

El sistema de drenaje de la Ciudad de México The sewage system of Mexico City

A.K. Hernández-Espinosa^a, E.M. Otazo-Sánchez^{a*} , A.D. Román-Gutiérrez^a , C. Romo-Gómez^a 

^a Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Resumen

Se presenta un resumen concentrado de la evolución histórica del sistema de drenaje de la zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Esta información está dispersa y se ha recopilado de informes y documentos oficiales, cuyos mapas se han actualizado al presente. La situación del drenaje es objeto de constantes trabajos de mantenimiento y ampliación. A pesar de ello, la ciudad continúa sufriendo de constantes inundaciones, agravadas por su hundimiento progresivo, el aumento poblacional y los efectos del cambio climático. Gran parte de sus aguas negras son vertidas en el Valle del Mezquital, al sur del estado de Hidalgo, lo cual ha promovido el desarrollo de la agricultura en esa zona semidesértica, pero con un gran costo ambiental. En 2019, la Planta de Tratamiento de Aguas de Atotonilco de Tula inició operaciones y el agua de riego cumple las normas mexicanas.

Palabras Clave:

ZMCM, Alcantarillado, Desagüe, Emisor Poniente, Emisor Central, Emisor Oriente, Gran Canal, Tajo de Nochistongo, Túnel de Tequixquiac

Abstract

The historical evolution of the metropolitan area of the Mexico City drainage system is compiled in this paper. The information is scattered and compiled from official reports, documents, and maps that have been updated. The drainage situation is the subject of constant maintenance and expansion work. Despite this, the city suffers from continuous floods, aggravated by its progressive sinking, population growth, and climate change. Along more than a century, the untreated sewage poured into the semi-desert Mezquital Valley, Hidalgo state, promoting agriculture development but at a high environmental cost. In 2019, the Water Treatment Plant in Atotonilco de Tula started operations, and irrigation water fits the Mexican standards.

Keywords:

Mexico City, Metropolitan Area, Drainage, West Emitter, East Emitter, Central Emitter, Great Canal, Nochistongo Gash, Tequixquiac Tunnel

1. Introducción

Las primeras ciudades no poseían sistemas de saneamiento y los desechos humanos eran lanzados a las calles, de manera que los malos olores y el peligro de contraer alguna enfermedad formaban parte del ambiente social.

El sistema de alcantarillado de los asentamientos urbanos surge para evacuar las aguas albañales y mejorar la sanidad urbana. Habitualmente, se integran los escurrimientos pluviales de las calles para evitar inundaciones que causan alteraciones a las actividades cotidianas de la población y daños a sus bienes. Generalmente, los sistemas de drenaje están integrados por un sistema principal, una red primaria y

una secundaria (Agustín F. Breña-Puyol & Breña-Naranjo, 2009).

Las ciudades de México no fueron la excepción y de estos hechos proviene la costumbre de gritar “¡AGUAS!” para advertir de algún peligro. En la Ciudad de México, el gran aumento de la población urbana ha conllevado a un proceso complejo a lo largo de siglos ya que las obras del sistema de drenaje se amplían sistemáticamente, sin separar las aguas pluviales de las residuales (Jiménez-Cisneros, 2011).

El objetivo del presente artículo consiste en brindar una información resumida, recopilada de diferentes documentos, acerca de las etapas de construcción del sistema de drenaje de la Ciudad de México, que durante más de un siglo ha vertido

*Autor para la correspondencia: elenamariaotazo@gmail.com

Correo electrónico: he450518@uaeh.edu.mx (Ana Karen Hernández Espinosa), elenamariaotazo@gmail.com (Elena María Otazo Sánchez), aroman@uaeh.edu.mx (Alma Delia Román Gutiérrez), claudiar@uaeh.edu.mx (Claudia Romo Gómez)

la mayor parte de sus aguas negras sin tratar en el Valle del Mezquital, en la zona sur del estado de Hidalgo. La disponibilidad de esas aguas ha impulsado el desarrollo socio-económico no sustentable del valle, debido al enorme costo ambiental.

2. Recuento histórico del sistema de drenaje del Valle de México

En el siglo XV la cuenca de México se integraba por 1,100 km² de los lagos: Texcoco, Chalco, Xochimilco, San Cristóbal – Xaltocan y Zumpango, los cuales equivalían a la superficie urbana de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) en el año 1990 (Iracheta-Cenecorta, 2000). Por ser una cuenca endorreica no tiene salidas naturales y tiende a inundarse con frecuencia.

