

ARTÍCULO

SUMINISTRO Y DESALOJO DEL AGUA DE
LA CIUDAD DE MÉXICO:
DE LOS AZTECAS AL SIGLO XXI

Dra. Blanca Jiménez Cisneros

Suministro y desalojo del agua de la Ciudad de México: de los aztecas al siglo XXI

Resumen:

En la época de los aztecas el servicio público del agua era universal y de buena calidad. Cada habitante contaba con la cantidad suficiente para todos los usos que requería. El diseño de la Ciudad se daba en armonía con los lagos y se contaba con infraestructura adecuada para el control de las inundaciones. Hoy en día la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con más de 21 millones de habitantes, experimenta, por una parte, la falta de agua potable y, por otra, un sinnúmero de inundaciones. En este artículo se presenta cómo se llegó a esta situación.

Palabras clave:

acuífero, historia, hundimiento, inundaciones, sobreexplotación.

Mexico City's Water Supply and Disposal: from the Aztec to the XXIst Century

Abstract:

During the Aztecs time the water services were public and universal. All the inhabitants had access to all the water they need. The design of the city was in harmony with the lakes and infrastructure to proper control urban floods was available. Nowadays, the Metropolitan Area of Mexico City is suffering from both, the lack of water and urban floods. This paper describes how we arrive to this situation.

Keywords:

aquifer, history, soil subsidence, urban floods, overexploitation.

Introducción

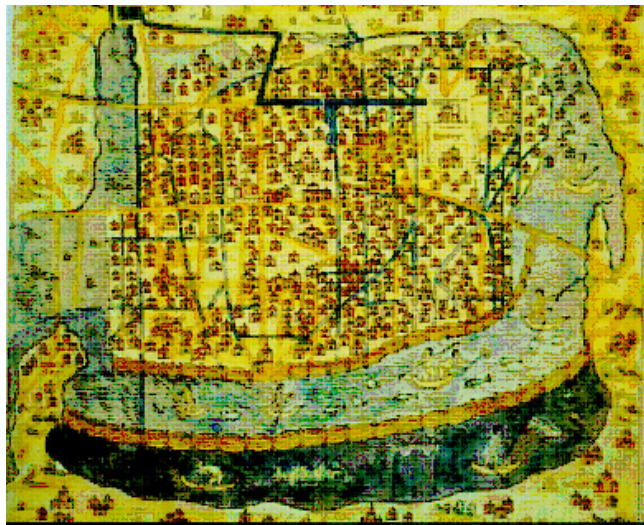
La zona metropolitana de la Ciudad de México cuenta con 21 millones de habitantes y se extiende tanto en el Distrito Federal como en 60 municipios del Estado de México e Hidalgo. La intensa actividad económica, junto con el elevado número de habitantes de la Ciudad, se traduce en un importante consumo de agua y, a la vez, en la generación de un gran volumen de agua residual. Si bien, desde la época de los aztecas la Ciudad de México era una megalópolis con 200,000 habitantes, en ese entonces los servicios públicos de agua y control de inundaciones eran mejores que los actuales, ya que hoy en día, a causa de la ubicación de la Ciudad y el crecimiento urbano no planeado, la Ciudad enfrenta serios problemas de agua. En este artículo se describe en forma sucinta cómo fueron variando los servicios de agua a lo largo de la historia de la Ciudad.

Época Precolombina

La ciudad de Tenochtitlán se fundó en 1325, en un Valle con varios lagos. La ciudad era muy bella y limpia pero también compleja, ya que estaba construida en una isla conectada al resto del Valle por medio de cuatro diques, que también eran usados como avenidas. Por su cercanía con el agua, los aztecas eran hábiles para manejarla y aprovecharla. Usaban los lagos para el transporte fluvial, la generación de energía mecánica y como fuente de alimento, además de disponer del agua para el riego. Para el suministro doméstico transportaban agua mediante un acueducto desde los manantiales de Chapultepec. Contaban con redes para llevar agua en abundancia a las clases sociales altas y a las fuentes de uso colectivo. El agua se usaba también en estanques, fuentes de ornato y jardines públicos. Para ello contaban con una infraestructura hidráulica muy sofisticada, que comprendía canales, diques, drenajes, chinampas, estanques y humedales artificiales (Birrichaga, 2004; Becerril y Jiménez, 2007).

