



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



T E S I N A

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS  
RECURSOS HIDROLÓGICOS DEL  
MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ,  
ESTADO DE MÉXICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G O  
P R E S E N T A

Román Ibarra Navarro

Director de tesina: Dr. Sergio Cházaro Olvera

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2018



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.

# Agradecimientos

Agradezco con aprecio y sobremanera a los sinodales M. en C. Rafael Chávez López, M. en C. Ángel Morán Silva, Biol. Edgar Peláez Rodríguez y Horacio Vázquez López, por la revisión de este documento. El tiempo que han dedicado, por su valioso apoyo para concluir con la presentación del mismo en este proceso.

# Dedicatorias

El siglo pasado, en las tierras de labor del Ejido de La Campana en San Martín Ocoyoacac, donde empiezan los ocotes, Estado de México. Mis dadores de vida en Dios, Vicente Roberto Ybarra Flores y Juanita Navarro Herrera, nos encomendaban junto con mi hermano Roberto Guadalupe Ybarra Navarro, bajo el cuidado de nuestros abuelos: Tomas Rosendo Albino Ybarra Fonseca, Florencia Flores Cayetano. Quienes nos enseñaron a labrar la tierra, cultivar la milpa, la constancia y la perseverancia.

A mi Tia Candida Flores Cayetano. Jesus Celso Bernardino Ybarra Flores, Miguel Julian Ybarra Flores, Lucia Ybarra Flores.

Quienes forjaron en nosotros, en los suyos, con ejemplos claros de integridad y respeto, el amor a la tierra, al campo a nuestra identidad e integración a nuestro medio ambiente, costumbres emanadas de etnias otomies de la región, en las cuales tuvieron origen.

Los mejores recuerdos de una infancia que transcurrio de la mano de mis primeros maestros de la Biología, que influyeron en la desición de elegir esta muy bella y satisfactoria profesión.

A mis hermanos todos y cada uno con un afecto especial a cada cual.

A mis hijos, a mi esposa, el regalo de La Creación que integra todo el Cosmos.... a quien llamamos Dios.

A mis compañeros de clase, que tengo la dicha de verles aún.

Con un afecto muy único a Sergio Cházaro Olvera, por animar este paso que cierra una conversación pendiente con el encargo inicial de mi abuelo, de mi padre. “Has de terminar una profesión, es nuestra mayor satisfacción”

A mis semejantes, que aprecio y quiero de una forma especial por ser compañeros de vida, de retos que siempre superamos en unidad, en el claro objetivo de dar progreso a los nuestros a nuestras familias, a nuestras comunidades.

Hoy la Biología es causa de resultados diferentes, herramienta de progreso.

Con esto cierro un ciclo, se abre otro. A Dios... gracias!

# Índice

## Contenido

Resumen.....	5
Introducción .....	6
Objetivos .....	9
Objetivos específicos.....	9
Descripción del área de estudio .....	10
Orografía y Geomorfología .....	13
Geología .....	14
Flora y Fauna .....	14
Material y métodos .....	15
Resultados y Análisis .....	16
Estadística del agua en la Región Hidrológico-Administrativa XIII.....	16
Hidrología de Naucalpan .....	17
Drenaje y alcantarillado .....	20
Programas de manejo eficiente del agua Naucalpan de Juárez .....	22
Estrategias de conservación.....	22
Literatura citada .....	27

## Resumen

El objetivo del presente documento fue el de evaluar las características hídricas del Municipio de Naucalpan de Juárez con base en estadísticas de la región hidrológica XIII y al programa de manejo eficiente y sustentable del agua para proponer acciones de protección, conservación y regulación de los recursos hídricos. Para lograr dicho objetivo la presente tesina se estructuró considerando la información disponible sobre Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, la información sobre la actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero zona metropolitana de la ciudad de México, al documento elaborado por Montoya-Chávez sobre aspectos ambientales de la gestión integral de los recursos hídricos para el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México, los datos de Numeragua y del Plan de Desarrollo Municipal Naucalpan de Juárez 2016–2018. Se obtuvo que el municipio de Naucalpan de Juárez se encuentra en la Región Hidrológico-Administrativa XIII que comprende las Aguas del Valle de México y tiene 18 mil 229 km<sup>2</sup> en total. En Naucalpan, el 99.1% comprende fuentes de derivación (presas, ríos y plantas potabilizadoras), el 0.9% de las fuentes de abastecimiento de agua potable corresponde a pozos profundos y manantiales. Naucalpan tiene siete presas entre las que destacan, Totolinca, Las Julianas; San Miguel Tecamachalco, La Colorada, Los Arcos y El Sordo. Algunas de las acciones que se necesitan para lograr la sostenibilidad del recurso agua son: reforestación con especies arbóreas nativas, inyectar al subsuelo mediante pozos de infiltración, hacer humedales artificiales, presas de gaviones, estabilidad de taludes, terrazas individuales, zanjas derivadores de escorrentías, cosecha de agua de lluvia y la viabilidad de realizar pagos por servicios ambientales.