La cuenca fue sede de Tenochtitlan, la gran urbe azteca, fundada en 1325 (CONAGUA, 2009). La ciudad se construyó en una isla que se conectaba al resto de la cuenca por medio de cuatro diques utilizados como calzadas (Fig. 1). Los aztecas eran hábiles para manejar y aprovechar el agua; contaban con una infraestructura hidráulica muy sofisticada, comprendida por canales, diques, drenajes, chinampas, estanques y humedales artificiales. Cabe mencionar el Albarradón de Netzalhualcáyotl, construido para evitar las inundaciones de la ciudad (Jiménez-Cisneros, 2011).

La fundación de Tenochtitlán en plena zona lacustre y su vertiginoso ascenso político definieron la transformación ambiental de la cuenca mediante el control de los niveles de agua en los canales debidos a la fluctuación crecida-estiaje. La infraestructura desarrolló la vida urbana, la comunicación y la interconexión dentro de la propia cuenca y con el exterior (CONAGUA, 2009).



Figura 1. Tenochtitlán en 1519, ya extendida sobre el agua por las chinampas (Covarrubias, 1964).

Después de la invasión, la Ciudad de México continuó creciendo sin el conocimiento adecuado de los conquistadores acerca del papel que jugaban los canales, los albardones, las acequias, y las compuertas para el equilibrio hidráulico de la ciudad (Abedrop-L., Espinoza, Collado, Morales, & Hernández, 2012). En 1521, las obras hidráulicas estaban casi totalmente destruidas con el resultado de inundaciones recurrentes de gran duración y la insalubridad creciente (A. F. Breña-Puyol & Naranjo-Pérez de León, 2018).

Esta situación se tornó tan caótica, que al iniciar el siglo XVII la ciudad permaneció cinco años inundada por dos metros de altura y se decidió abrir la cuenca para poder drenar los lagos. Para ello, en 1608 se comenzó la construcción del Tajo de Nochistongo, que llevaría las aguas negras de la ciudad hacia el Valle del Mezquital (A. F. Breña-Puyol & Naranjo-Pérez de León, 2018).

2.1 El tajo de Nochistongo: primer sistema de drenaje del Valle de México

Tras la inundación de la Ciudad de México en 1604, el virrey Juan de Mendoza y Luna convocó a la presentación de proyectos para un sistema de drenaje permanente de la ciudad y no obtuvo una propuesta favorable. En 1607, tras otra inundación donde la ciudad queda casi destruida, el virrey Luis de Velasco II publicó una nueva convocatoria abierta para proyectos del sistema de drenaje.

El cosmógrafo Enrico Martínez presentó el proyecto ganador, que consistía en un corte a cielo abierto para drenar el río Cuautitlán hacia Nochistongo, aprobado el 23 de octubre de 1607 (Ramírez-de Alba, 1995).



Figura 2. Tajo de Nochistongo en color magenta y Gran Canal de Desagüe en color rojo (Mario López-Pérez, 2011).

La obra consistió en la construcción de un túnel y el corte de los cerros, para que el agua drenara por gravedad desde la ciudad hacia el Valle del Mezquital. Las aguas del río Cuautitlán se conectarían con el río Tepeji mediante el tajo, atravesando los cerros de Huehuetoca (Fig. 2), llegando finalmente al río Tula (Legorreta, 2006). Si bien esta obra logró desviar el cauce de los ríos, no sirvió de drenaje para las aguas negras ni para desecar los lagos según las expectativas del gobierno.

En esta primera versión del Tajo de Nochistongo en el siglo XVII, trabajaron sesenta mil indígenas. Fue construido con un

presupuesto bajo y mala calidad, que provocó que colapsara. Los derrumbes fueron debidos a su construcción en tierra movediza, trayendo consigo la peor inundación de la Ciudad de México en el año 1629, que duró cuatro años.



Figura 3. El Tajo de Nochistongo en el año 1963 (Schalkwijk, 1963).

Por esta situación, en 1637 se decidió la reconstrucción del Tajo de Nochistongo a cielo abierto para enviar el agua residual directamente hacia el río Tula, el cual fue concluido hasta el año 1788, después de 150 años (Jiménez-Cisneros, 2011). Actualmente el Tajo de Nochistongo se encuentra en funcionamiento (Fig. 3).