Como la ciudad de Tenochtitlán se encontraba a una cota inferior a la de los lagos, era propensa a las inundaciones. Para controlarlas, Netzahualcóyotl, el rey de Texcoco, diseñó y construyó un dique de 16 kilómetros de largo y 4 metros de ancho. Este sistema controló las inundaciones durante cerca de 50 años.

En la época de los aztecas, todos los recursos naturales (incluida el agua) eran de propiedad pública. Los manantiales eran administrados por el gobierno, el que cobraba impuestos para su operación. Curiosamente, y a diferencia de lo que ocurre hoy en día, las diferentes tribus que habitaban el Valle contaban con convenios para manejar el agua a nivel de Cuenca.



Mapa de la Gran Tenochtitlán

Época Colonial

Cuando los españoles llegaron en 1519 DC, Tenochtitlán ocupaba un área aproximada de 9 kilómetros cuadrados. La ciudad era una impresionante obra urbana mezclada con los lagos. En contraposición con las costumbres europeas de esa época, los aztecas se bañaban frecuentemente. Usaban una amplia variedad de jabones, desodorantes, dentífricos y refrescadores de aliento. Para conquistar la ciudad, los españoles destruyeron la infraestructura hidráulica. Posteriormente repararon una parte de ella, en especial para dotar de más agua a la ciudad. Se construyó entonces el acueducto del Salto del Agua, a donde llegaba el agua de los manantiales de Chapultepec, y se construyó un segundo acueducto para traer agua del pueblo de Santa Fe. El agua se llevaba hacia fuentes públicas, casas de gente adinerada, hospitales y conventos. La población tomaba el agua directamente de las fuentes o la compraba a vendedores. El uso doméstico tenía preferencia sobre el uso industrial o agrícola (Birrichaga 1998 y 2004). Desafortunadamente, los servicios no eran de excelente calidad, debido a:

- La carencia de presupuesto para construir, operar y conservar las obras hidráulicas, ya que la mayor parte de los recursos económicos se enviaban a España;
- La compleja burocracia impuesta por los españoles, y
- El manejo discrecional de los derechos de agua, que en ese entonces se conocían como mercedes y que eran otorgados por la Corona de España.

Como la mayor parte de los ríos del Valle de México eran perennes, los españoles los usaron como drenaje. Además aislaron los lagos, ya que estaban acostumbrados a vivir en zonas áridas y temían a las inundaciones. En las tierras expuestas por el drenado de lagos, construyeron elegantes casas que sufrieron inundaciones por haber destruido la infraestructura de protección de los aztecas. Las inundaciones fueron frecuentes a partir de 1555. Después de una inundación ocurrida en 1586, el virrey Luis de Velasco, consideró la necesidad de vaciar por completo el lago de Texcoco. Después hubo otras dos inundaciones, en 1604 y 1607, siendo esta última la que por fin motivo al Virrey a encargar a Enrico Martínez la construcción de un canal para drenar el lago de Texcoco hacia el lago de Zumpango, y de allí hacia el río Tula, en Hidalgo, a través de Huehuetoca. Esta obra fue bautizada como Tajo de Nochistongo. En su primera versión fue construido con un bajo presupuesto y mala calidad, por lo que colapsó. Murieron más de 20,000 indígenas que trabajaban como obreros. Cuando el túnel se vino abajo, el Virrey de Velasco pidió al holandés Adrian Boot y a Enrico Martinez presentar nuevos proyectos por separado. Para decidir cuál era el apropiado, mandó cerrar el Tajo de Nochistongo, lo que produjo la peor inundación de la Ciudad de México. Ésta ocurrió en 1629 y duró aproximadamente 4 años, alcanzando una profundidad de 2 metros. Cerca de 20,000 personas murieron por causa directa de la inundación

o como resultado de epidemias. Se llegó incluso a considerar el cambio de la capital del virreinato a la Ciudad de Puebla. Enrico Martínez fue encarcelado (Santoyo et al., 2005; Jiménez, 2008; Jiménez y Birrichaga, en prensa).

En 1637 se inició la construcción de un canal abierto para enviar el agua residual hacia el río Tula, el cual fue concluido por completo hasta 1788, por falta de presupuesto. Con esta obra se redujo considerablemente el volumen de los lagos de Texcoco, Xaltocan y Zumpango.

