la red de agua potable de la demarcación, por lo cual se realizó el suministro por medio de pipas y vigilado por la PROFECO (Aristegui, C. 2017).

Así mismo, algunas notas periodísticas señalan que, la extracción de agua en la zona de estudio, representa un 20% del abasto para la Ciudad de México en general, ya que de  $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$ , tan solo  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  se utiliza para consumo interno



(Mendoza, R. 2018), además señalan que la infraestructura hidráulica ya se encuentra muy deteriorada, por lo que los tubos tienden a quebrarse y a consecuencia se pierde líquido; está es una de las principales razones por la que el agua tiende a faltar en ocasiones más de 20 días en algunas zonas de la demarcación, además de que se ha reportado la existencia de algunas tomas clandestinas (Quintero, J. 2019). Las constantes fallas en el suministro de agua potable, provocaron en repetidas ocasiones las protestas de los habitantes de la zona de estudio (Andrade, M. 2020).

A manera de conclusión del presente capítulo y, como habitante de la alcaldía Xochimilco, considero que el sistema agua potable es deficiente sobre todo en cuanto a calidad ya que, como lo mencionaron en las encuestas aplicadas el agua suele tener partículas oscuras o sabor a cloro, por lo que, por ejemplo de manera particular en mi casa, no bebemos el agua directamente de la llave sino agua purificada de garrafón; en cuanto a tarifas y tandeo, el sistema en pocas ocasiones ha llegado a fallar y tenemos un costo fijo de \$179 bimestrales.

Además, como gran parte de las personas encuestadas tomamos medidas en cuanto a el ahorro y reutilización del agua tales como: utilizar el agua de la lavadora para lavar el patio y en ocasiones para WC, a pesar de que no recibimos información respecto al uso del agua potable. Así mismo, a pesar de que en lo personal no tenemos tantos problemas respecto al servicio, en la zona si los tienen y en repetidas ocasiones incluso llegan a cerrar calles debido a problemáticas con el servicio de abastecimiento de agua potable.

Con el fin de reforzar esta valoración, a continuación se muestra la tabla 9 en la que se habla del censo 2010 llevado a cabo por el INEGI, en el que se cuestionó a la población respecto al servicio de abastecimiento de agua potable mediante algunas preguntas incluidas en el apartado de vivienda:

<b>Tabla 9. Censo de población y vivienda INEGI 2010. Preguntas relacionadas al agua potable</b>	
<b>Total de viviendas particulares habitadas que disponen de agua de la red pública en el ámbito de la vivienda</b>	<b>86, 446</b>
<b>Pregunta</b>	<b>Porcentaje %</b>
Viviendas con agua entubada	93.1
Viviendas con drenaje	98.1
Viviendas con agua entubada dentro de la vivienda	70.5
Viviendas con Tinaco	82.1
Viviendas con Cisterna o aljibe	39.7

Elaboró Mariana Corrales López. Fuente: Banco de Indicadores INEGI, 2010.

En la tabla 9 se muestran cinco preguntas realizadas en el censo de población y vivienda del INEGI en año 2010 en la alcaldía Xochimilco, las preguntas se relacionan con el servicio de agua potable, así mismo se muestra que hay un total de 86,446 viviendas particulares habitadas que cuentan con disponibilidad de agua de la red pública, cabe mencionar que el total de viviendas particulares habitadas es de 117, 113, es decir, más de la mitad dispone de este servicio.

Del total de viviendas habitadas que disponen de agua de la red pública, el 93.1% cuenta con agua entubada, de las cuales el 70.5% se encuentra dentro de la vivienda. El 98.1% cuenta con servicio de drenaje, el 83.1 tiene tinaco y el 39.7% cisterna o aljibe.

Cabe mencionar que estos datos no son comparables con la cantidad de encuestas que se realizó, sin embargo, muestra datos equiparables con la población total real de la zona de estudio.

### **Capítulo 3. Propuesta para la mitigación de la problemática de manejo de agua potable para el área de estudio.**

El propósito de este capítulo es mostrar una valoración del sistema agua potable de la alcaldía Xochimilco, con el fin de medir la eficiencia de la gestión actual del recurso hídrico de acuerdo a la percepción de una parte de la población, para así plantear una propuesta de mitigación de las problemáticas identificadas en lo que respecta al agua potable y así plantear una propuesta para mejorar la gestión y la cultura de la misma. Así mismo, se hablará sobre las fortalezas y limitaciones de la metodología utilizada.

#### **3.1 Valoración del sistema agua potable de la zona de estudio**

Existen diversas metodologías que se utilizaron a nivel global con el fin de medir la sostenibilidad hídrica de una cuenca, así como de la gestión de los sistemas de agua potable.

A partir de la publicación del Informe Brundtland (1987) en donde se habla sobre "sostenibilidad", diversas instituciones y organizaciones han desarrollado herramientas de valoración asociadas a indicadores referentes a este término. A través de los índices aplicados a los recursos hídricos se identifican factores que aportan mejoras a la gestión de los mismos de modo que, la información obtenida pueda ser utilizada tanto para conocer la situación actual del recurso, como para contribuir a la toma de decisiones en materia de gestión.

Uno de los índices que más se ha utilizado en materia de gestión de recursos hídricos es el Índice de Sostenibilidad de Cuencas o por sus siglas en inglés (WSI) propuesto por Henrique Chaves y Suzana Alipaz en el año 2007, éste ha sido aplicado por distintos investigadores especialmente en Centro América y América del sur, por ejemplo: Margarita Preciado Jiménez, Javier Aparicio, Alberto Güitrón de los Reyes y Jorge Arturo Hidalgo Toledo en su artículo "*Aplicación del índice de Sustentabilidad WSI Lerma-Chapala Basin*", así mismo, Javier Senent Aparicio, Julio Pérez Sánchez y Alicia M. Bielsa-Artero en su artículo "*Evaluación de la*

*sostenibilidad de cuencas mediterráneas semiáridas. Caso de estudio: Cuenca del Segura, España”.*

A continuación, se presenta la valoración del sistema agua potable en la alcaldía Xochimilco basada en el índice de sostenibilidad de cuencas (WSI), para lo que se adaptaron datos obtenidos en el diagnóstico del sistema agua potable realizado en el capítulo anterior. Los indicadores y las variables para evaluar la sostenibilidad hídrica según el Fondo Fiduciario para la conservación del Hábitat (2003), deben ser:

- Disponibles: los indicadores y variables deberán estar disponibles al público y ser de fácil acceso.
- Comprensibles: los indicadores y variables deben ser comprensibles para todo tipo de audiencia.
- Creíbles: la información debe ser válida, confiable y científicamente comprobable.
- Relevantes: la información debe manifestar cambios en la gestión y actividades realizadas en la zona de estudio
- Integrativos: los indicadores y variables deben mostrar las relaciones entre los aspectos ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad de cuenca.