Finalmente, el 8 de junio de 1789, 181 años después del inicio de la primera obra, se logró concluir el último tramo del tajo abierto, con una longitud total de 12,986 m. El Tajo de Nochistongo fue la primera salida artificial de la Ciudad de México. Sin embargo, aún resultó ser insuficiente para drenar las aguas residuales y pluviales de la ciudad debido al rápido crecimiento de la mancha urbana. Las inundaciones continuaron con frecuencia y por ello surgieron nuevas alternativas para el sistema de drenaje de la ciudad.

2.2 El Gran Canal de Desagüe

Durante la época colonial los esfuerzos por secar los lagos y la Ciudad de México fueron constantes, pero insuficientes. A mediados del siglo XIX el ingeniero Francisco Garay propuso construir un gran canal y desecar los lagos.

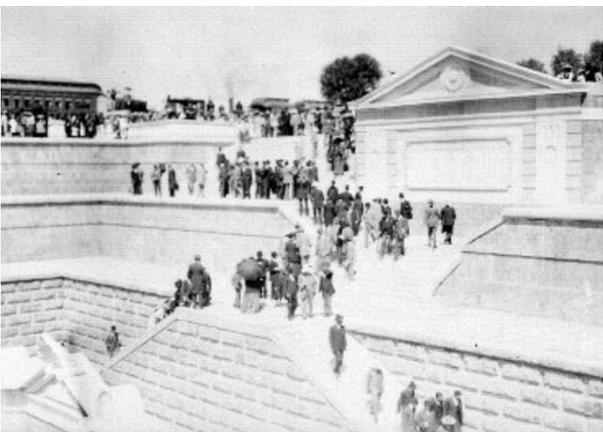


Figura 4. Inauguración del Gran Canal en 1900 (Casasola, 1910).

El proyecto fue dividido en tres partes: un tajo de Texcoco a Zumpango, un túnel de Zumpango a Tequixquiac, y otro tajo en la salida que conectaba al río del mismo nombre (Espinosa-Castillo, 2008). La trayectoria del Gran Canal se muestra en color rojo en la Figura 2. Este canal se representa en color café en los mapas posteriores.

En 1867 se comenzaron las obras del Gran Canal de Desagüe, durante el mandato de Maximiliano de Habsburgo. Su conclusión demoró hasta el 17 de marzo de 1900, cuando fue inaugurado por el presidente Porfirio Díaz (Fig. 4).

El Gran Canal tiene una longitud 47 km, que en su mayor parte, consta de un conducto a cielo abierto desde el Lago de Texcoco; y en su parte final, de un túnel de 100 m de profundidad llamado el Túnel de Tequixquiac, que fue concluido en el año 1895 (Izazola, 2001).



Figura 5. Vista parcial del Gran Canal en el año 1890 (Teixidor, 1890).

La construcción del Gran Canal de Desagüe (Fig. 5) se planeó con dirección al estado de Hidalgo, para que el agua fuera vertida en el río El Salado, que desemboca en el río Tula al norte del valle. Desde ese momento, se inició la práctica de regadío con aguas negras en el Valle de Mezquital, un área semidesértica poblada por asentamientos otomíes, que fomentó la agricultura en esta zona del estado de Hidalgo,



Figura 6. Tajo de Tequixquiac, contigua al desembarcadero del túnel (al fondo) en el año 1945 (Casasola, 1945).

Con el aumento gradual de aguas negras recibidas se formaron posteriormente el sistema de canales y presas que las llevan hacia las áreas de cultivos (García-Salazar, 2019). Se crearon los Distritos de Riego 003 (Tula) y 100 (Alfajayucan) en la década de 1970, y más tarde, el 112 (Ajacuba) a mediados de los ochenta (Hernández, Kampfner, Rodríguez, & Meneses, 2017).

Según el proyecto inicial, el Gran Canal podría solucionar el saneamiento de la Ciudad de México. (Abedrop-L. et al., 2012). No obstante, la obra no fue suficiente debido al crecimiento exponencial de la población y también por el hundimiento de la ciudad, que dificultaba la salida de los escurrimientos pluviales.