Siglo XIX, después de la Independencia

En aquella época, la Ciudad se comunicaba aún con los lagos de Xochimilco y Chalco, por medio del canal de La Viga. Incluso, en los años 1840, se introdujeron barcos de vapor como medio de transporte. El paseo por el canal era uno de los favoritos de los habitantes de la Ciudad. En 1856, una nueva inundación dejó claro que la infraestructura de drenaje era insuficiente. En 1857 se propuso la construcción de un canal para desalojar el agua de lluvia, que partiera del lago de Texcoco y llegara una vez más al río Tula, por medio del Túnel de Tequixquiac. A pesar de la necesidad del proyecto, su construcción inició hasta 1866, durante el imperio de Maximiliano, y continuó en la República con Benito Juárez, para ser concluida en 1900 con Porfirio Díaz, como se mencionará más adelante.

En el siglo XVIII la escasez de agua comenzó a ser un problema, más que nada por el desorden que había en el manejo de los derechos, pues la gente la usaba sin permiso o empleaba más de lo que tenía permitido, en particular en los baños públicos. Se hicieron varios intentos por mejorar el manejo administrativo del agua e incluso para protegerla de las fuentes de contaminación, ya que se había comenzado a asociar los problemas de calidad con los efectos en la salud (Birrichaga, 2004 y Jiménez, 2008). A finales del siglo XVIII la falta del servicio de agua hizo crisis. Por ello, en 1776, para incrementar la oferta, se inició la explotación de los manantiales ubicados al sur de la Ciudad, en el desierto de Los Leones, lo que molestó a los habitantes locales. Para traer esta agua se construyó un tercer acueducto, que operó junto con el de Chapultepec y el de Santa Fé hasta mediados del siglo XIX (Birrichaga, 2004).

En 1795 hubo una inundación muy fuerte, por lo que se construyeron dos nuevos canales para drenar más agua hacia el Tajo de Nochistongo.

Siglo XIX

Al inicio del siglo XIX cada persona contaba sólo con 5 a 10 litros de agua por día. En 1847, cuando la Ciudad contaba con medio millón de habitantes, el gobierno comenzó a explotar el acuífero local por medio de pozos de 105 metros de profundidad. Diez años después había 168 pozos que producían el agua en forma artesiana (sin bombeo). A pesar de ello, la falta de agua hizo crisis en 1846. Mucha gente comenzó nuevamente a sacar agua directamente de tanques y tuberías. Primero en forma manual y, más tarde, incluso instalando equipo de bombeo. Para

remediar este problema se creó, a finales de ese año, la policía del agua, la cual, además de reparar la infraestructura, tenía la función de evitar que la gente tomara agua ilegalmente, o bien, contaminara las fuentes (Birrichaga, 2004). La carencia de agua también se debía a la falta de orden en el otorgamiento de concesiones, al mal estado de la infraestructura por falta de mantenimiento y a los daños ocasionados a la misma por los continuos temblores y terremotos (Birrichaga, 2004).

En 1866 el gobierno de la Ciudad se fijó dos metas en materia hidráulica: instalar una red de agua para que cada persona contara con 150 litros por día, y operar adecuadamente el drenaje. Para cumplir la meta de suministro se incrementó a 1000 el número de pozos y se ubicaron en toda la Ciudad (Jiménez, 2008).

Para construir la red, el gobierno intentó en dos ocasiones emplear tubería de plomo, lo que hizo en forma parcial ante el rechazo del gremio de los médicos por los efectos que causa en la salud. También intentó varias veces concesionar el sistema de agua a empresas privadas, pero los grandes industriales y agricultores se opusieron por el temor a perder sus derechos de agua.

En materia del marco legal, uno de los aspectos más relevantes del siglo XIX fue la liga del agua con la salud. En 1834 el ayuntamiento de la Ciudad emitió una norma para obligar a los pequeños vendedores de agua a limpiar, el primer día de cada mes, las fuentes públicas y privadas de agua. Posteriormente, en 1864, el emperador Maximiliano, emitió un reglamento sanitario y facultó en 1865 a la policía para vigilar la limpieza e integridad del sistema de suministro de agua (Birrichaga, 2004).

También en el siglo XIX se inició el reúso del agua residual generada en la Ciudad de México. Ello ocurrió como resultado de las descargas del drenaje en el Valle de Tula. El agua residual primero se reusó en 1889 para generar energía en dos plantas hidroeléctricas (Juandhó y La Cañada) y, posteriormente, en 1896, para el riego agrícola en Tlaxcoapan, Tlathuelilpan y Mixquiahuala. Cabe destacar que fue hasta 1912 cuando se creó formalmente un distrito de riego con agua residual, que después sería reconocido como uno de los más grandes del mundo en su género (Jimenez et al., 2004).