De acuerdo con el índice establecido por Chaves y Alipaz (2007) y a los criterios anteriores, para aplicar la metodología se utilizan los siguientes 4 indicadores: hidrología (H), ambiente (E), vida humana (L) y política (P), “*con el fin de establecer una dimensión integral*” (H, Chaves y S, Alipaz. 2007) aplicando también el modelo de Presión- Estado- Respuesta (P-E-R) para cada uno de los indicadores, en donde:

- Presión. Describe los impactos que se producen a través de las actividades humanas sobre el medio ambiente.
- Estado. Muestra la calidad del medio ambiente y recursos naturales.

- Respuesta. Muestra la medida en que la sociedad responde a los cambios ambientales y su preocupación por los mismos.

Para aplicar la metodología a esta investigación, se realizó la adaptación de los datos obtenidos en el capítulo 2 de acuerdo al WSI, ya que este índice fue diseñado para medir la sostenibilidad de la cuenca en general, por lo que además se delimitará a la zona de estudio utilizando las variables que se muestran en la tabla 10.

<b>Tabla 10. Indicadores que se utilizarán para el WSI</b>			
<b>Indicadores</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Respuesta</b>
Hidrología (H)	Extracción	Disponibilidad del recurso hídrico	Programas que brinda la alcaldía
Ambiente (E)	Cambio de uso de suelo	Causa principal de las inundaciones	Plantas de tratamiento
		Hundimiento de terreno	
Vida (L)	Usos de agua	Tarifas	Medidas para el cuidado del agua que implementa la población
		Tandeo	Consumo de agua de la llave
Política	¿El agua que llega a los hogares es potable?	Calificación del servicio por la población	Difusión de programas para la cultura del agua

Elaboró: Mariana Corrales López. Fuente: Pérez J (2016). Revista Tecnología y ciencias del agua Vol. 7

Considerando la propuesta de Henrique Chaves y Suzana Alipaz (2007), cada uno de los elementos del cuadro se evaluarán por separado, otorgándole un valor de entre 0 y 1 a cada uno, la puntuación se otorgará de acuerdo a un rango de porcentajes establecido de la siguiente manera:

- 0%= 0
- 1%-25% = 0.25
- 26%-50%= 0.50
- 51%-75%= 0.75
- 76%-100%= 1.0

Así se obtiene el nivel de sostenibilidad de la cuenca.

Cabe mencionar que, la escala de puntuación se realiza así debido a que según Chaves y Alipaz (2007), de este modo se facilita la estimación de los niveles de las variables tanto para los datos cuantitativos como cualitativos, de esta manera se les otorga a los indicadores el mismo peso. De la misma manera, los datos que se valoraran en cuanto a el modelo del P-E-R se adaptaron de acuerdo a la percepción de los resultados al aplicar encuestas a habitantes de la zona de estudio.

El primer elemento del indicador Hidrología (H) en cuanto a presión, es la extracción del recurso, para valorar este elemento se tomará en cuenta como nivel, el porcentaje de los  $m/s^2$  de agua que se extraen que se destinan al consumo interno de la zona de estudio:

Tabla 11. Valoración del parámetro de Presión para el indicador Hidrología (H): Extracción			
Indicador	Parámetros de Presión	Nivel	Puntuación
Hidrología	Extracción	De $3.2 m/s^2$ que se extraen $1.0 m/s^2$ es para consumo interno:  $3.2 m/s^2 = 100\%$  $1.0 m/s^2 = 31\%$	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Como siguiente apartado, está el parámetro de estado que es la disponibilidad del recurso hídrico, misma que se maneja en porcentaje por lo cual se le otorgará la puntuación siguiendo los valores del parámetro anterior.

<b>Tabla 12. Valoración del parámetro estado para el indicador hidrología: Disponibilidad del recurso</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Estado</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Hidrología	Disponibilidad del recurso hídrico	Cobertura total= 95%	1.0

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

El próximo apartado es el de Respuesta que incluye el elemento “programas”, se valorará a partir del resultado de una de las preguntas que contienen las encuestas aplicadas, esta es: ¿Conoce algún programa que se esté llevando a cabo en cuanto al cuidado del agua?, la siguiente puntuación se llevó a cabo de acuerdo al porcentaje de personas que respondieron positivamente como se muestra en la tabla 13:

<b>Tabla 13. Valoración del parámetro respuesta para el indicador hidrología (H): Programas</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Respuesta</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Hidrología	Programas	Porcentaje de personas que respondieron positivamente:  33%	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Una vez obtenidos los resultados de cada indicador, se calculó un promedio general de los 3 parámetros siguiendo la siguiente ecuación:

$$(P+E+R) / 3=$$

$$(0.50+1.0+0.50) = 2/3= 0.66$$

A continuación, se realiza la valoración del indicador Ambiente (E), iniciando por el parámetro de presión, éste se maneja de acuerdo al porcentaje de la zona urbana de acuerdo a los datos más recientes que son del año 2016.

Tabla 14. Valoración del parámetro de Presión para el Indicador Ambiente (E): Cambio de uso de suelo			
Indicador	Parámetros de Presión	Nivel	Puntuación
Ambiente (E)	Cambio de uso de suelo	(% de la zona urbana en 2016) = 29.5	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

En el siguiente apartado que es el de Estado se incluyen los parámetros: causa principal de las inundaciones y hundimiento de terreno, el primero se valorará de acuerdo con el porcentaje que obtuvo la opción que la mayoría de personas encuestadas opinan que es la principal causa de las inundaciones, mientras que el segundo, se obtendrá de los resultados obtenidos en cuanto a la siguiente pregunta: “¿En el último año, ha sabido de algún hundimiento o “socavón” en la zona en la que vive?” de acuerdo al porcentaje que respondió de manera afirmativa.