La construcción de una obra auxiliar fue necesaria para liberar la carga recibida por el Gran Canal y surge la idea de construir un nuevo túnel, el cual se construyó entre los años 1937 y 1942, que es conocido como el segundo túnel de Tequiquiac (Izazola, 2001). Ambos túneles están representados en color rosa en la Figura 7.

2.3 Túnel Emisor Poniente (TEP)

Ante la insuficiencia del Gran Canal para poder controlar las inundaciones de la Ciudad de México y no satisfacer sus requerimientos como sistema de drenaje, se decidió comenzar con la construcción del TEP (Fig 7) en el año 1962.



Figura 7. Túnel Emisor Poniente en color naranja. Modificado de (Abedrop-L. et al., 2012).

El TEP es un sistema de drenaje cerrado y subterráneo en su mayor parte, para evitar la presencia de los malos olores que siempre han acompañado al Gran Canal de Desagüe. Consta de varios túneles y un canal revestido que sigue el cauce del río Hondo hasta el Vaso de Cristo, donde desemboca. Esta obra incluyó la conexión de las escorrentías y arroyos del poniente de la Ciudad de México que vertían hacia la ciudad y de ahí proviene su nombre.

El recorrido del TEP se encuentra representado en color naranja en la Figura 7. Los elementos principales que integran este sistema son: los cauces naturales del poniente de la ciudad, en color azul; el sistema de interpresas; el túnel principal llamado interceptor poniente, en color naranja; el río Hondo, el vaso regulador de Cristo, las presas Guadalupe y Concepción; el río Cuautitlán, en color azul; y el Tajo de Nochistongo, en color morado. (CONAGUA, 2018).

El TEP posee una longitud aproximada de 15 km y una capacidad de descargas de 30 m³/s (Abedrop-L. et al., 2012).

Con el proyecto TEP se esperaba cubrir las necesidades de la población durante las siguientes décadas, pero tampoco fue suficiente. El ritmo de crecimiento poblacional y urbano trajo consigo más demanda de servicios básicos e impedía las filtraciones de agua como recarga natural del acuífero, que ha traído como consecuencia, el hundimiento acelerado de la ciudad (4 cm/año, en algunas zonas) e inundaciones cada vez mayores. Todo ello precipitó la inmediata construcción de un nuevo sistema de drenaje profundo: el Túnel Emisor Central (Legorreta, 2006).

2.4 Túnel Emisor Central (TEC)

El sistema de drenaje profundo está integrado por un conjunto de interceptores (túneles ramales secundarios) que captan las descargas de una red de colectores o cañerías. Esta red envía continuamente las aguas residuales municipales y las pluviales fuera de la Ciudad de México por medio del Túnel Emisor Central (CONAGUA, 2018).

El TEC se construyó entre los años 1967 y 1975, y hasta el día de hoy se ha incrementado de manera paulatina. Actualmente tiene una longitud de 50 km y una profundidad que va de los 40 a los 220 m; un diámetro de 6.5 m y capacidad de desalojo de 220 m³/s (CONAGUA, 2010). La red del TEC y sus interceptores principales se muestran en color rojo en las figuras 7 y 8.



Figura 8. Túnel Emisor Central y sus interceptores en color rojo. Modificado de (De Jesús-de Nova & Luna-Millán, 2014).

La función más importante del TEC es conducir fuera de la ciudad el agua colectada del sistema de drenaje profundo. Su trayecto inicia en la delegación Gustavo A. Madero y finaliza en el río El Salto. El agua es bombeada en varios puntos del TEC debido a la actual diferencia de altitud entre la ZMCM y el Valle del Mezquital. Las descargas se vierten al río El Salto, afluente del río Tula y almacenada en la presa Endhó que actúa como cuerpo de agua regulador y distribuidor del agua de riego (Abedrop-L. et al., 2012).

Nuevamente, estas obras fueron insuficientes frente al incremento poblacional y la acumulación de agua pluvial, por lo que fue necesaria la construcción de un nuevo emisor. En 2008, se inició el proyecto constructivo del Túnel Emisor Oriente.

2.5 Túnel Emisor Oriente (TEO)

El TEO es la continuación del actual sistema de drenaje profundo de la Ciudad de México, cuya principal función es el desalojo de las aguas negras hacia Tepeji del Río, Hidalgo. Además, reduce el riesgo de inundaciones por las lluvias, principalmente en la zona oriente de la ciudad.