## Introducción

El agua dulce que se distribuye en el mundo constituye un recurso escaso, amenazado y en peligro. De acuerdo a los balances hídricos solamente el 0.007% de las aguas dulces se encuentran disponibles a todos los usos humanos directos. Aproximadamente 113,000 km<sup>3</sup> de agua que se precipitan cada año sobre la Tierra, cerca de 71,000 km<sup>3</sup> se evaporan y retornan a la atmósfera, el resto, unos 42,000 km<sup>3</sup>, recargan los acuíferos o retornan a los océanos por los ríos (Toledo, 2002).

Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 471,500 millones de m<sup>3</sup> de agua dulce renovable; México tiene aproximadamente 0.1% del total de agua dulce disponible a nivel mundial, lo que determina que un porcentaje importante del territorio nacional esté catalogado como zona semidesértica. En promedio, cada mexicano consume 360 litros de agua por día; del total de agua dulce utilizada, este sector representa 14%; 77% se utiliza en la agricultura, el 5% en las termoeléctricas y 4% en la industria (Toche, 2017).

Para la administración y preservación de las aguas, México se divide en 13 regiones hidrológico-administrativas. Cada región hidrológico-administrativa corresponde a un organismo de cuenca a través del cual la Comisión Nacional del Agua (Conagua) ejerce sus funciones. En las entidades federativas que no tienen sede de organismo de cuenca, la Conagua cuenta con 20 direcciones locales. Se

le denomina agua dulce renovable a la cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente en un país sin alterar el ecosistema. Equivale a la que es renovada por la lluvia. Así, 33 % del agua renovable se encuentra en el norte y noreste del país; 67 % ocurre en el sur y sureste del país. Para la administración de las aguas superficiales nacionales, nuestro país se divide en 731 cuencas. Respecto a las aguas nacionales subterráneas, se subdivide en 653 acuíferos para fines administrativos. Considerando a la Red hidrográfica, el agua superficial escurre por cauces (ríos y canales) y se embalsa en cuerpos de aguas naturales y artificiales. Por su desembocadura se clasifican en tres vertientes: Interior; Golfo de México y Mar Caribe; Pacífico y Golfo de California. En el Interior los más importantes son: Lerma con 708 km, Nazas-Aguanaval con 1 081 km, Balsas con 770 km, Santiago con 562 km, Grijalva-Usumacinta con 1 521 km y Pánuco con 510 km. El agua que se almacena en el subsuelo se guarda en formaciones geológicas denominadas acuíferos. La conservación del agua subterránea depende de que la recarga sea mayor que la extracción. Cuando es mayor la extracción que la recarga, se considera acuífero sobreexplotado. El agua subterránea se aprovecha por medio de pozos y norias. El 39 % de los usos nacionales (excepto hidroelectricidad) son suministrados por las aguas subterráneas. Las plantas potabilizadoras acondicionan la calidad del agua de las fuentes superficiales y subterráneas para el uso público urbano. Particularmente, la planta de Los Berros es la mayor del país y forma parte del sistema Cutzamala, que es uno de los sistemas de suministro de agua más grandes del mundo 17% para el valle de México (CONAGUA, 2015).

En la Región Hidrológica 13 (aguas del Valle de México) se han estimado alrededor de 3515 km<sup>3</sup> por año de agua renovable lo que equivale al 7.5 % del total de agua renovable del país (CONAGUA, 2012).

El 97% de la superficie del territorio municipal de Naucalpan, se ubica dentro de la Región Hidrológica PÁNUCO; Subcuenca Lagos Texcoco y Zumpango, la cual pertenece a la cuenca Río Moctezuma. El resto de la superficie municipal (3%) corresponde a la Región Hidrológica Lerma-Santiago. Naucalpan tiene cuerpos de agua destinados al riego, como las presas Huapango, Santa Clara, Danxhó y Thaxhimay; mientras que para uso urbano e industrial cuenta con las presas Madín y Totolica (DGDU, 2007; Chávez-Montoya, 2012).