Tabla 15. Valoración del parámetro Estado para el indicador Ambiente (E): Causa principal de las inundaciones, Hundimiento de terreno			
Indicador	Parámetros de Estado	Nivel	Puntuación
Ambiente (E)	Causa principal de las inundaciones	% principal causa de las inundaciones (Basura en las calles) = 58%	0.75
	Hundimiento de terreno.	% de personas que han sabido de algún hundimiento de terreno en la zona que habitan= 22%	0.25

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Como en este caso son dos parámetros los que se evalúan, en seguida se calcula el promedio de ambas puntuaciones:

$$(0.75 + 0.25) = 1/2 = 0.50$$



por lo tanto, el promedio de la puntuación de los parámetros de estado para el indicador “E” es de 0.50.

En lo que sigue se realiza el cálculo del parámetro de Respuesta que tiene como elemento las plantas de tratamiento en cuanto al porcentaje de operación que presentan las 10 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la alcaldía

<b>Tabla 16. Valoración del parámetro Respuesta para el indicador Ambiente (E): Plantas de tratamiento de aguas residuales</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Respuesta</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Ambiente (E)	Plantas de Tratamiento de aguas residuales	(% de operación de las PTAR 2016) = 49%	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

De la misma manera que para el indicador anterior, se realiza el cálculo de la puntuación general, de acuerdo a las puntuaciones de los parámetros analizados:

$$(0.50 + 0.50 + 0.50) = 1.50/3 = 0.50$$

En seguida se realiza la valoración para el indicador Vida (L), dando inicio con el parámetro de presión, a este se le otorga la puntuación de acuerdo al porcentaje de concesiones que se dan al uso público urbano o doméstico que hace referencia al abastecimiento de la población:

<b>Tabla 17. Valoración del parámetro de Presión para el indicador Vida (L): Usos del agua</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Presión</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Vida (L)	Usos del agua	% de concesiones otorgadas para el uso público urbano = 88%	1

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Seguidamente se hace la valoración para el parámetro de Estado que incluye los siguientes elementos: tarifas y tandeo, el primero de acuerdo al porcentaje de

personas que pagan un costo dentro de la tarifa popular que es de \$196, y el segundo, de acuerdo con el porcentaje de habitantes que reciben el agua por tandeo cada tercer día, ya que es lo regular.

**Tabla 18. Valoración de los parámetros de Estado para el indicador Vida (L): Tarifas, Tandeo**

Indicador	Parámetros de Estado	Nivel	Puntuación
Vida (L)	Tarifas	% de habitantes que pagan una tarifa popular =48%	0.50
	Tandeo	% de personas que reciben tandeo cada tres días = 41%	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Ambos elementos obtienen un valor de 0.50, por lo tanto, la puntuación general del parámetro de estado es de 0.50.

Luego se realiza la puntuación de los parámetros de Respuesta que incluyen los siguientes elementos: Medidas que implementa la población para el cuidado del agua y consumo de agua de la llave, para el primer parámetro se toman en cuenta las calificaciones de acuerdo con el porcentaje de habitantes que utiliza cada medida para obtener un promedio general de dichas calificaciones, mientras que para el segundo parámetro, se tomaran en cuenta las respuestas positivas a la pregunta ¿Consumo agua de la llave?, misma que se incluyó en las encuestas realizadas:

**Tabla 19. Indicadores de los Parámetro respuesta para el indicador Vida (L): Medidas para el cuidado del agua, Consumo de agua de “La llave”**

Indicador	Parámetros de Respuesta	Nivel	Puntuación
Vida (L)	Medidas para el cuidado del agua	Purificación= 11%	0.25
		Evitar fugas= 11%	0.25
		Captación= 4%	0.25

		Ahorro y reutilización = 67%	0.75
	Consumo de agua de "la llave"	% de personas que consumen agua de la llave= 30%	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Para el primer parámetro se obtuvo que, el promedio de calificación es de 0.37. En seguida se realiza el cálculo del promedio general para los parámetros de respuesta:

$$(0.37 + 0.50) = 0.87 / 2 = 0.43$$

Por lo tanto, el promedio de parámetro de respuesta es de 0.43.

Seguidamente se realiza el cálculo general para el parámetro Vida (L):

$$(1 + 0.50 + 0.43) = 1.93 / 3 = 0.64$$

Entonces, el promedio general para el indicador "L" es = 0.64

Posteriormente se presentan las puntuaciones que corresponden al último indicador que es Política (P). Para el parámetro de presión se toma en cuenta el elemento "¿El agua que llega a los hogares es potable?", pregunta que se realizó en las encuestas realizadas para el diagnóstico, para esto se incluye el porcentaje de habitantes que brindaron una respuesta positiva como se presenta en seguida:

<b>Tabla 20: Valoración del parámetro de Presión para el indicador Política (P): ¿El agua que llega a los hogares es potable?</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Presión</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Política (P)	¿El agua que llega a los hogares es potable?	% de habitantes que respondieron de manera afirmativa: 30%	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

Como siguiente paso, se presenta la puntuación para el parámetro Estado, mismo en el que se considera la calificación del servicio por parte de la población, en este único caso la valoración será de la siguiente manera otorgando el puntaje que dijo la mayor parte de las personas encuestadas:

- Malo = 0
- Regular = 0.50
- Bueno = 1

<b>Tabla 21. Valoración del parámetro de Estado para el indicador Política (P): Calificación que otorga la población al servicio de abastecimiento de agua potable.</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Estado</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Política (P)	Calificación que otorga la población al servicio de abastecimiento de agua potable	% más alto "regular" = 63%	0.50

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

A continuación, se muestra la valoración para el parámetro de respuesta que incluye como elemento la difusión de información por parte de la alcaldía hacia los habitantes en lo que a cuidado del agua concierne, por lo tanto se tomará en cuenta el porcentaje de habitantes que respondió positivamente al siguiente cuestionamiento: ¿Ha recibido información acerca del cuidado del agua por parte de la alcaldía?

<b>Tabla 22. Valoración del parámetro de Respuesta para el indicador de Política: Difusión de la información acerca del cuidado del agua por parte de la alcaldía.</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Parámetros de Respuesta</b>	<b>Nivel</b>	<b>Puntuación</b>
Política (P)	Difusión de la información acerca del cuidado del	% que respondió de manera positiva= 26%	0.50

	agua por parte de la alcaldía.		
--	--------------------------------	--	--

Elaboró: Mariana Corrales López basado en las encuestas del capítulo 2.

En seguida se realiza el cálculo de la puntuación para el indicador “P”:

$$(0.50 + 0.50 + 0.50) = 1.50 / 3 = 0.50$$

Por consiguiente, la puntuación para dicho indicador es de 0.50.