Figura 9. Túnel Emisor Oriente. Tomado de las bases de CLICOM, actualizado a 2009.

El TEO posee una longitud de 62 km y 7 m de diámetro; cuenta con 25 lumbreras de profundidades entre 25 y 145 m y una capacidad de desalojo de 150 m³/s. El TEO conduce el agua residual hacia la Planta de Tratamiento de Atotonilco de Tula; con lo cual permite tener una salida alterna al Túnel Emisor Central, de manera que abate el riesgo de inundaciones de la Ciudad de México (De la Peña, Ducci, & Zamora, 2013). La Figura 9 muestra su trayectoria a través de los municipios a los que da servicio.

3. Sistema de drenaje integrado de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

El sistema de drenaje es un sistema de alcantarillado cuya finalidad es recibir las aguas residuales municipales, industriales y pluviales por los colectores de la red primaria y secundaria para desalojarlos fuera del Valle de México. La Figura 10 muestra este sistema unificado constituido por los anteriores túneles y canales que recorren la mayor parte de la ciudad: el Gran Canal de Desagüe, el TEP, el TEC y el TEO

(Agustín F. Breña-Puyol & Breña-Naranjo, 2009) (Hernández et al., 2017).

La red primaria está integrada por una red de drenaje de tipo combinado, conformado principalmente por conductos dirigidos de poniente a oriente. Este sistema es ayudado por plantas de bombeo, obras auxiliares, cuerpos de agua como ríos y lagos que actúan como vasos reguladores (CONAGUA, 2018). Se compone por 128 sistemas de colectores cuyo propósito es la captación de las aguas residuales y pluviales con el fin de ser transportados hasta un sistema principal (Agustín F. Breña-Puyol & Breña-Naranjo, 2009).

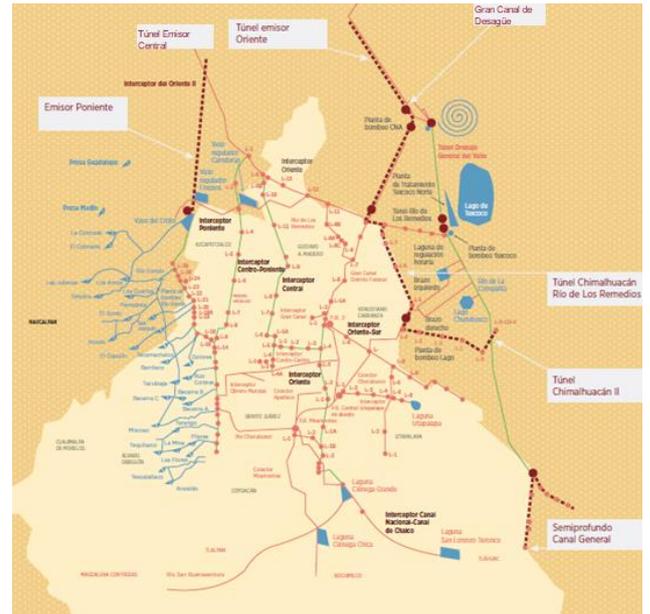


Figura 10. Sistema actual de drenaje del desagüe del Valle de México. Tomado de (Abedrop-L. et al., 2012).

La red secundaria está compuesta por los sistemas colectores de las aguas residuales de las descargas domésticas y de las coladeras pluviales de las calles (CONAGUA, 2018).

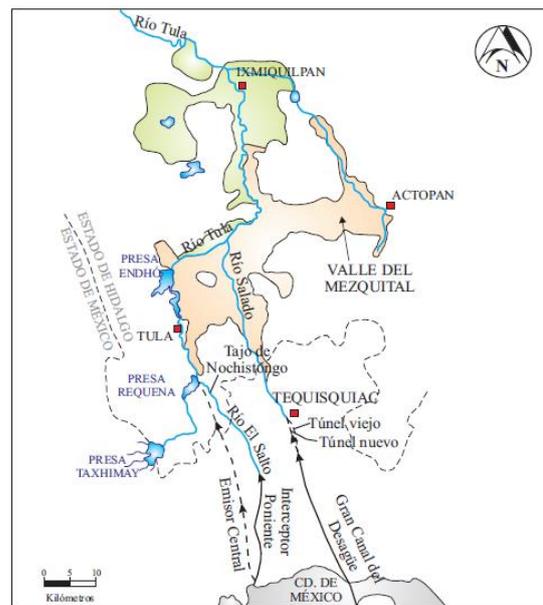


Figura 11. Flujos de descargas de aguas residuales del Valle de México hacia el Valle del Mezquital (Lesser-Carrillo, Lesser-Ilades, Arellano-Islas, & González-Posadas, 2011).