## Objetivos

### Objetivo General

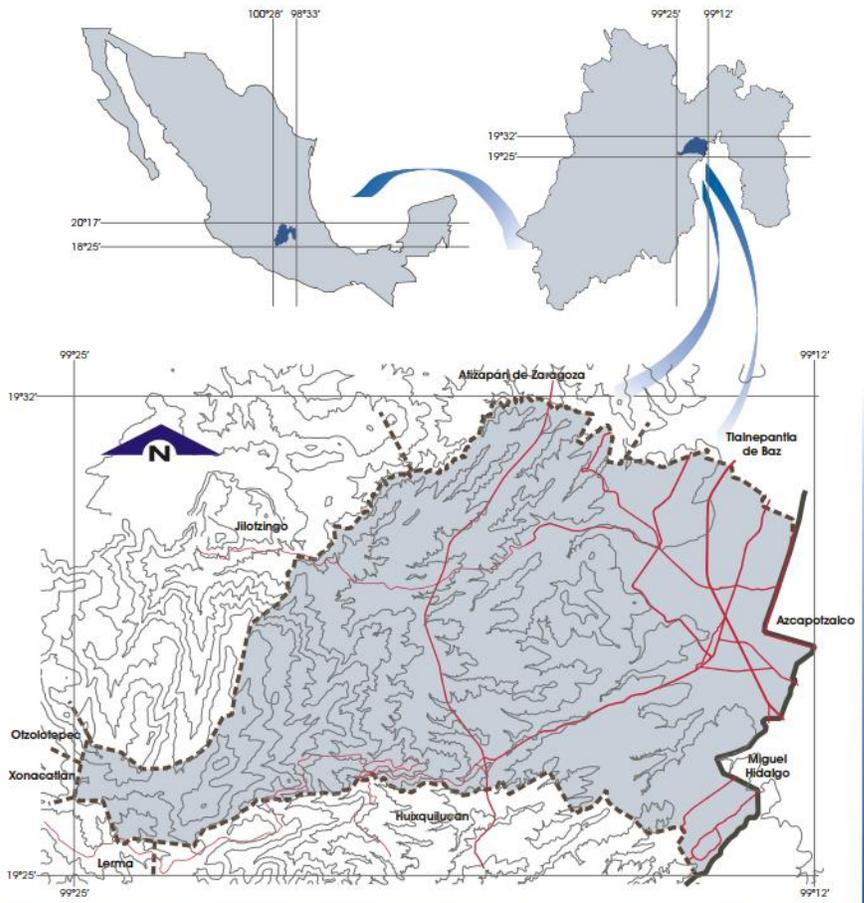
Evaluar las características hídricas del Municipio de Naucalpan de Juárez con base en estadísticas de la región hidrológica XIII y al programa de manejo eficiente y sustentable del agua para proponer acciones de protección, conservación y regulación de los recursos hídricos.

### Objetivos específicos

1. Describir las características de la hidrología del Municipio de Naucalpan de Juárez.
2. Describir las estadísticas del Agua de la región hidrológica administrativa XIII.
3. Definir acciones de protección, conservación y regulación de los recursos hídricos de Naucalpan de Juárez.
4. Analizar el programa de manejo eficiente y sustentable del agua propuesto por la administración del Municipio de Naucalpan de Juárez.