Para obtener la ponderación final, se utilizan los valores obtenidos en cada uno de los indicadores calculando el promedio de las puntuaciones obtenidas, de la siguiente manera:

$$WSI = (H + E + L + P) / 4$$

$$(0.66 + 0.50 + 0.64 + 0.50) = 2.3 / 4 = 0.5$$

Y así, en la tabla 23 se muestran los rangos para la valoración del WSI según la metodología de Chaves y Alipaz.

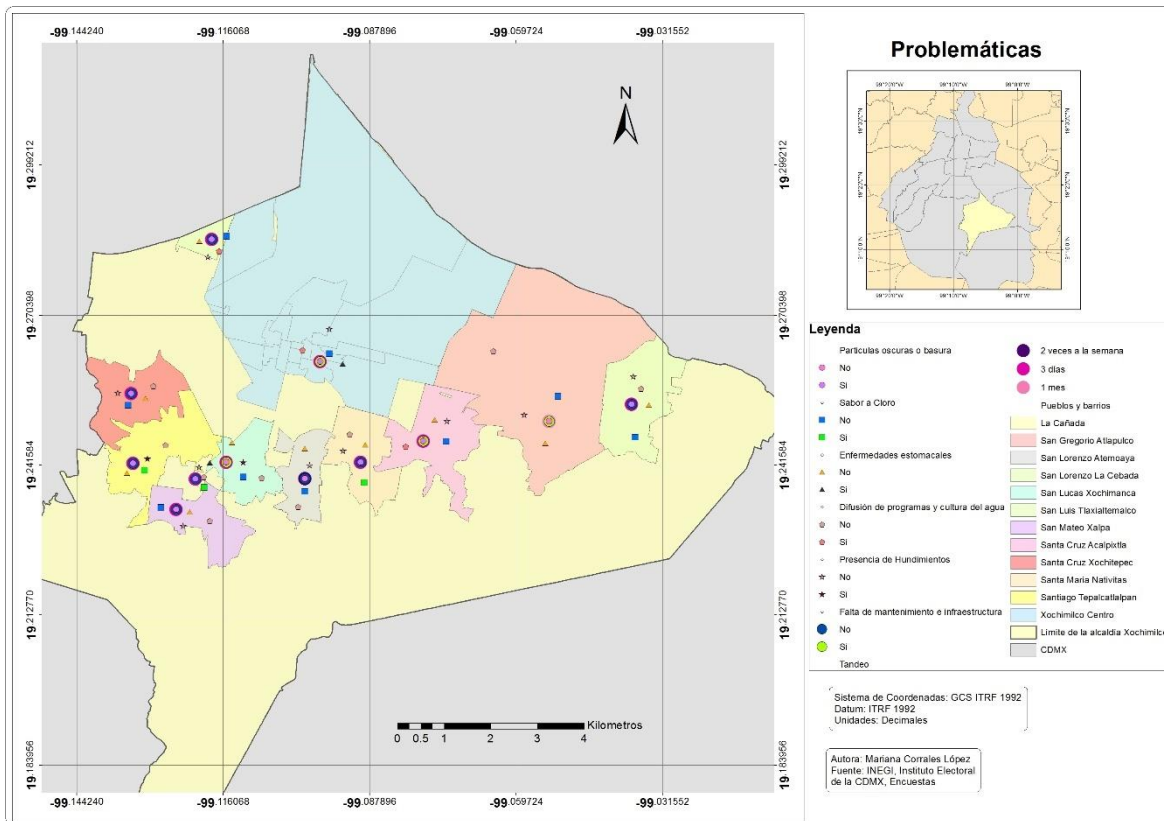
Tabla 23. Rangos de valoración para el WSI.		
Bajo	Intermedio	Alto
$WSI < 0.5$	$0.5 < WSI < 0.8$	$WSI > 0.8$

Elaboró: Mariana Corrales López Fuente: Pérez J (2016). Revista Tecnología y ciencias del agua Vol. 7

De acuerdo con la tabla 23, se puede decir que la puntuación promedio obtenida le otorga al servicio de agua potable una calificación de “Intermedio”, razón por la cual el manejo de la gestión de agua potable debe mejorar en algunos aspectos y mantenerse en otros, ya que como se observó en las puntuaciones hay aspectos en los que se pone menor empeño y son importantes para mejorar el servicio.

De la misma manera, a continuación, se presenta el mapa 10 mapa que representa la percepción de las principales problemáticas respecto a la gestión del agua potable dentro de la zona de estudio.

Mapa 10. Percepción de la problemática del agua



El mapa 10 muestra una representación espacial de las siete problemáticas que más se mencionaron en las encuestas aplicadas a la población de la alcaldía Xochimilco:

- Presencia de partículas oscuras
- Sabor a cloro
- Enfermedades estomacales
- Difusión de programas y cultura
- Presencia Hundimiento de terreno
- Falta de mantenimiento a la infraestructura
- Tandeo

Los círculos más pequeños representan la presencia de partículas oscuras o basura en el agua, en donde el morado es sí, y el rosa es no, esta problemática se identificó

en Xochimilco centro, Santa cruz Acalpixtla, Santiago Tepalcatlalpan, San Lucas La Cañada, San Lorenzo La Cebada, San Lucas Xochimanca, Santa María Nativitas y Santa Cruz Xochitepec.

De la misma manera, los cuadrados azules representan que el agua no tiene sabor a cloro y los verdes que sí, la característica se presentó en Santiago Tepalcatlalpan, Santa María Nativitas y Santa Cruz Xochitepec.

Luego, los triángulos negros identifican las zonas en que los habitantes tenido enfermedades estomacales a causa de la mala calidad del agua potable, esto ha ocurrido en Xochimilco centro y San Lucas La Cañada, mientras que los triángulos anaranjados representan que no.

Posteriormente, los pentágonos rosas representan las zonas en las que no hay difusión de los programas en cuanto a agua se refiere, y los anaranjados representan que si, ésta se realiza en la zona de Xochimilco centro, Santiago Tepalcatlalpan, San Gregorio Atlapulco, Santa María Nativitas y Santa Cruz Xochitepec.

De la misma manera, las estrellas color café, representan las zonas en donde los habitantes identificaron hundimientos de suelo, esto solo ocurrió en Santiago Tepalcatlalpan; las estrellas color rosa representan las zonas en donde no los han identificado.