En la actualidad, el 67% de esas aguas llegan a los distritos de riego del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo (Fig. 11). Aproximadamente 80,000 hectáreas son irrigadas con estas aguas, cuyos cultivos principales son alfalfa y maíz (García-Salazar, 2019).

En 2019, la Planta de Tratamiento de Aguas de Atotonilco de Tula inició operaciones y finalmente, el agua de riego en el Valle del Mezquital cumple las normas mexicanas (NOM-003-ECOL-1997, 1997).

El sistema lacustre ha ido desapareciendo por el crecimiento de la mancha urbana y el desagüe fluye por obras de drenaje, entubamiento de ríos y manantiales hacia fuera del valle. No obstante, la historia demuestra que mientras la ciudad siga creciendo, las soluciones no serán permanentes. La Figura 12 muestra la transformación del Valle de México debido al crecimiento urbano desde los años previos a la conquista hasta el presente (Espinosa-Castillo, 2008; M. López-Pérez, 2011).

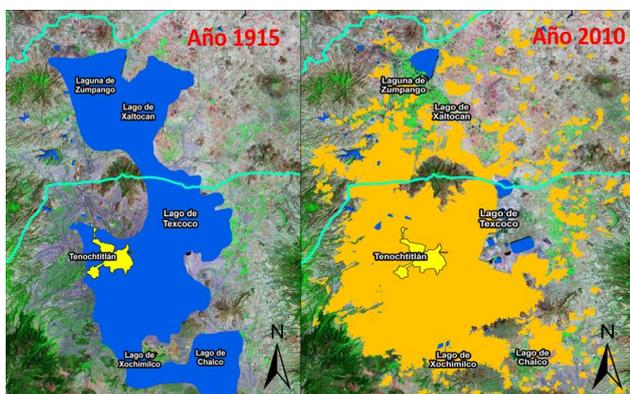


Figura 12. Transformación del Valle de México debido al crecimiento urbano (cortesía del Dr. Eric Galindo Castillo).

4. Conclusiones

La principal función del sistema de drenaje de la Ciudad de México ha sido evitar las inundaciones desde tiempos remotos y ciertamente, la necesidad del saneamiento urbano, organizando el drenaje de sus descargas de aguas albañales. Con el constante y acelerado aumento poblacional de la ciudad, el sistema de drenaje es modificado continuamente para cubrir las necesidades crecientes. El sistema unificado no separa el agua residual del agua pluvial, ya que no fue planeada la recarga del acuífero y la ciudad seguirá hundándose.

La infraestructura está diseñada para enviar el agua residual fuera de la ciudad, sin planear estrategias para que el agua tratada sea regresada para su población, como lo hacen muchas mega ciudades del mundo. En particular, es urgente la necesidad de recargar el acuífero para mitigar su sobreexplotación y el hundimiento de la ciudad, que ha sido de 10 m en un siglo.

La información sobre este tema es dispersa, confusa y a veces contradictoria. Los datos del volumen de agua residual que llega al Valle del Mezquital anualmente no están disponibles y en el mejor de los casos, no es confiable. Se requieren actualizaciones adecuadas y periódicas sobre cada componente del sistema de drenaje que crece

sistemáticamente. Los mapas sobre la distribución del sistema de drenaje que se presentan en este artículo son los más actualizados hasta el momento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por las facilidades brindadas. AKHE agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) por la beca de doctorado en Ciencias Ambientales. Los autores reconocen el aporte del Dr. Eric Galindo Castillo del documento final del artículo, así como, la confección de la figura 12.