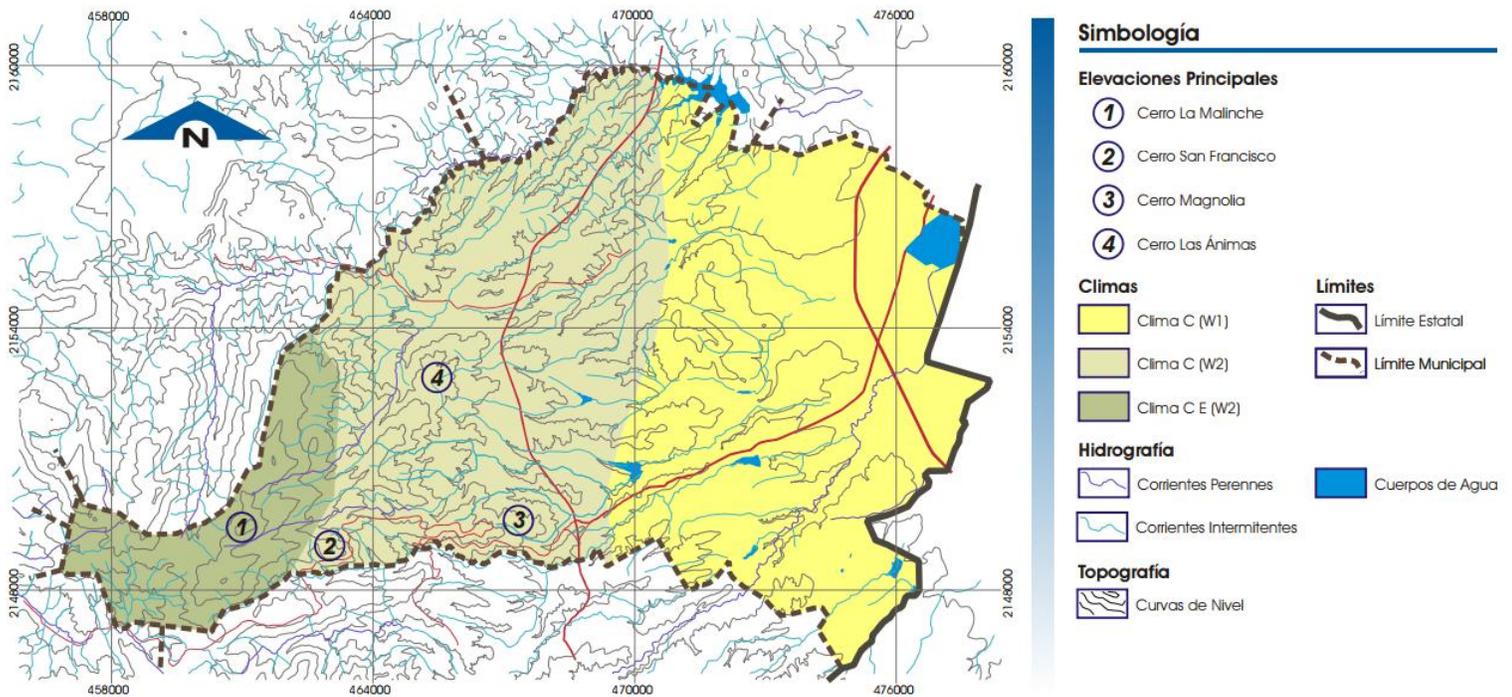
## Descripción del área de estudio

**Naucalpan de Juárez** (en náhuatl: *nauh, calli, pan*, 'cuatro, casas, sobre' 'Sobre las cuatro casas'). La siguiente descripción del área de estudio se fundamenta en el trabajo realizado por la Dirección General de Desarrollo Urbano (DGDU) (2007). Coordenadas geográficas 19°31'18" y 19°23'06" latitud y 99° 12'48" y 99°25'42" longitud. Realizando la conversión de grados-minutos a escala decimal, para establecer las coordenadas extremas de la ubicación poligonal del municipio; tenemos que estarían dadas en: -99.41 longitud, 19.41 latitud suroeste, -99.21 longitud, 19.54 de latitud noreste. • Extensión territorial La superficie municipal es de 155.7 km<sup>2</sup> lo que representa el 0.7 % de la superficie del Estado de México. • Colindancias Al norte con Atizapán, al noreste con Tlalnepantla, al este con Azcapotzalco (Delegación política territorial del D.F.), al sur este con Miguel Hidalgo (Delegación política territorial del D.F.), al sur con Huixquilucan, al suroeste con Lerma y Xonacatlan y al oeste con Jilotzingo.



Fuente: Dirección General de Desarrollo Urbano. H. Ayuntamiento Constitucional de Naucalpan de Juárez, México.

Clima: El clima predominante en el municipio de Naucalpan es el templado con verano fresco y largo, que a su vez se divide en tres subtipos que se diferencian por el grado de humedad y temperatura. El subtipo climático que predomina en el 47% del territorio municipal es el templado subhúmedo con un grado intermedio de humedad y lluvias en verano. En la zona central del territorio municipal el subtipo prevaleciente es el templado subhúmedo con un cociente de humedad mayor y lluvias en verano. En la región oeste del municipio el subtipo climático es semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual fluctúa entre los 12°C y los 18°C La temperatura media del mes más frío se ubica entre los -3°C y los 18°C y la media del mes más caluroso, entre los 6.5°C y los 22°C. La oscilación térmica anual de las temperaturas medias mensuales varía entre los 5°C y los 7°C. El régimen de lluvias es de verano, la precipitación promedio anual es de 972.2 mm (en la estación meteorológica Presa Totolinga) aumentando hasta 1,000 mm al este y disminuyendo hasta el intervalo 600-700 mm al oeste. La humedad relativa promedio anual es de 70% con valor máximo de 81%, registrado durante los días de mayor precipitación pluvial, mientras que el valor mínimo se ubica en 45%, en el invierno. Los vientos predominantes entre enero y abril son de dirección noroeste, mientras que de mayo a diciembre prevalecen los de dirección noreste, la velocidad promedio anual es del orden de los 3.0 m/seg. Finalmente, en la zona de mayores pendientes, el clima es Semifrío Subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. Esta zona corresponde a región del extremo suroeste del municipio.