Luego los círculos azules muestran las zonas en donde los habitantes consideran que hay falta de mantenimiento en la infraestructura hidráulica, son: Xochimilco centro y Santa Cruz Acalpixtla; mientras los verdes son las zonas en las que no.

Por último, los círculos más grandes de color rosa mexicano representan el tandeo cada tercer día, los morados cada tercer día, y los rosa claro cada mes.

Como se puede observar, las zonas más afectadas son las colonias: Santiago Tepalcatlalpan, La cañada, San Lorenzo La Cebada, San Luis Tlaxialtemalco, Santa María Nativitas y San Gregorio Atlapulco. No obstante, el sistema tiene mejor gestión en la zona de Xochimilco centro compuesta por 18 barrios. A continuación,

se incluye la tabla 24 en donde se muestran de manera más específica las zonas con mayor problemática:

<b>Tabla 24. Identificación de problemáticas</b>	
<b>Zona</b>	<b>Número de Problemáticas (Total 7)</b>
Xochimilco centro	3
La cañada	4
San Gregorio Atlapulco	3
San Lorenzo Atemoaya	1
San Lorenzo la Cebada	2
San Lucas Xochimanca	3
San Luis Tlaxialtemalco	2
San Mateo Xalpa	1
Santa Cruz Acalpixtla	4
Santa Cruz Xochitepec	2
Santa María Nativitas	3
Santiago Tepalcatlalpan	4

En la tabla 24 se puede observar que se lograron identificar siete problemáticas principales en las 27 encuestas realizadas, de éstas el mayor número que se registró fue de cuatro en tres de las colonias: Santiago Tepalcatlalpan, La Cañada y Santa Cruz Acalpixtla. Así mismo, se puede decir que una de las problemáticas que tuvo mayor incidencia en las 12 zonas es la de presencia de partículas oscuras, lo cual se debe principalmente a la falta de mantenimiento en la infraestructura hidráulica.

### **3.2 Planteamiento de Propuesta**

La gestión adecuada de agua potable, es muy importancia para que una sociedad tenga un buen desarrollo tanto en el aspecto económico, como en su vida cotidiana, razón por la cual es necesario que se realice una planeación adecuada en cuanto al manejo del recurso con el fin de garantizar el suministro en la cantidad suficiente, y de la misma manera que tenga buena calidad, es decir seguridad hídrica; además



de esto, los sistemas deben ser sostenibles (Sistema español de Gobernanza del agua. S.f.).

En el caso de este trabajo, se tomaron en cuenta los aspectos de mayor relevancia en cuanto a las encuestas realizadas a 27 de 415,933 habitantes de la Alcaldía Xochimilco; considerando que según la perspectiva de los habitantes de la zona de estudio en general, indica que la gestión del agua potable ha sido de nivel intermedio, se observó que se requieren mejorar algunos indicadores principalmente en cuanto la mala calidad del agua que reciben en sus hogares, el tandeo, la cultura, la difusión de los programas relacionados, así como el mantenimiento de la infraestructura que se otorga al ser beneficiarios de éstos. Es por esto que se plantea la siguiente propuesta:

Principalmente inculcar la cultura del cuidado del agua a los habitantes de la zona de estudio, brindando talleres gratuitos por parte de cada coordinación de cada uno de los pueblos o colonias dentro de la alcaldía. De la misma manera, se propone incluir estos talleres en las escuelas a nivel preescolar y primaria, ya que, la cultura del agua debe iniciar desde una edad temprana.

Mediante la realización de este taller se pretende concientizar a la población de la zona de estudio incluyendo a los más pequeños, para que los habitantes implementen medidas para el cuidado y ahorro del agua desde sus hogares, además, se pretende enseñarles como instalar un sistema de captación de agua de lluvia mediante un modelo a escala y, de la misma manera, hablarles sobre los beneficios que conlleva instalarlo en casa.

A continuación, se presenta una propuesta de la estructura del taller que se propone:

## Taller “Cultura del agua”

Este taller se dirige a habitantes de la alcaldía Xochimilco.

### Objetivos:

- Crear conciencia en los habitantes de la alcaldía Xochimilco en lo que respecta al cuidado de los recursos hídricos.
- Enseñar a los asistentes medidas para el cuidado y ahorro del agua

**Duración: 1:30 hora**

### Actividades:

1. Introducción “Importancia del agua”
2. Breve explicación a cerca de la situación actual de los recursos hídricos de la alcaldía como reflexión.
3. Hablar sobre las medidas de ahorro y cuidado del agua que se pueden implementar en casa
4. Mostrar y explicar cómo realizar un modelo real de un sistema de captación de agua pluvial.
5. Para finalizar Armar una simulación de modelo de captación de agua pluvial con los siguientes materiales:
  - 8 palitos de bandera
  - 2 bolsas de plástico
  - hilo o alambre requemado
  - 2 botellas de 6 ml
  - 3 botellas de 250 ml o 300ml
  - un filtro para café
  - silicón

Del mismo modo, y tomado en cuenta las encuestas que se realizaron, se propone implementar un sistema de gobernanza, a través de la gestión comunitaria, sobre todo en las colonias que no tienen acceso a todos los servicios ya que, este sistema se desarrolla mejor en comunidades pequeñas en donde los habitantes tienen una mejor comunicación, debido a que se organizan asambleas y juntas para tomar decisiones en cuanto al manejo de agua. Este sistema se maneja en países como España y Colombia en la planificación, participación pública e innovación.

De la misma manera, en algunas localidades rurales ubicadas en la República Mexicana, se maneja la gestión comunitaria del agua, por ejemplo en la región que abastece el manantial de Petamburapio, Michoacán, los usuarios se organizaron en grupos que denominan comités de agua, mismos que se encargan del abastecimiento de agua potable. Este tipo de gestión se basa en satisfacer las necesidades humanas básicas para sobrevivir, por lo que la gestión de los recursos naturales se maneja por medio de la misma localidad en lo que refiere al acceso, distribución y uso del agua potable.

Para que este tipo de gestión se lleve a cabo según la politóloga Elinor Ostrom (una de las autoras más reconocidas en cuanto a gestión comunitaria), sugiere siete características mínimas que se deben implementar como elementos necesarios 'para una buena gestión y que ésta tenga una larga duración; los elementos son:

1. Límites claramente definidos: deben establecer quienes tienen el derecho a la extracción del recurso. Además, el recurso se utiliza con la noción de sustentabilidad.
2. Coherencia entre las reglas de apropiación y provisión con las condiciones locales: la apropiación se relaciona con lo necesario para proveer el recurso.
3. Arreglos de elección colectiva: Todas las personas a las que afectan las reglas establecidas para el uso del recurso, se involucren en su elaboración y modificación.
4. Monitoreo: La vigilancia debe ser eficiente para evitar el mal uso del recurso.
5. Sanciones graduadas: Las sanciones evitan que surjan resentimientos entre los apropiadores.