Referencias

- Abedrop-L., S., Espinoza, V., Collado, J., Morales, J. M., & Hernández, J. (2012). *El gran reto del agua en la Ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo*. S. d. A. d. I. C. d. México (Ed.) (pp. 192). Retrieved from <https://agua.org.mx/biblioteca/el-gran-reto-del-agua-en-la-ciudad-de-mexico/>
- Breña-Puyol, A. F., & Breña-Naranjo, J. A. (Producer). (2009). Problemática del recurso agua en grandes ciudades: zona metropolitana del valle de México. Retrieved from <https://agua.org.mx/biblioteca/problematica-del-recurso-agua-en-grandes-ciudades-zona-metropolitana-del-valle-mexico/>
- Breña-Puyol, A. F., & Naranjo-Pérez de León, M. F. (2018). *Evolución de la hidrología urbana en la Ciudad de México (1325-2018)*. Paper presented at the XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires, Argentina.
- Casasola. (1910). Inauguración del Gran canal de desagüe del Valle de México. In 266232 (Ed.), *Mediateca INAH*. Mexico: INAH.
- Casasola. (1945). Tajo de Tequixquiac, contigua al desembarcadero del túnel. In 77_20140827-134500:34778 (Ed.), *INAH. Fototeca Nacional*. Estado de México, México: INAH.
- CONAGUA. (2009). *Semblanza Histórica del Agua México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2010). *Compendio del Agua, Región Hidrológico-Administrativa XIII. Lo que se debe saber del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México*. México, D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2018). *Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. C. N. d. Agua (Ed.) Retrieved from <https://www.gob.mx/conagua/es/articulos/plan-maestro-de-drenaje-de-la-zona-metropolitana-de-la-ciudad-de-mexico-155440?idiom=es#:~:text=El%20Plan%20Maestro%20de%20Drenaje,su%20funcionamiento%20y%20su%20prospecci%C3%B3n.>
- Covarrubias, L. (1964). La isla de México en el siglo XVI (Foto del Mural) *Noticonquista*. Museo Nacional de Antropología: UNAM.
- De Jesús-de Nova, A., & Luna-Millán, H. (2014). *Sistema de Gestión de Calidad Aplicada en la Construcción del Túnel Emisor Oriente*. (Civil Engineer), Universidad Autónoma de México, Ciudad de México. Retrieved from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3095/TEESIS%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Calidad%20Aplicada%20en%20la%20Construcci%C3%B3n%20del%20T%C3%BAnel%20Emisor%20Oriente.pdf?sequence=1>
- Espinosa-Castillo, M. (2008). Procesos y actores en la conformación del suelo urbano en el ex lago de Texcoco. *Economía, Sociedad y Territorio*, VIII(27), 769-798.
- García-Salazar, E. M. (2019). El agua residual como generadora del espacio de la actividad agrícola en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54). doi: 10.24836/es.v29i54.741
- Hernández, I., Kampfner, O., Rodríguez, F., & Meneses, J. (2017). Uso múltiple del agua en las cuencas del Valle de México y Río Tula. *Revista de Ingeniería Civil*, Vol.1 No.1 1-11.
- Iracheta-Cencorta, A. (2000). El agua y el suelo en la Zona Metropolitana del Valle de México. *São Paulo em Perspectiva*, vol.14 no.4. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-8839200000400007>

- Izazola, H. (2001). Agua y sustentabilidad en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*(47), 285-320.
- Jiménez-Cisneros, B. (2011). Suministro y desalojo del agua de la Ciudad de México: de los aztecas al siglo XXI. *Revista Digital Universitaria*, 12, 1-17.
- Legorreta, J. (2006). *El agua y la Ciudad de Mexico de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI* (Primera Edición ed.). México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- Lesser-Carrillo, L. E., Lesser-Illades, J. M., Arellano-Islas, S., & González-Posadas, D. (2011). Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México central. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, XXVIII, 323-336
- López-Pérez, M. (Producer). (2011). Inundaciones en el Valle de México y su exacerbamiento por el impacto del cambio climático [Conferencia] Retrieved from https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/variros/Dialogos_por_el_Agua_12-oct-2011/panel_iv/Inunda_VMex8.pdf
- López-Pérez, M. (2011). *Inundaciones en el Valle de México y su exacerbamiento por el impacto del cambio climático*. https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/variros/Dialogos_por_el_Agua_12-oct-2011/panel_iv/Inunda_VMex8.pdf
- NOM-003-ECOL-1997: Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público (1997).
- Schalkwijk, B. (1963). Tajo de Nochistongo.
- Teixidor, F. (1890). Trabajadores en las obras del gran canal del desagüe del Valle de México.