Fuente: Dirección General de Desarrollo Urbano. H. Ayuntamiento Constitucional de Naucalpan de Juárez, México.

## Orografía y Geomorfología

Naucalpan se encuentra ubicado en la Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico, a la cual pertenece la subprovincia, Lagos y Volcanes de Anáhuac. El 29% de la superficie municipal está compuesto por sierras, el 38% por lomeríos y el 33% lo constituyen Llanuras. El Municipio se ubica entre los 2,300 y los 3,450 metros sobre el nivel del mar (msnm). El área urbana consolidada coincide con la zona de menores pendientes, mientras que la topografía más accidentada se ubica al

oeste y suroeste del territorio, principalmente en la zona del Parque Estatal Otomí-Mexica.

## **Geología**

Geológicamente el territorio de Naucalpan está formado por rocas del período Terciario de la era Cenozoica, y en menor medida, del período Cuaternario. La mayor parte de las rocas son ígneas extrusivas, volcanoclásticas y sedimentarias.

## **Flora y Fauna**

Debido a la dinámica urbana e industrial del municipio, es difícil encontrar en la actualidad una gama extensa de especies naturales. Las principales especies maderables son: oyamel, ocote, pino, cedro, encino y eucalipto. Entre los frutales se destaca la presencia de ciruelo, manzano, durazno, pera y capulín. En las áreas naturales que aún se conservan existen bosques de pino, oyamel y encino. En el Parque Nacional de Los Remedios se encuentran abundantes poblaciones de eucalipto. El hábitat de la fauna propia de la región -debido a los daños ambientales- se ha constreñido a las partes altas de la zona poniente del municipio y en la actualidad la existencia de especies de este tipo es realmente escasa. Se encuentran algunas especies de pequeños mamíferos como ardillas, tlacuaches, así como insectos, reptiles y aves pequeñas como cardenales, palomas y dominicos, fundamentalmente.

## Material y métodos

La presente tesina será estructurada considerando la información disponible sobre Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (CONAGUA, 2013), a la información sobre la actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero zona metropolitana de la ciudad de México (0901) (Diario Oficial de la Federación, 2015), al documento elaborado por Montoya-Chávez (2012) sobre aspectos ambientales de la gestión integral de los recursos hídricos para el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México, los datos de numeragua (CONAGUA, 2015) y del plan de desarrollo Municipal Naucalpan de Juárez 2016 – 2018 (Naucalpan, 2016).

## Resultados y Análisis

### Estadística del agua en la Región Hidrológico-Administrativa XIII

La región hidrológica comprende las Aguas del Valle de México y tiene 18 mil 229 km<sup>2</sup> en total. Esta región hidrológico-administrativa es la más poblada de las 13 existentes en el país. Al mismo tiempo, es la de menor extensión territorial y por lo tanto, la de mayor densidad de población (CONAGUA, 2013).

La subregión del Valle de México está conformada por 16 delegaciones políticas del Distrito Federal y 69 municipios de los cuales 50 son del Estado de México, 15 de Hidalgo y cuatro de Tlaxcala (CONAGUA, 2013).

De ésta subregión, la población estimada que abastece para el estado de México es de 11,730 de habitantes en una superficie de 5,111 km<sup>2</sup>. Ésta subregión abastece el municipio de Naucalpan con 878,356 habitantes hasta 2013 y con 157 km<sup>2</sup> de superficie de la cual 97.82% tiene cobertura de agua potable (se refiere a los habitantes que residen en viviendas particulares y que disponen de agua potable entubada, pudiendo ser dentro de la propia vivienda, terreno o que se abastecen de una llave pública, hidrante o de otra vivienda) y 98.79 % posee alcantarillado (se refiere a los habitantes que residen en viviendas particulares, las cuales cuentan con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado, a una fosa séptica, a un río, lago o mar) (CONAGUA, 2013).

## Hidrología de Naucalpan

En Naucalpan, el 99.1% comprende fuentes de derivación (presas, ríos y plantas potabilizadoras), el 0.9% de las fuentes de abastecimiento de agua potable corresponde a pozos profundos y manantiales.