Por otra parte, en el siglo XIX persistió el problema del drenaje, convirtiéndose en un gran motivo de preocupación a partir de 1820. En 1856 se propuso un proyecto para “que la Capital y las poblaciones vecinas quedaran libres para siempre del riesgo de inundación”. Este proyecto consistió en construir un canal a cielo abierto, de 50 kilómetros, para descargar de nuevo al río Tula, a través del túnel de Tequixquiac. La construcción inició hasta 1865, tras una severa inundación, y bajo las órdenes de Maximiliano. Esta obra se suspendió al caer el Imperio. En 1868, Benito Juárez continuó en parte los trabajos y fue Porfirio Díaz quien lo inauguró en marzo de 1900. Durante la inauguración Porfirio Díaz anunció que la Ciudad había quedado libre de

inundaciones, pero unos meses después hubo una severa inundación que cubrió las plataformas de los tranvías (Santoyo et al., 2005; Jiménez, 2008; Jiménez y Birrichaga, en prensa).

En paralelo a las obras del gran drenaje, se diseñó y construyó el sistema combinado de drenaje de la Ciudad, que en ese entonces contaba ya con 417,000 habitantes.

Siglo XX

La Ciudad de México continuó creciendo y, poco a poco, el suministro de agua se tornó en un problema mayor. En 1913 se inició el aprovechamiento de los manantiales de Xochimilco y con ello también comenzó el deterioro de esta importante área histórica, ecológica y recreativa. Asimismo, durante las primeras cuatro décadas del siglo, la explotación de agua subterránea se hizo cada vez más intensa. Pronto se hizo evidente que el problema de la sobreexplotación no tenía que ver sólo con la disminución en la cantidad y la calidad del agua, sino también con el hundimiento de la Ciudad. Para detener la sobreexplotación y el hundimiento, en 1942, cuando la Ciudad contaba con 2 millones de personas, se decidió importar agua, primero, del río Lerma en el Estado de México y, luego, en 1951, del acuífero del mismo lugar. El agua que proviene de este sitio aún llega al Cárcamo de Dolores, en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, a un tanque adornado por Diego Rivera. Desafortunadamente, la mayor parte de esta agua se perdió en la red, debido a su mal estado. Como resultado se abrieron nuevos pozos en el Valle de México. Cuando la población alcanzó los 7 millones de personas, y sin haber reparado la red, se decidió en 1975 traer agua de Cutzamala, de una región ubicada a 130 kilómetros de distancia y a 1,100 metros por debajo del nivel de la Ciudad. Por lo tanto se requería de una cantidad de energía equivalente a la que consumía la Ciudad de Puebla para su transporte. El empleo del agua de Cutzamala no detuvo la sobreexplotación y por lo tanto tampoco el problema del hundimiento. La falta de agua motivó que a partir de 1964, cada año se fueran abriendo nuevos pozos (Jiménez, 2008).



Planta de bombeo de agua potable

El hundimiento de la Ciudad, debido a la sobreexplotación del acuífero, llegó a alcanzar en algunos

sitios velocidades de hasta 50 centímetros por año. Por ello se reubicaron pozos del centro hacia la periferia, pero en ese entonces la Ciudad ya se había hundido entre 7 y 10 metros, en función de la zona (Santoyo et al., 2005 y Jiménez, 2008). Para dotar de más agua a la creciente población, en lugar de reparar las fugas, se optó por promover la construcción del Acuaférico en 1998. El Acuaférico es una línea de distribución que permitiría llevar el agua, que entra por el norponiente, hacia el oriente con pocas pérdidas. Se construyó sólo parte de este proyecto.

En cuanto al drenaje habitacional, el siglo XX se caracteriza por su instalación masiva para mejorar el servicio y proceder a la pavimentación de las calles. En cuanto al drenaje del Valle, se supuso que las obras porfirianas habían controlado razonablemente el problema, ya que el Valle se desecaba. En 1938, el último canal que surcaba la Ciudad, el de la Viga, había sido cerrado y sustituido por una avenida. Entre 1954 y 1957 los ríos Churubusco, Remedios, Consulado y la Piedad corrieron una suerte similar (Birrichaga, 2004).