6. Mecanismos para la resolución de conflictos: permiten que se resuelvan conflictos tanto internos como externos.
7. Reconocimiento mínimo de derechos de organización: es una parte importante ya que, permite que los acuerdos sean aceptados al exterior de la gestión ante las instituciones gubernamentales.

Además de inculcar la cultura del agua y aplicar la gestión comunitaria, se debe dar difusión a los programas que ya existen relacionados al agua, ya que están pero mucha gente no los conoce, así como retomar el programa “Cosecha de agua de lluvia” y darle la difusión suficiente; esto puede hacerse por medio de carteles tanto en las calles como en las redes sociales; además no basta con otorgar los materiales necesarios para el programa, sino que se debe dar capacitación para la instalación y el mantenimiento de estos, además del seguimiento necesario.

Cabe recalcar que a pesar de que en cuestión del agua la cultura y la cooperación y responsabilidad de cada habitante es importante, también las autoridades responsables deben tomar cartas en el asunto brindando el mantenimiento necesario a la infraestructura hidráulica.

Así mismo, hay que tomar en cuenta que la presencia de cloro en el agua es primordial, ya que en muchas ocasiones suele estar contaminada por desechos químicos como el arsénico, cadmio, cromo, plomo o mercurio, y la eliminación los agentes patógenos, suele realizarse por medio del cloro en pequeñas cantidades (0.2 y 0.5 mg/L), destruyendo así la estructura celular de los organismos.

## **Conclusiones**

Para finalizar, como geógrafa, concluyo que a través éste trabajo pude conocer los elementos que componen el sistema agua potable de la alcaldía Xochimilco, pero al estudiar e investigar sobre el sistema percibí más acerca de este espacio geográfico, y de esta manera identifiqué y localicé geográficamente las principales problemáticas del sistema para así poder representarlas cartográficamente.

Respecto a los objetivos tanto general como particulares de este trabajo, a pesar de las limitaciones en cuanto al trabajo de campo debido a la pandemia de covid-19, se lograron de manera satisfactoria a través de otros medios, no obstante, me hubiera gustado lograr un análisis más completo.

Cabe mencionar que este trabajo no solo me sirve a mi como geógrafa en cuanto a mi formación académica, sino que mediante esta investigación se pretende brindar soluciones que, en un futuro, puedan ser aportadas para la administración del recurso, así como para los mismos habitantes de la zona de estudio quienes son los principales afectados por las problemáticas del recurso.

Además, considero importante que, para realizar este trabajo, previamente en el primer capítulo se realizó el planteamiento de la propuesta metodológica misma que se desarrolló a lo largo de los tres capítulos que constituyen esta tesis. Para cumplir con dicha metodología, se consultaron varias fuentes tanto bibliográficas, como electrónicas, no obstante también se requirió la realización de trabajo de campo para así poder incluir la opinión de los habitantes de la zona de estudio.

Para el trabajo de campo, se tenía planeado realizar 300 encuestas en toda la zona de estudio, mismas que incluyen dos de las temáticas principales para este trabajo: gestión y cultura del agua; dichas encuestas comenzaron a aplicarse a finales del mes de febrero del año 2020.

La principal dificultad fue que, debido al inicio del confinamiento voluntario en marzo de 2020 a causa de la pandemia del covid-19, el trabajo de campo no pudo concluirse como se tenía planeado, por lo que únicamente se obtuvieron 27 encuestas, pero aun así se continuó el trabajo de tesis incluyendo los resultados

que se lograron obtener, haciendo uso de ellas como valoración de la percepción de la población, razón por la cual los resultados no incluyen toda la zona que se tenía contemplada, pero se utilizaron notas periodísticas e información del censo 2020 del INEGI para obtener mayor información acerca de la situación del agua potable en la alcaldía Xochimilco. Además, otra de las limitantes a las que me enfrenté al realizar este trabajo fue la falta de información actualizada en materia de gestión y administración del recurso hídrico.

A pesar de esto, una de las fortalezas de esta metodología fue que me permitió comparar el documento ya existente acerca del manejo integral cuenca en Xochimilco y sus afluentes, con la opinión de algunos habitantes de la zona de estudio ya que no contrastaban tanto.

Así mismo, el realizar un diagnóstico del sistema en donde se incluyen características físicas y sociales de la zona de estudio, esto ayudó a conocer la situación actual del sistema agua potable, para así localizar las principales problemáticas, y valorar los elementos que son importantes en materia de gestión, y saber cuáles son los aspectos en los que se tiene que mejorar el sistema. De la misma forma, dentro del diagnóstico del sistema se incluyen las concesiones otorgadas en cuanto al recurso, y con esto podemos conocer cuáles son sus usos principales, así como los usuarios a los que se les otorgan dichas concesiones, ya que en muchas ocasiones éstas se entregan al sector industrial.

De la misma manera, se incluye la legislación, misma que ayuda a fortalecer la metodología porque ayuda a conocer qué se puede y qué no se puede hacer con el recurso.

También se incluyen los principales afluentes, ya que con esto se puede conocer cuáles son los cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, y se localiza de dónde se extrae el recurso.

Así mismo, se presentaron dificultades al realizar la valoración mediante el índice de sustentabilidad de cuencas (WSI), ya que éste es un índice que como su nombre lo dice se aplica para valorar cuencas y la zona de estudio no abarca toda la cuenca,

además el índice original utiliza algunos datos que no se encuentran disponibles, ya que no están a nivel alcaldía, sin embargo se logró adaptar a las encuestas realizadas.

Como resultado de este trabajo de tesis puedo decir que, siendo habitante de la zona de estudio y como geógrafa pude observar cómo la perturbación antrópica sumada a las malas prácticas de la gestión y manejo de agua provocaron cambios en el sistema agua potable, sin embargo está en nuestras manos como población darle el cuidado al recurso e inculcar la cultura del agua.

## Anexo 1

### Diseño de la encuesta aplicada

Sexo: Masculino  Femenino

Edad: \_\_\_\_\_

Lugar de procedencia: \_\_\_\_\_

#### a) Calidad, tarifas y tandeo

1.- ¿Considera que el agua que llega a nuestros hogares es totalmente potable?