Aguas superficiales: El 97% de la superficie del territorio municipal de Naucalpan, se ubica dentro de la Región Hidrológica Pánuco. Proporciona grandes beneficios a la región, ya que sus escurrimientos, controlados mediante varias presas, son aprovechados con fines de riego en los Estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas y Estado de México (Pereyra et al., 2010). También pertenece a la Subcuenca Lagos Texcoco y Zumpango, la cual pertenece a la cuenca Río Moctezuma.

El resto de la superficie municipal (3%) corresponde a la Región Hidrológica Lerma-Santiago, el más largo de los ríos interiores. Se origina en los manantiales de Almoloya del Río, en el Estado de México, atraviesa hacia el noroeste del Valle de Toluca, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y desagua en el lago de Chapala en Jalisco.

Naucalpan tiene siete presas entre las que destacan, Totolinca, Las Julianas; San Miguel Tecamachalco, La Colorada, Los Arcos y El Sordo. Los cuerpos de agua destinados al riego son, las presas Huapango, Santa Clara,

Danxhó y Thaxhimay; mientras que para uso urbano e industrial cuenta con las presas Madín y Totolica (DGDU, 2007). Además, cuenta con seis ríos, los principales son, el río San Lorenzo, el río Los Remedios y el Río Hondo.

Naucalpan también cuenta con doce manantiales, tres acueductos siendo el principal el de los Remedios (PDMN, 2016).

El Plan de Desarrollo Municipal de Naucalpan 2016-2018 menciona que actualmente el abastecimiento de agua a Naucalpan, se provee a partir de la extracción de pozos profundos, del Sistema Cutzamala – Lerma y de la presa Madín (PDMN, 2016).

La extracción del agua subterránea se lleva a cabo a través de la operación de 54 pozos profundos que se localizan la gran mayoría dentro de la mancha urbana de Naucalpan. Los parámetros de calidad del agua que se monitorea en los pozos es insuficiente para asegurar íntegramente y al cien por ciento que el agua es apta para uso y consumo humano.

De los 3,150 litros de agua por segundo (lps) que se suministran en Naucalpan, el 28.0% (882 lps) proviene de las fuentes propias, el resto es suministrada principalmente del Sistema Lerma- Cutzamala que proporciona alrededor del 66.6% (2,098 lps) y finalmente de la Presa Madín que aporta el 5.4% (170 lps).

El servicio de agua en el municipio abastece a un total de 208,511 viviendas, que representan el 98% con disponibilidad de agua entubada (PDMN, 2016).

Se cuenta con 94.97 km, de líneas de conducción, interconexión y de alimentación del OAPAS y con 93.24 km de infraestructura de conducción que opera la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), para suministrar agua en bloque del Sistema Cutzamala al municipio. El OAPAS tiene una eficiencia física del 63%. (PDMN, 2016).

Además, menciona que el servicio de agua en el municipio abastece a un total de 208,511 viviendas, que representan el 98% con disponibilidad de agua entubada. El municipio cuenta con 94.97 km, de líneas de conducción, interconexión y de alimentación del OAPAS y con 93.24 km de infraestructura de conducción que opera la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), para suministrar agua en bloque del Sistema Cutzamala al municipio. OAPAS tiene una eficiencia física del 63%.

## Drenaje y alcantarillado

El municipio tiene una cobertura de drenaje de 96.6%, con 1 100 kilómetros de redes de drenaje por las que se conducen las aguas residuales de la totalidad de la población urbana municipal (OAPAS, 2014).

El Plan de Desarrollo Municipal también menciona que la red de drenaje recolecta y conduce aguas residuales y pluviales, lo que implica una mayor complejidad en su operación, mantenimiento y establece requerimientos mayores de inversión para su desarrollo. Actualmente el índice de tratamiento de aguas residuales es de 3.9%.

El sistema municipal de alcantarillado sanitario existente consta de aproximadamente 655 Kilómetros de red de atarjeas de concreto simple principalmente, con 214 kilómetros de subcolectores y 142 kilómetros de colectores, ambos de concreto reforzado, existen redes de atarjeas que ha rebasado su vida útil, más de 70 años de antigüedad, en este tipo de tubería es frecuente que se presenten problemas de corrosión, por las aguas agresivas que conducen, y azolve.

Naucalpan cuenta con una red de colectores y subcolectores que en conjunto tienen poco más de 355 Km., de longitud, con la que se recolecta y conducen 1,736 lps de aguas residuales, la gran mayoría de esta agua residual es vertida sin un tratamiento en los cuerpos receptores, situación que se refleja en un

muy bajo nivel de cobertura de saneamiento de apenas el 3.9%, el cual se deriva no sólo por la falta de capacidad de tratamiento por el escaso número de plantas de tratamiento, se cuenta con 3 con una capacidad global de 93 l.p.s., sino también por la falta de infraestructura de recolección y alejamiento (colectores marginales y emisores) que hacen llegar las aguas residuales a las plantas para su tratamiento.

Sin embargo, el sistema hidrológico natural de Naucalpan se conforma por 26 elementos, entre presas, ríos y corrientes intermitentes, los cuales en su mayoría están contaminados; se estima que un elevado porcentaje de esta contaminación se debe a descargas sanitarias domésticas y el resto al vertido de desechos de procesos industriales, además de los desechos sólidos que la misma población arroja a los cauces de manera indiscriminada. Las aguas contaminadas de origen industrial, contienen elementos tan diversos como metales pesados, solventes, ácidos, grasas y aceites, entre otros; mientras que para las de origen habitacional se tiene que el detergente es el principal contaminante (DGDU, 2007).

Éste estudio también menciona que la contaminación también proviene por emisión de gases a la atmósfera, donde los puntos de contingencia corresponden con las arterias viales más importantes del municipio: el Boulevard Manuel Ávila Camacho, la carretera Naucalpan-Toluca que se interconecta con el Boulevard Luis Donald Colosio y con la vía Dr. Gustavo Baz Prada. Esta problemática debe ser atendida con una visión metropolitana, dado que buena parte de la

contaminación se debe al flujo vehicular que cruza el municipio y proviene del Distrito Federal y de otros municipios conurbados (DGDU, 2007).

### **Programas de manejo eficiente del agua Naucalpan de Juárez**

El programa de manejo eficiente y sustentable del agua propuesto por la administración del Municipio de Naucalpan de Juárez menciona que la sobre-explotación de los mantos acuíferos y la contaminación del agua provocan un deterioro ambiental. Una de las mayores demandas de la población se centra en la atención y la calidad de los servicios públicos, que presentan un círculo de deficiencias, limitantes y vicios que no permiten avanzar hacia una administración moderna y de vanguardia.

### **Estrategias de conservación**

Para tener una gestión íntegra de los recursos hídricos el trabajo de Chávez en 2012 menciona que, dada la importancia del agua como recurso vital, no renovable, vulnerable e indispensable, se deben considerar que muchas decisiones que afectan a la gestión de los recursos hídricos, dentro de un sector o entre sectores (producción de alimentos, minería, salud y energía, entre otros) sólo pueden tomarse a nivel de país y no a nivel de cuenca. Consecuentemente, ambos niveles de decisión son complementarios. Por lo que propone diferentes directrices que a continuación se mencionan.

Principalmente emplear un enfoque ecosistémico, es decir, una estrategia para el ordenamiento integral de la tierra, el agua y los recursos vivos, que promueva la conservación y el uso sustentable, y reconoce a los humanos, con su diversidad cultural, como un componente integral de los ecosistemas.

Además, acciones de reforestación para la conservación de los recursos hídricos, radica en reconocer que los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo. Los bosques son los ecosistemas que más agua producen, debido que al caer la lluvia es asimilada por la vegetación, una parte de esta agua se evapora para formar nubes, las cuales al escurrir por la superficie del suelo forman ríos, arroyos, lagos, lagunas.

También se propone que debido a la orografía montañosa (29%) del municipio, para la sierra de Las Cruces, se implemente un plan de manejo por ser la región más importante en cuanto a la recarga de los mantos acuíferos (DGDU, 2007), el cual comprenda programas de reforestación con especies arbóreas nativas; rescate de fauna y flora silvestre; protección a fin de evitar la deforestación; vigilancia para evitar asentamientos humanos irregulares e investigación científica.

Además de la creación de pozos dado que una manera ideal de recargar el acuífero es con el agua de lluvia, que se puede inyectar al subsuelo mediante pozos de infiltración dispuestos en los lugares donde no se da la recarga del

acuífero de manera natural. En Naucalpan existen 22 sitios susceptibles de inundación con una superficie afectada de 394,591 m<sup>2</sup> (GEM, 2003), por lo que se recomienda la implementación de pozos de infiltración que permitan inyectar el agua de la lluvia antes de que ésta genere inundaciones o se contamine. Dichos pozos permitirían captar el agua de los escurrimientos provocados por las lluvias en lugares donde las áreas permeables ya no existen.

Otra propuesta es hacer humedales artificiales para tratar las aguas residuales en zonas rurales para evitar la contaminación de los cuerpos de agua. Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como carrizos y juncos. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la absorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar (Lara, 1999). Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales: fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizar y transformar los elementos por medio de los microorganismos y lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento (Lara, 1999).

Conservación de suelo: El municipio de Naucalpan presenta problemas de erosión hídrica en gran parte de su territorio, pero sobre todo en la zona rural, entre la sierra de Las Cruces y el área urbana, propiciada principalmente por asentamientos humanos irregulares y por la deforestación; por lo que se propone un programa integral de conservación y restauración de suelos en áreas forestales, que comprenda la aplicación de técnicas mecánicas, las cuales son ideales para detener el transporte de las partículas del suelo que son arrastradas por el agua o el viento y comprenden obras según sea el grado de erosión, tales como presas de gaviones, estabilidad de taludes, terrazas individuales, zanjas derivadores de escorrentías entre otros.

Otra estrategia muy importante son los pagos por servicios ambientales (PSA), son parte de un nuevo paradigma de conservación, que explícitamente reconoce la necesidad de crear puentes entre los intereses de los propietarios de la tierra y los usuarios de los servicios.

Se considera que este esquema se podría establecer para el municipio de Naucalpan a fin de conservar y proteger los bosques ante la creciente presión de la sociedad, favoreciendo el manejo sustentable de los recursos naturales de la región, generando además un ingreso viable para los productores forestales.

La cosecha de agua de lluvia, es la captación de la precipitación pluvial para usarse en la vida diaria. Utilizar el agua de lluvia a nivel doméstico e industrial contribuiría a reducir la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

Con la implementación de esta técnica se podría disminuir lo que el usuario paga en el municipio por el recurso, lo que podría representar un ahorro de hasta 40% en las facturas, principalmente en las industrias.

Utilización de biodigestores: El biodigestor anaerobio se utiliza para el tratamiento de excretas animales (vacunos, porcinos, etc.), la producción de biogás (gas metano, CH<sub>4</sub>), el tratamiento de aguas residuales y la elaboración de biofertilizantes. Consiste básicamente en un depósito aislado en su totalidad, donde los residuos orgánicos se transforman con la acción de microorganismos anaerobios. Esta tecnología alternativa se podría usar en las zonas rurales del municipio de Naucalpan, y así ahorrar leña al utilizar el biogás producido (Pérez, 2010).

Finalmente, cabe mencionar que se ha implementado un sistema de gestión de calidad, para la mejora continua, dentro del Organismo de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Naucalpan. Instaurando la Norma ISO 9001-2015

El trabajo de recolectar información y organizarla para comprender, medir y controlar cada proceso dentro del organismo, permite incrementar la eficiencia física y comercial del mismo.

Este cúmulo de información permitiera dar más transparencia al manejo de recursos y una mejor planeación estratégica. Con la posibilidad de atraer recursos de carácter internacional, a través del Banco Interamericano de Desarrollo. Mejorando las prácticas de administración y conservación de este recurso.

## Literatura citada

Chávez-Montoya, M. 2012. Aspectos ambientales de la gestión integral de los recursos hídricos para el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México: *Multidisciplina*, 13:128–145.

CONAGUA, 2013. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 206 pp.

CONAGUA, 2015. Numeragua. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 94 pp.

Diario Oficial de la Federación, 2015. Información sobre la actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero zona metropolitana de la ciudad de México (0901) Distrito Federal, 31 pp.

Dirección General de Desarrollo Urbano (DGDU). 2007. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez 2006-2009, Municipio de Naucalpan, Naucalpan, 2016. Plan de desarrollo Municipal Naucalpan de Juárez 2016 – 2018. 438 pp.

Estudio Diagnostico OAPAS. 2014. Organismo Público Descentralizado para la prestación de los servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Naucalpan.

Gobierno del Estado de México (GEM). 2003. Diagnóstico Ambiental de la Región V. Naucalpan. Secretaría de Ecología. México. pp. 55.

Lara B. J. A. 1999. *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. Tesis maestría en ingeniería y gestión ambiental, Barcelona, Instituto Catalán de Tecnología - Universidad Politécnica de Cataluña. pp. 122.

Pérez M. J. A. 2010. *Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros*. Tesis de Ingeniero Civil Mecánico, Santiago de Chile, Universidad de Chile. pp. 83.

Toche, N. 2017. En México hay poca disponibilidad de agua. El economista, <http://eleconomista.com.mx/entretenimiento/2015/03/22/mexico-hay-poca-disponibilidad-agua>