Entre los años 1930 y 1940, la población de la Ciudad de México se incrementó notablemente, asentándose en su mayoría en los terrenos que habían sido desecados, es decir, al oriente. Tal migración se debió a que la gente creyó que la urbe no volvería a inundarse. Sin embargo, hubo dos severas inundaciones, en 1942 y 1945, por lo que en 1942 se procedió a ampliar el túnel de Tequixquiac. En 1947, el ingeniero Nabor Carrillo demostró que, a causa de la sobreexplotación del acuífero, el sistema de drenaje había perdido pendiente y con ello la capacidad para desalojar el agua de lluvia y la residual, apareciendo con esto una nueva fuente de inundaciones. Se hicieron varios trabajos para ampliar los colectores de drenaje, pero sin detener la sobreextracción de agua. En 1951 la Ciudad tuvo una nueva inundación, resultante de una precipitación pluvial muy intensa que alcanzó dos metros de altura. Cubrió dos tercios de la Ciudad y duró tres meses.

En 1967 se dio inicio a la construcción del Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México. Éste consistía de dos grandes interceptores, el Emisor Poniente y el Emisor Central, que a través del Tajo de Nochistongo descargaría nuevamente en el Valle de Tula. Con estas obras prácticamente se desecó el único lago que quedaba, el de Texcoco. En 1975 se concluyeron las obras del Drenaje Profundo.

Así, en los noventa la Ciudad alcanzó los 17 millones de personas, población que se extendió en 2,000 kilómetros cuadrados de superficie. Ello se reflejó en la demanda de agua y en la necesidad de drenaje. A causa de las constantes inundaciones, la población prefirió asentarse al sur y al poniente de la Ciudad, en la zona de recarga natural del acuífero.

Antes de terminar con lo ocurrido en el siglo XX, es necesario añadir unos cuantos aspectos más. Uno de ellos es que la historia del drenaje se puede contar de dos formas: una como medio de control de inundaciones y otra como la forma de desecar el Valle. La decisión de desecar el Valle se formuló en 1857; se inició en 1637, y se hizo en forma masiva a partir de 1900. En especial

siempre se buscó desecar el lago de Texcoco para evitar que los terrenos adyacentes a la Ciudad de México se tornaran improductivos, a causa de los “polvos tequezquitosos” que se arrastraban del fondo del antiguo lago. La idea era recuperar el suelo para la agricultura, situación que no se produjo porque el fondo del lago, al ser muy salado, no era apto para este fin. La disponibilidad de terreno hizo que éste fuera ocupado por asentamientos irregulares y tiraderos de basura. A pesar de ello, por la mala calidad del suelo, el cual por cierto tampoco sirve para las construcciones, como se pretende hoy en día, quedó un área desocupada que en ocasiones contenía agua sucia y en otras se secaba. El suelo seco es muy fino y era fácilmente arrastrado por los vientos de enero a marzo, produciendo fuertes tolvánicas en la Ciudad de México. Se llegaban a presentar entre 30 y 90 tolvánicas al año, que eran causa de enfermedades respiratorias. Además, las tolvánicas provocaban el cierre temporal del aeropuerto hasta por 1 hora y 24 veces por año, con un elevado costo económico (Cruickshank, 1998). Para remediar este problema y recuperar la presencia de las aves migratorias que habitaban en el lago de Texcoco, en 1971 se creó la Comisión del Lago de Texcoco. Gracias a este proyecto se creó una zona de almacenamiento de agua que sirve para el control de inundaciones; se restablecieron los lagos, y se instaló uno de los rellenos sanitarios más grandes del mundo para alojar la basura de la Ciudad. Así, de 35,000 aves que había en la zona antes del proyecto, para fines de los noventa llegaban 300,000 aves de 134 especies. A finales del siglo XX la Ciudad de México generaba 67.7 metros cúbicos por segundo de agua residual, y contaba con 71 plantas depuradoras, 27 de ellas operadas por el Distrito Federal y 44 por instituciones federales (Comisión del Ex Lago de Texcoco, Comisión Federal de Electricidad y el Ejército, entre otros) o empresas privadas. En el Distrito Federal se tratan 7.7 metros cúbicos por segundo y toda esta agua se reusa. El reúso formal inició en 1956, con la instalación de la primera planta de tratamiento en el parque de Chapultepec: en el riego y el llenado del lago del mismo parque. En total, el agua que se trata en plantas públicas de la zona metropolitana, se reusa para la recarga de lagos y canales recreativos (54%); el riego de 6,500 hectáreas agrícolas y áreas verdes (31%); el enfriamiento industrial (8%); fines comerciales como el lavado de automóviles (5%), y la recarga del acuífero (2%). No hay información sobre qué volumen de agua se reusa a nivel privado, aunque se conocen casos en los que se emplea para el riego de áreas verdes en clubes deportivos o campos de golf, así como para la descarga de excusados (Jiménez, 2008).