Sí  No

¿Por qué? \_\_\_\_\_

2.- ¿Consume agua de "la llave"?

Sí  No

Si la respuesta es sí continúa en la pregunta 3, de lo contrario ve a la pregunta 4.

3.- ¿Ha sufrido de alguna enfermedad gastrointestinal a causa de beber agua de la llave?

Sí  ¿Cuál? \_\_\_\_\_

No

4.- ¿A través de que medio recibe agua en su hogar?

Toma domiciliaria

Pipa

Otro (especificar) \_\_\_\_\_

5.- ¿Cada cuánto tiempo recibe agua en su hogar?

Diario

Cada 3 días

1 semana

Otro (especificar) \_\_\_\_\_

6.- ¿Aproximadamente cuánto paga al bimestre por el servicio de agua en su domicilio?

\_\_\_\_\_



**b) Cultura y gestión**

7.- ¿Conoces alguna iniciativa o proyecto que se esté llevando a cabo en la alcaldía en cuanto al cuidado del agua?

Sí  ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

No

8.- ¿Ha recibido información acerca del cuidado del agua por parte de la alcaldía?

Sí  No

9.- ¿Qué medidas utiliza en su domicilio para el cuidado del agua?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10.- ¿Cómo cree que ha sido el servicio de agua potable en la alcaldía?

Bueno  Regular  Malo

¿Por qué? \_\_\_\_\_

**c) Riesgo**

11.- ¿Cuál considera que es la principal causa de las inundaciones en la alcaldía y por qué? \_\_\_\_\_

- Falta de mantenimiento en el sistema de alcantarillado
- Basura en las calles
- Es una zona lacustre
- Otro (especificar)

\_\_\_\_\_

## Bibliografía

1. Acciona. (2020). ¿Qué es el cambio climático?. Acciona.  
[https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/?_adin=02021864894)
2. Amieva, J.R., Müller, T. Lazos, R., Jiménez, R. y Andrade, I. (2016). Reporte de Plantas de Tratamiento Operadas por las Fuentes Fijas: Ciudad de México. SEDEMA,  
<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/RPTAR%20%202016.pdf>
3. Andrade, M. (09 de junio de 2020). Marchan al Zócalo por falta de agua en Xochimilco. *Excelsior*. <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/marchan-al-zocalo-por-falta-de-agua-en-xochimilco/1393030>
4. Aparicio, F.J., Guitron, A. y Preciado, M.E. (2011). Proyecto “Indicadores de sustentabilidad Hídrica” TH1105.1.  
<http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1459/TH-1105.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Aristegui, C. (03 de octubre de 2017). Persiste desabasto de agua en Tláhuac, Xochimilco e Iztapalapa por sismos del 7 y 19. *Aristegui Noticias*.  
<https://aristequinoticias.com/0310/mexico/persiste-desabasto-de-agua-en-tlahuac-xochimilco-e-iztapalapa-por-sismos-del-7-y-19/>
6. Arnold, M. y Osorio, F. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas, *Epistemología de ciencias sociales*, (3), 40-49  
<https://www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.html>
7. Baroza, I.A., Saldaña, G., Rodríguez, B., Soto, G. y Sandoval, A. (2015). Derecho Humano al Agua, *Defensor*, 13 (7), 2-66. [https://cdhcm.org.mx/wp-content/uploads/2015/10/DFensor\\_07\\_2015b.pdf](https://cdhcm.org.mx/wp-content/uploads/2015/10/DFensor_07_2015b.pdf)
8. Belvaux, E., y Pierre-Louis, K. (2010). Guía de buenas Prácticas: Agua potable, diversidad biológica y desarrollo. Convenio sobre la diversidad biológica. <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>

9. Bernárdez, M.C. (2012). Acueducto de Xochimilco, Villes en parallèle, (45-46), 202-234. <https://doi.org/10.3406/vilpa.2012.1494>
10. Breña. A y Breña.J. (2017). Disponibilidad de agua en el futuro de México, Ciencia. 64-71.  
[https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58\\_3/PDF/09-550.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_3/PDF/09-550.pdf)
11. Canabal, B. (1991). Rescate ecológico de Xochimilco. Universidad Autónoma Metropolitana.
12. Cendrero, A. (1997). Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. <https://www.ucipfg.com/Repositorio/MLGA/MLGA-03/semana4/PER.pdf>
13. Centro de Estudios Para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de proyectos [CEPEP]. (2006). Guía general para la preparación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de agua potable urbana. [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia\\_agua\\_urbana.pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia_agua_urbana.pdf)
14. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const]. Artículo 4° Párrafo 6. 8 de mayo de 2020 (México).
15. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const]. Artículo 27°. de febrero de 1975 (México).
16. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const]. Artículo 115° Fracción III. 24 de enero de 1917 (México).
17. Chaves, H., & Alipaz, S. (2007). An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. Water Resour Manage. [https://www.researchgate.net/publication/226814925\\_An\\_Integrated\\_Indicator\\_Based\\_on\\_Basin\\_Hydrology\\_Environment\\_Life\\_and\\_Policy\\_The\\_Watershed\\_Sustainability\\_Index](https://www.researchgate.net/publication/226814925_An_Integrated_Indicator_Based_on_Basin_Hydrology_Environment_Life_and_Policy_The_Watershed_Sustainability_Index)
18. Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (Última modificación 19 de enero del 2022). Consulta a la base de datos del REPDA. Recuperado el 03 de diciembre de 2019 de <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>

19. Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (09 de octubre de 2019). Usos del agua. Recuperado el 20 de Julio de 2020 de [https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua#:~:text=Los%20vol%C3%BAmenes%20de%20aguas%20nacionales,no%20consuntivos%20\(hidroel%C3%A9ctricas%20y%20conservaci%C3%B3n](https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua#:~:text=Los%20vol%C3%BAmenes%20de%20aguas%20nacionales,no%20consuntivos%20(hidroel%C3%A9ctricas%20y%20conservaci%C3%B3n)
20. Diario Oficial de la Federación. Secretaría del Medio Ambiente. Norma Oficial Mexicana NAEDF-002-AGUA-2009, Establece la obligación de presentar programas emergentes de ahorro de agua a las fuentes fijas ubicadas en el distrito federal, 2010.
21. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011, Sistemas de agua potable, toma domiciliaria alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba, 2012.
22. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos, 1997.
23. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 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 en general, 1997.
24. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece que las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, 2015.
25. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.- Características y especificaciones de las obras y del agua, 2009.

26. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, 1996.
27. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen a servicios públicos, 1997.
28. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, 1994.
29. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998, Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público, 2001.
30. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo, 2005.
31. Eco-Intellutions. (2019). Usos e importancia del agua para el ser humano. <http://www.ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/usos-e-importancia-del-agua-para-el-ser-humano>
32. Figueroa, M.G., Linares, F., Ferrara, M.J. y Castro, J. (2014). Manejo Integral de la cuenca Xochimilco y sus afluentes. [https://yoamoxochimilco.files.wordpress.com/2017/03/manejo\\_integral\\_cuenca\\_xochimilco.pdf](https://yoamoxochimilco.files.wordpress.com/2017/03/manejo_integral_cuenca_xochimilco.pdf)
33. Garzón, L.E. (2003). Xochimilco Hoy. Instituto Mora.

34. Gómez, P. (26 de mayo de 2010). [Termodinámica I] Sistemas Termodinámicos. El Tamiz. <https://eltamiz.com/2010/05/26/termodinamica-i-sistemas-termodinamicos/>
35. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2010). Banco de Indicadores. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/> recuperado el 25 de febrero de 2022.
36. Jiménez, B. (2015). Seguridad hídrica: retos y respuestas, la fase VIII del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (2014-2021), Acua-lag, 7 (1), 20-27. <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/03SeguridadHidricaretosypropuestas.pdf>
37. Ley 016 de 1992. Regula la explotación, uso, aprovechamiento, distribución, control, preservación de la cantidad y calidad para lograr un desarrollo integral y sustentable de las aguas nacionales. 06 de enero de 2020. D.O. No. 016
38. Ley 141 de 1981. Respecto al uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público de la Nación, así como de servicios que presta el Estado en sus funciones de derecho público. 12 de noviembre de 2021. D.O. No.141
39. Ley 216 de 1988. Reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. 29 de marzo de 2022. D.O. No. 216
40. Ley de Aguas del Distrito Federal de 2003. Regula 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. 23 de marzo de 2015.
41. Mandujano, R. (2017, 26 de enero). Sobreexplotación de mantos acuíferos provoca grieta en Xochimilco. *Televisa News*. <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/sobreexplotacion-de-mantos-acuiferos-provoca-grieta-en-xochimilco-cientificos/>

42. Mendoza, R. (27 de junio de 2018). Extracción de agua de Xochimilco representa 20% del abasto de la CDMX. *Televisa News*. <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/extraccion-agua-xochimilco-representa-20-abasto/>
43. Ministerio de desarrollo social, Gobierno de Chile. (2013). Metodología de general de preparación y evaluación de proyectos. <https://santiagorecicla.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/10/METODOLOGIA-DE-GENERAL-DE-PREPARACION-Y-EVALUACION-DE-PROYECTOS.pdf>
44. Muñoz, V. (2016). *Gestión y Conservación de aguas y suelos*. Imprenta Nacional de la AEBOE.
45. Naturalista, 2021. Consultado el 5 y 7 de septiembre de 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.naturalista.mx>.
46. NTCD Noticias. (05 de julio de 2018). Modernizan la infraestructura hidráulica en Xochimilco. *NTCD*. <https://ntcd.mx/nota-delegaciones-modernizan-infraestructura-hidraulica-xochimilco20185742>
47. Perló, M. y González, A.E. (2005). ¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México. UNAM. [http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra\\_por\\_agua\\_digital.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/unam/guerra_por_agua_digital.pdf)
48. Preciado, M., Aparicio, J., Gúitron, A. e Hidalgo, J.A. (2013). Aplicación del índice de sustentabilidad WSI en la cuenca Lerma-Chapala, *SCIELO*, 4 (4). 93-113. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222013000400006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000400006)
49. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México (2018). Programa Delegacional de Desarrollo Urbano. Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Xochimilco. <https://paot.org.mx/centro/programas/delegacion/xochimi.html#infraestructura>

50. Quintero, J. (30 de marzo de 2019). *La jornada*.  
<https://www.jornada.com.mx/2019/03/30/capital/028n1cap#>
51. Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal. Reglamenta las disposiciones de la Ley Ambiental del Distrito Federal. 3 de diciembre de 1997.
52. Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Regula la planeación y programación en materia de ordenamiento territorial y el desarrollo urbano en el Distrito Federal. 14 de enero de 2016.
53. Romero, P. (1993). *Impacto socioambiental, en Xochimilco y Lerma, de las obras de abastecimiento de la Ciudad de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
54. Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano [SEDATU]. (2015). Atlas Nacional de Riesgos de la Delegación Xochimilco 2015.  
[http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/storage/app/media/docpub/atlasriesgo/MR\\_Xochimilco.pdf](http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/storage/app/media/docpub/atlasriesgo/MR_Xochimilco.pdf)
55. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). Agua, Disponibilidad. El Medio Ambiente en México.  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_1\\_1.html#:~:text=La%20disponibilidad%20natural%20del%20agua,y%20por%20la%20evapotranspiraci%C3%B3n%20vegetal](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_1.html#:~:text=La%20disponibilidad%20natural%20del%20agua,y%20por%20la%20evapotranspiraci%C3%B3n%20vegetal).
56. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (s.f.). Agua-Calidad. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México.  
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores14/conjuntob/02\\_agua/02\\_calidad\\_esquema.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores14/conjuntob/02_agua/02_calidad_esquema.html)
57. Serent, J., Pérez, J. y Bielsa, A.M. (2016). Evaluación de la sostenibilidad de cuencas mediterráneas semiáridas. Caso de estudio: Cuenca del Segura, España, SCIELO, 7 (2), 67-84.  
<http://www.revistatyca.org/ojs/index.php/tyca/article/view/1140/1044>
58. Servicio Meteorológico Nacional. (s.f.). Normales Climatológicas por Estado. Gobierno de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=df>



59. Sobsey, M. y Brown, J. (2012). Evaluación de Métodos para el tratamiento doméstico del agua: metas sanitarias y especificaciones de eficiencia microbiológica.  
[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/79186/9789243548227\\_spa.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/79186/9789243548227_spa.pdf)
60. Terrones, M. (2004). *A la orilla del agua, política, Urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX*. Instituto Mora.
61. Toledo, A. (2006). Agua, hombre y paisaje. Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAT).