

I. SISTEMA HIDRÁULICO DEL VALLE DE MÉXICO

1. ANTECEDENTES PREHISPÁNICOS

La cuenca del Valle de México contenía diversos lagos que eran, al norte, Xaltocan y Zumpango, de agua salada; al sur, Xochimilco y Chalco; y al centro, en su parte más baja, el Lago de Texcoco, estos tres últimos de agua dulce; en su conjunto formaban un área lacustre de más de 2000 kilómetros cuadrados (km²),¹ la cual se alimentaba por catorce grandes ríos que bañaban los bosques de las montañas. En las riberas de los lagos del complejo acuático —unidos cuando llovía en abundancia—, existieron desde el siglo X doce grandes puertos: Chalco, Mixquic, Xochimilco, Iztapalapa, Chimalhuacán, Texcoco, Zumpango, Cuautitlán, Tepeyac, Azcapotzalco, Tacuba y Coyoacán. Hacia el siglo XIV, los mexicas, un pueblo errante proveniente del occidente de Mesoamérica, fundaron sobre el mayor de los lagos la ciudad

¹<http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Regionales/GRAVAMEX/publicaciones/2a%20Parte%20Panorama%20del%20Agua%20en%20el%20Valle%20de%20M%20E%20xico.pdf>

de México-Tenochtitlan, una de las maravillas urbanísticas del mundo antiguo.²

Las ciudades de México-Tenochtitlan y su vecina Tlatelolco se caracterizaron por haber sido construidas en las islas surgidas de promontorios lodosos en el margen occidental del lago de Texcoco. Estas urbes aprovecharon las experiencias de los pueblos de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic para llevar a cabo su crecimiento urbano a partir de la construcción de chinampas que semejaban islas artificiales.³ Tenochtitlan fue construida casi enteramente sobre chinampas. Su edificación alrededor del islote de México amplió la extensión de tierra disponible en medio del lago de Texcoco en diez veces.⁴

Nezahualcóyotl, séptimo rey de Texcoco, construyó dos obras hidráulicas notables: en 1466, el acueducto que permitió llevar agua potable de los manantiales de Chapultepec a la Ciudad de México, y un dique de 16 kilómetros de largo, llamado "el albarradón", desde el cerro de Atzacualco en la sierra de Guadalupe, hasta el cerro de la Estrella en Iztapalapa, este último con la finalidad de evitar las crecidas periódicas del lago de Texcoco y que se mezclaran sus aguas salobres con las dulces de los demás lagos.⁵

En la cuenca de México, la mayor concentración de cultivo en chinampas tuvo lugar en la región que ocupaban los lagos de Chalco y Xochimilco, al menos durante el periodo Posclásico. Alimentados por los ríos Amecameca y Tlalma-

² <http://www.jornada.unam.mx/2004/05/31/eco-c.html>

³ http://www.inah.gob.mx/muse1/muna/respaldo/sala_arq/arq_07/arq_07e.html

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Lago_de_Texcoco#.C3.89poca_precolombina

⁵ <http://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/proyec1/>

nalco, así como por diversos manantiales ubicados en las márgenes meridionales, sus aguas eran mucho menos salobres que las del Lago de Texcoco, ya que su altitud era ligeramente mayor que la de este último. Entre los manantiales que surtían de agua al Lago de Xochimilco, se contaba entre otros con los de Nativitas, El Quetzalapa, Pinahuixa, San Jerónimo, Santa Cruz. El bajo nivel del fondo y la riqueza de los suelos, de origen volcánico, también contribuyeron a la expansión del sistema chinampero en la subcuenca de Chalco y Xochimilco.⁶

La ciudad se comunicaba con las distintas riberas del lago por medio de anchas calzadas (Ixtapalapa, Tepeyac y Tacuba; sur, norte y oeste respectivamente). El tránsito de las canoas era mediante canales; mientras que los peatones usaban calzadas y camellones adosados a los edificios.⁷

Más tarde, en 1499, los mexicas construyeron otro acueducto desde el manantial de Acuecuécatl, en Coyoacán, hasta Tenochtitlan, pero por falta de una tecnología adecuada para regular el flujo del agua y a causa de abundantes lluvias, la capital azteca sufrió una fuerte inundación, única de verdadera importancia en la época prehispánica, pero precursora de las graves inundaciones que sufrió la Ciudad de México.⁸

A mediados del siglo XV, los aztecas construyeron la calzada-dique que unió a la ciudad con las chinampas de Xochimilco. En esta época se delimitan también zonas reservadas a la pesca de uso exclusivo de los tenochcas.

⁶ <http://www.afsedf.sep.gob.mx/dgef/htmsectores/xochimilco/archivos/arqueologia.htm>

⁷ *Op. Cit.*, <http://www.inah.gob.mx...>

⁸ <http://www.edomex.gob.mx/caem/informacion/AcercaCAEM/CAP-I.HTM>

2. DESECACIÓN DEL LAGO DE TEXCOCO Y ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO

A la caída de Tenochtitlan en 1521, con la incursión de los españoles en el Valle de México, comenzó la desecación del Lago de Texcoco, debido a las continuas inundaciones que la aquejaban. Los españoles realizaron obras de protección con el uso de técnicas e instrumentos prehispánicos para construir presas, canales y conductos de agua que tuvieron como resultado el drenado hacia el norte, tanto de aguas negras como del agua pluvial y de los manantiales del lugar, con la consecuente desecación de esa parte del lago, favoreciendo con ello los asentamientos y el crecimiento de la población; el origen lacustre del suelo, permitió la realización de actividades humanas de subsistencia, como la agricultura y la ganadería.⁹

En 1555, Francisco Gudiel presentó al cabildo un proyecto para el desagüe general del Valle de México y la utilización de las aguas para el cultivo y la navegación, el cual consistía en desviar el río Cuautitlán por medio de un tajo abierto o acequia atravesando las montañas de Huehuetoca y conectarlo con el río Tepeji, propuesta que más tarde formularía Alejandro de Humboldt; pero no fue hasta 1590 en que el alemán Enrico Martínez, realizó un proyecto para su desagüe con la única variante de tener, además, un túnel o socavón; en 1607 el virrey Luis de Velasco inauguró trabajos para desaguar las áreas de Ecatepec, Huehuetoca y Nochistongo; en 1613, fue enviado de España el holandés Adrián Boot,¹⁰

⁹ <http://www.sma.df.gob.mx/sma/modules.php?name=News&file=article&sid=42>

¹⁰ <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15058a.htm>

técnico en el desagüe de lagunas; sin embargo, las inundaciones siguieron sin que se lograra el objetivo de proteger a la Ciudad de México en este aspecto.

En 1629 la Ciudad de México tuvo la peor inundación de su historia, pues duró cinco años y murieron treinta mil indígenas y cerca de veinte mil familias españolas fueron desalojadas. Cuando las aguas regresaron a sus límites naturales, la capital de Nueva España sólo contaba con cuatrocientas familias.¹¹

En 1637 se optó por el sistema de un tajo abierto para solucionar el eterno problema del desagüe, pero su utilidad tampoco fue definitiva.¹²

Durante el siglo XVIII, ante la creciente escasez de agua potable, fue necesario emprender campañas para racionalizar su uso, imponiendo multas a quienes la desperdiciaban. Los manantiales de Santa Fe y Chapultepec eran las principales fuentes de suministro de agua potable de la Ciudad de México. El primer acueducto que conducía el agua de Santa Fe se construyó de 1606 a 1620. El de Chapultepec recorría la calzada de Tacubaya y Arcos de Belén, y terminaba en la fuente del Salto del Agua, del cual se conservan algunos de sus arcos en la actual avenida Chapultepec,¹³ tenía más de tres mil metros en 904 arcos de mampostería, los cuales fueron concluidos definitivamente en tiempos del virrey Antonio María

¹¹ <http://www.presidencia.gob.mx/mexico/sabiasque/?contenido=25695&pagina=1>

¹² http://www.mexicodesconocido.com.mx/espanol/historia/siglo_xx/detalle.cfm?idpag=2277&idsec=4&idsub=24

¹³ <http://www.df.gob.mx/ciudad/reportajes/agua/2.html>

de Bucareli, el 20 de marzo de 1779. El agua de los manantiales de Santa Fe era conocida como "delgada", debido, según se creía, a sus bajos niveles de salinidad, en tanto que el líquido proveniente de la "Alberca Chica" de Chapultepec era el "agua gordá", por ser más salitrosa.¹⁴

A finales del siglo XVIII, se continuaron buscando soluciones para reducir las áreas lacustres. Ignacio Castera, arquitecto neoclásico creador del primer plano regulador de la ciudad, construyó hacia 1794 un canal, llamado en aquel tiempo de Guadalupe, para recoger las aguas de otro lago, el de San Cristóbal-Xaltocán.¹⁵

En 1819, una severa inundación cubrió una buena parte del Valle de México, sobre todo al norte; al grado de que el cerro del Tepeyac se convirtió en una isla. Hubo necesidad de abrir "cortaduras" en las calzadas y adoptar otras medidas para dar salida al agua.¹⁶

En las décadas de 1850 y 1860 el ingeniero Francisco de Garay participó en el proyecto de desagüe general de la cuenca de México a través del llamado gran canal y el túnel de Tequixquiac.¹⁷

El propósito central de ambos proyectos era disminuir el agua que se vertía al lago de Texcoco, con un nivel más bajo, proveniente de los lagos de San Cristóbal, Xaltocán y Zumpango, receptores del río Cuautitlán. Tal desagüe desembocaría

¹⁴ http://dgtve.sep.gob.mx/tve/maestros/efemerides/03marzo/20_03_1779.htm

¹⁵ Op. cit. <http://www.jornado.unom.mx/2004/05/31/eco-c.html>

¹⁶ Op. cit. <http://www.edomex.gob.mx/Coem/informacion/AcercoCAEM/CAP-I.HTM>

¹⁷ <http://www.neza.gob.mx/index.php?id=historia>

al río Tula y a sus afluentes, el Moctezuma y el Pánuco, y de esa manera conducir el agua 300 kilómetros, desde la cuenca hasta el Golfo de México.

El emperador Maximiliano autorizó en 1867 el proyecto definitivo para desalojar el agua de los lagos, conforme a la idea original del siglo XVII de construir un desagüe desde el lago de Texcoco. El proyecto consistió en edificar un canal abierto de 47 kilómetros del centro de la ciudad hasta Zumpango, poblado al pie de las montañas.

Para continuar con este plan, en 1884 el presidente Porfirio Díaz optó por crear una Junta Directiva del Desagüe del Valle de México¹⁸ y por concesionar los trabajos a empresas capacitadas para realizarlos. Gracias a ello, el túnel con una longitud de diez kilómetros se terminó en 1889, el canal de 47.5 Km en 1895 y la conexión con el alcantarillado en 1902, con lo cual la obra quedó totalmente concluida.

A partir de ahí se perforó por segunda vez la cuenca con un túnel de once kilómetros de largo y cuatro metros de diámetro. La lumbrera (orificio vertical para introducir la maquinaria de perforación) en la parte más alta de las montañas fue ahora de cien metros de profundidad. Se conoce como el primer túnel de Tequixquiac y fue concluido en 1895; cinco años después lo inauguró Porfirio Díaz;¹⁹ sin embargo, el problema de las inundaciones se presentó nuevamente en 1902 y, debido al crecimiento de la ciudad se saturaron sus desagües obligando a perforar por tercera vez la cuenca y un nuevo túnel fue construido entre 1937 y 1942.

¹⁸ www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/abrepdf.asp?upc=702825000978

¹⁹ <http://www.tequixquiac.gob.mx/historia/historia.htm>

En 1905, la Ciudad de México recibía de los acueductos 576 litros por segundo (lps), que alimentaban 8,190 tomas de agua; de los pozos artesianos, públicos y privados, se obtenían 387 lps adicionales. La perforación de pozos particulares se iba intensificando en algunas colonias residenciales, perjudicando el subsuelo. Durante ese mismo año se inició la ejecución del proyecto para obtener de los manantiales de Xochimilco, una captación de 2,000 lps, que garantizaba el consumo para 500,000 habitantes.

A principios del siglo XX el ingeniero Roberto Gayol promovió el desarrollo del sistema de abastecimiento de agua potable procedente de Xochimilco, y la construcción de la red de alcantarillado de la ciudad mediante colectores y atarjeas que combinaban aguas negras y pluviales. Esta obra se concluyó durante los primeros años de ese siglo y permitió desalojar las aguas negras hacia el desagüe central.

La construcción del acueducto principal de concreto hidráulico armado de metal desplegado, con una longitud de 33,155 metros, se inició el 18 de julio de 1905 y terminó parcialmente el 30 de julio de 1908. La obra total se concluyó en 1912.

En 1925 se realizaron varios trabajos para restablecer un abastecimiento eficiente de agua para un millón de habitantes que había en la ciudad. Se aumentó el caudal de Xochimilco, que aportaba ya 3,000 lps.

En virtud de que la zona metropolitana, y en particular la conurbada, seguía creciendo, fue necesario buscar nuevas fuentes de suministro fuera del Valle de México.

Se pensó en la zona del Alto Lerma por el grado elevado de potabilidad de los manantiales y por el desnivel de aproximadamente 300 metros entre Almoloya del Río y la Ciudad de México, lo cual favorecía la conducción del agua por gravedad. Se elaboró el proyecto y en 1942 se iniciaron las obras de toma en los manantiales, la perforación de pozos profundos en el área Ocoyoacac-Lerma, el acueducto de 56 kilómetros desde Almoloya hasta las lomas de Dolores en el Distrito Federal y una obra de control. Se utilizaron, para la regulación, los tanques de almacenamiento y la cámara de distribución del sistema que realizó el Ing. Marroquín de 1904 a 1912.

De los túneles que se perforaron, el mayor tiene una longitud de 14,300 metros y es la obra más notable del sistema. En su época fue el túnel de mayor longitud construido en México y uno de los diez mayores del mundo.

Los hundimientos del subsuelo, debido al bombeo del agua subterránea, ya visibles a mediados del siglo XX, acentuaron la vulnerabilidad de la ciudad en los años cuarenta y cincuenta.

En los años setenta se determinó dar una solución final al problema de las inundaciones a través de la construcción del Drenaje Profundo. Esta infraestructura consiste en interceptores que confluyen a un emisor profundo de 50 kilómetros de longitud que descarga en última instancia al río Tula, y cuenta con más de 100 kilómetros de túneles profundos.²⁰

Las aguas superficiales del Valle de México se depositan en lagunas, lagos y embalses que suman más de 100, de los

²⁰ www.cna.gob.mx/.../publicaciones/2a%20Parte_Panorama%20del%20Agua%20en%20el%20Valle%20de%20México.pdf

cuales los más importantes son la Laguna de Zumpango y los Lagos de Guadalupe, Texcoco, Nabor Carrillo y Xochimilco.

3. AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas del Valle de México son consecuencia de la hidrografía que tenía la zona hace 600,000 años, donde por haber sido una cuenca abierta y por tener dos ríos principales, se produjeron considerables depósitos de material aluvial en el fondo de la cuenca. Con posterioridad, y de origen volcánico, emergió la sierra del Chichinautzin, lo que originó que se convirtiera en una cuenca cerrada formando así los lagos del Valle.

Derivado de la actividad volcánica se acumularon grandes cantidades de ceniza, y a raíz de la formación de los lagos, se almacenó en el fondo fina arcilla permeable, lo que a su vez dio origen a depósitos lacustres con alto contenido de agua. Estos depósitos sirven para cubrir los requerimientos de agua de los habitantes del Valle de México, siendo su principal uso el doméstico.

Actualmente se tienen identificados siete acuíferos, de los cuales cuatro se encuentran sobreexplotados, (se extrae más agua de la que se recarga) siendo el más afectado el de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el cual es la principal fuente de abastecimiento de agua; sin embargo, debido a su gran demanda, se ha recurrido a cuencas externas como la del río Cutzamala y el acuífero del Valle del Lerma.²¹

²¹ Op. cit. [http://www.cna.gob.mx/...](http://www.cna.gob.mx/)

4. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA ACTUAL DEL VALLE DE MÉXICO

La infraestructura hidráulica del Valle de México tiene principalmente las funciones de abastecimiento y desalojo del agua del Valle, de las cuales sobresale el Sistema de Pozos llamado Plan de Acción Inmediata, integrado por 7 grupos de pozos los cuales suman 217, ubicados en el Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo; 8 acueductos, que en total suman más de 200 kilómetros; 6 plantas de bombeo y 1 planta potabilizadora.

El sistema Cutzamala se integra por 3 presas de almacenamiento y 4 derivadas; 6 macroplantas de bombeo; 1 acueducto de 121 kilómetros, la planta potabilizadora denominada *Los Berros*, ubicada en el Estado de México, así como tanques de distribución.

Por su parte el sistema de drenaje de aguas pluviales y residuales de la zona metropolitana, se compone de ríos entubados, vasos de regulación, el Gran Canal de Desagüe, interceptores, el Sistema de Drenaje del Lago de Texcoco y los emisores.