Planta de tratamiento de agua residual de Chapultepec

SIGLO XXI

Hoy en día la zona metropolitana de la Ciudad de México se asienta en 9,600 kilómetros cuadrados, es decir, en casi 650 veces el área de Tenochtitlán. Cuenta con 21 millones de habitantes, tanto en el Distrito Federal como en otros 60 municipios conurbados. De los cinco grandes lagos que se encontraban en el Valle, hoy en día quedan sólo partes del de Texcoco y el de Zumpango. En el Valle sólo hay un río que corre todo el año, el Magdalena, que en su primer tramo está descubierto y limpio, y en los demás está sucio y/o entubado. La Ciudad emplea 85.7 metros cúbicos de agua, 48% suministrado por medio de la red, 19% bombeado directamente del subsuelo por agricultores e industriales y el 9% aportado por el agua de reúso. El agua de primer uso (78 metros cúbicos por segundo) proviene, por orden de importancia, de (Jiménez, 2008):

- 1,965 pozos ubicados en su mayoría al sur y oriente de la Ciudad.
- Del Sistema Cutzamala, ubicado a 130 kilómetros de distancia y a 1,100 metros por debajo del nivel de la Ciudad
- Del acuífero de Lerma, a 100 kilómetros de distancia y a 300 metros sobre el nivel de la Ciudad y de donde de una cantidad inicial aportada de 7 metros cúbicos por segundo se recibe ya sólo 3 metros cúbicos por segundo.
- El río Magdalena y el manantial de Fuentes Brotantes, ubicados al sur de la Ciudad

Así, el acuífero local, con un aporte de casi el 60%, se mantiene como la principal y más segura fuente de agua. A pesar de ello la población continúa extendiéndose al sur y este de la zona de recarga –ante el problema de las inundaciones–; la sobreexplotación es de más de 100% y continúa creciendo junto con el deterioro de su calidad por las fuentes difusas de contaminación y la falta de drenaje al sur de la Ciudad (Jiménez, 2008).



Ca a

Los datos de cobertura de agua “potable” para el Distrito Federal indican que hay cerca de 1.15 millones de personas que reciben el agua mediante carros tanque y ocultan que el resto la recibe por medio de la red en forma tandeada. En el Distrito Federal, a pesar de que se inyectan a la red 255 litros por habitante al día, la gente recibe en promedio sólo 153 litros por habitante al día, que era la meta del gobierno para el siglo XIX. Los datos para los municipios conurbados, además de escasos, son poco precisos, pero se esperaría que por lo menos hubiese una situación similar a la del Distrito Federal.

Desde los primeros años de este siglo XXI, el deficiente funcionamiento del drenaje del Valle de México fue de nuevo evidente, por lo que se han vivido numerosas inundaciones que sería imposible citar aquí. Para remediar este problema, en 2005 se inauguró una estación de bombeo planeada para estar en funcionamiento desde los noventa. Recientemente se anunció la construcción de un cuarto drenaje profundo, el Túnel Emisor Oriente o TEO, que desembocará también en el río Tula y que tendrá un costo de 14, 230 millones de pesos. Aparejado con este proyecto, y para cumplir una norma que obligaba a la Ciudad de México a tratar sus aguas en el año 2000, se construirá una planta para el tratamiento de 23 metros cúbicos por segundo de agua residual durante el estiaje y 12 metros cúbicos por segundo adicionales durante la época de lluvias para el riego agrícola (CONAGUA, 2011).

Como se habrá podido observar a lo largo del texto, la decisión siempre ha sido enviar el agua residual al Valle de Tula. Este Valle se encuentra a 100 kilómetros de la Ciudad, en el Estado de Hidalgo y tiene una altitud que varía de sur a norte entre 2,100 y 1,700 metros sobre el nivel del mar. Es semiárido, con sólo 525 milímetros de precipitación anual y 1,750 milímetros de evaporación, por lo que carece en forma natural de suficiente agua para la agricultura. La 12 -xx

vegetación original del Valle son plantas xerófitas, pero gracias a la presencia del agua residual es ahora uno de los distritos de riego más importantes y productivos del país, con una área cultivable de hasta 90,000 hectáreas. Por la importancia del agua residual de la Ciudad de México para la economía del Valle de Tula, ésta fue concesionada por el Presidente a los agricultores desde 1920 (Jiménez, 2005). Por otra parte, dado que el riego se realiza con importantes volúmenes de agua para lavar las sales del suelo y es transportada y almacenada por cientos de kilómetros de canales y presas sin revestir, ésta ha servido como fuente de recarga al acuífero de Tula en más de 25 metros cúbicos por segundo. Ello, además de haber incrementado el flujo base del río Tula de 1.6 metros cúbicos por segundo a más de 12.7 metros cúbicos por segundo entre 1945 y 1995, ha generado la aparición, desde los cuarenta, de manantiales con gastos de 40 a 600 litros por segundo. Todas estas nuevas fuentes de agua se emplean para abastecer a los cerca de 500,000 habitantes que habitan el Valle de Tula, así como sus diversas actividades. En 1995 se reconoció oficialmente que el agua del subsuelo de Tula tenía su origen en el agua residual de la Ciudad de México por su infiltración al acuífero y se determinó que su calidad era buena, principalmente por su depuración en el suelo (Jiménez and Chávez, 2004).

Independientemente de toda esta situación, la falta de agua en la Ciudad de México para su uso y el control de la sobreexplotación del acuífero, hace que se requieran un poco más de 21 metros cúbicos por segundo, sin contar la demanda por el crecimiento continuo de la Ciudad. Desde hace más de 20 años se ha señalado que gran parte de este déficit se podría abatir con un programa eficiente de control de fugas, mediante un programa intenso de trabajo que tomaría entre 5 y 10 años para ser posteriormente constante con menor intensidad. Por ello, se requiere de otra fuente adicional de agua. Traer agua de otras cuencas representa proyectos que son hoy en día rechazados socialmente por las comunidades locales, al no haber recibido beneficio alguno por ceder el agua a la Ciudad. Incluso muchos de ellos tienen coberturas de servicio de agua y drenaje muy por debajo de la media nacional. Por ello, se considera que la Ciudad de México –y en particular porque no se toman otras decisiones como el control del crecimiento y la eliminación eficiente de las fugas de agua–, debe proceder a incrementar el reúso de su agua residual. Las opciones de reúso pueden ser para tres fines: agrícolas, industriales y/o municipales. Mediante reúso agrícola se podrían recuperar al menos 14 metros cúbicos por segundo de agua al regar con agua tratada las zonas ubicadas al norte (Tultitlán, Ecatepec, Jaltenco, Nextlalpan, Melchor Ocampo), nororiente (Teoloyucan), oriente (Chalco) y sur (Xochimilco). Si además se impulsara un programa de reúso industrial, éste se limitaría a aproximadamente 2 metros cúbicos por segundo (25% en el Distrito Federal y 75% en el Estado de México), debido a que ya hay programas para

ello. Nótese que con estos dos tipos de reúso se reduce la descarga de agua al Valle de Tula en 16 metros cúbicos por segundo.

Las posibilidades de reúso municipal son también limitadas, ya que, como ya se ha señalado, muchas ya se practican. De hecho la opción importante que falta es la de reúso para consumo humano. Para ésta hay dos opciones: la de tratar el agua in situ (es decir antes de enviarla al Valle de Tula), o bien, seguir enviándola al Valle de Tula para recuperarla del acuífero. Para la primera opción se debe reducir el agua que se envía a Tula en 15 metros cúbicos por segundo, para recuperar 10 metros cúbicos por segundo si se hace mediante inyección directa a la red, ya que durante el tratamiento se pierde agua, o bien, 21 metros cúbicos por segundo para el mismo rendimiento si el agua tratada se reinyecta primero al acuífero del Valle de México antes de recuperarla. Así, aplicar todas estas opciones de reúso implica reducir el aporte de agua residual al Valle de Tula entre 31 y 37 metros cúbicos por segundo, lo que significa que en este Valle se cierren zonas de cultivo y se limite el uso industrial y municipal. Dado que las dos primeras opciones representan una razón de agua recuperada de casi una a uno y en total suman 16 metros cúbicos por segundo, la cantidad faltante para los 21 metros cúbicos por segundo se podría obtener de la importación de agua del acuífero del Valle de Tula, donde el excedente de 10 metros cúbicos por segundo permitiría producir 6 metros cúbicos por segundo, considerando la eficiencia hidráulica de los procesos. Además de que esta opción es más confiable desde el punto de vista de la seguridad para la salud, permitiría que en el Valle de Tula –que ha servido por más de 110 años como receptor de las agua residuales de la Ciudad de México para evitar su inundación– se siguieran desarrollando las mismas actividades de la misma forma, o incluso con una mayor productividad, si se hacen inversiones para mejorar los servicios y el uso del agua. Finalmente, en cualquiera de las dos opciones de reúso para consumo humano, es indispensable controlar las descargas industriales al drenaje e incluso segregadas de ser necesario. Son actividades que no han sido aún iniciadas por la secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal y los municipios conurbados (Jiménez, 2008).



Detección de fugas de agua potable

Conclusiones

Desde la época de la colonia, con el cambio de la concepción urbana de la Ciudad de México, ésta

14 -xx

ha sufrido tanto por la falta de agua como por inundaciones. Esta situación no sólo persiste en el siglo XXI, sino que se ha agravado, en especial en 2011 con las constantes inundaciones que han tenido implicaciones muy serias para la población. Por ello, sería importante que los gobiernos de las diversas entidades políticas que conforman la Ciudad, trabajaran coordinadamente con la sociedad, con el fin de buscar un nuevo modelo de manejo de agua que permita controlar la sobreexplotación, para evitar la subsidencia del suelo; proteger la calidad de agua de las fuentes de suministro en forma sustentable; emplear fuentes alternas de agua, y controlar las fugas de agua en la red. En lugar de manejar la demanda por medio de tarifas frente a consumos de agua, que son ya muy bajos y que por lo tanto carecen de elasticidad, se debiera hacer mediante el control del crecimiento de la Ciudad.



Mancha urbana de la Ciudad de México

Referencias

Becerril E. y Jiménez B. (2007) Potable water and sanitation in Tenochtitlan Aztec Culture, *Water Science and Technology*, 7(1):147-154.

Birrichaga-Gardida D. (1998) Las empresas de agua potable en México (1887-1930). En: *Historia de los usos del agua en México. Oligarquías, empresas y ayuntamientos (1840-1940)*, B. Suárez (coord.), CONAGUA, CIESAS e IMTA, México: 181-226.

Birrichaga Gardida D. (2004) El dominio de las “aguas ocultas y descubiertas” hidráulica colonial en el centro de México, siglos XVI-XVII En *Mestizajes tecnológicos y cambios culturales en México*, Florescano E. y García Acosta V. Ed., CIESAS, México: 91-114

CONAGUA (2011) [http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadel Valle deMexico/PTARAtotonilco.aspx](http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelValledeMexico/PTARAtotonilco.aspx)

Cruickshank García, G. (1998): Restauración hidrológica del Lago de Texcoco. Consejo Nacional del Agua. 138 pp. México.

Jiménez B., Mazari M., Cifuentes E. y Domínguez R. (2004) El agua en el Valle de México, Capítulo en *El Agua en México Vista desde la Academia*, Jiménez and Marín L., Ed. Academia Mexicana de Ciencias, 15-32 pp. México.

Jiménez B. and Chávez A. (2004) Quality assessment of an aquifer recharged with wastewater for its potential use as drinking source: "El Mezquital Valley" case, *Water Science and Technology*, **50**(2):269-273.

Jiménez B. (2008) Water and Wastewater management in Mexico City in integrated urban water management in arid and semi-arid regions around the world. L. Mays Editor. *Taylor and Francis Group Ltd*, pp 81-112, Francia.

Jiménez B. y Birrichaga D. (en prensa) Water Services in Mexico City: The need to return to the IWRM principles of Tenochtitlán (700 years of water history) in Angelakkis A. Ed. *Evolution of Water Supply Throughout the Millennia*, Springer., 31 pp

Santoyo E., Ovando E., Mooser F., y León E. (2005). Síntesis geotecnia del Valle de México basin, TGC- Geotecnia, S.A. de C.V. México, 171 pp., México