

Escasez, guerras y desigualdad social. El proyecto modernizador del sistema de abasto hídrico de una ciudad mexicana: Puebla, siglos XVII-XX

*Shortages, War and Social Inequality.
The Modernization Project of Water Supply System of a Mexican City
Puebla, from the 17th to the 20th Century*

Rosalva Loreto-López

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. rloreto13@yahoo.com.mx

Resumen — La constante escasez del agua potable, documentada a lo largo de la historia de esta ciudad, revela la persistencia de desequilibrados esquemas distributivos asociados a diversos modelos poblacionales y urbanos. El objetivo de este artículo es analizar el sistema de apropiación y distribución hídrica destinada al consumo doméstico en la ciudad de Puebla durante casi cuatrocientos años con el fin de proponer la existencia de variados umbrales de pobreza urbana medidos en función de su suministro. En una primera etapa, la escasez de agua fue una constante documentada durante la etapa colonial y definió, en parte, los ritmos del crecimiento urbano al asociar el comportamiento poblacional con el riesgo y la vulnerabilidad, elementos característicos de ciudades pre industriales. A mediados del siglo XIX fue perceptible la modificación del tradicional sistema de conducción hídrica, proceso con el que se inició su transición adaptativa hacia un nuevo esquema dependiente de la modernización tecnológica ligada a la industrialización. En este contexto, al iniciar el siglo XX, el prometido suministro de “agua para todos” formó parte de un discurso urbano ligado a una idea de bienestar social, pero también obedeció a una demanda diferenciada en función de la economía local. A lo largo de este periodo fue posible observar que si bien el suministro hídrico fue una preocupación de los cabildantes municipales, las formas de apropiación y distribución del recurso mantuvieron, en ocasiones, un alto grado de inequidad. Esto pone en duda la eficiencia de la gestión y la sostenibilidad del mismo para una población en franco crecimiento.

Abstract — *The constant scarcity of potable water documented throughout the history of Puebla underlines the persistence of unequal patterns of water distribution associated with diverse populations and urban models. The purpose of this article is to analyze the domestic water distribution system in the city over a four-hundred year period in order to postulate the existence of various urban poverty levels, measured as a function of the water supply systems in place. A first phase appeared in the colonial era, when the shortage of water was constantly documented. This also partly shaped the city's population growth rate since demographic behavior became associated with the risk and vulnerability brought on by water shortage, which are characteristics of pre-industrial cities. By the mid-nineteenth century the traditional water transport system was modified, a process that led to its dependence on modern technology-tied industrialization. By the start of 20th century efforts to grant “water for all” became part of an urban discourse of social welfare but also responded to the demands of the local economy. While municipal authorities sought to maintain water supply, a high degree of social inequality characterized the strategies of distribution and appropriation of the resource. This casts doubt on the efficiency of the process and the sustainability of the system in meeting the needs of a growing population.*

Palabras clave: ciudad de Puebla, agua, metabolismo hídrico, escasez de agua, umbrales de pobreza

Keywords: City of Puebla, water, hydraulic metabolism, water shortages, poverty line

Información Artículo: Recibido: 18 marzo 2015

Revisado: 28 enero 2016

Aceptado: 28 enero 2016



Fuente: Carta General de la República Mexicana (autor: Antonio García Cubas). Mapoteca Manuel Orozco y Berra.

INTRODUCCIÓN¹

Puebla se fundó en 1531. Su excelente ubicación en el camino principal que comunicaba a la capital del virreinato de la Nueva España con el puerto de Veracruz, permitió conjugar una serie de factores que hicieron de este asentamiento un exitoso proyecto urbano. Durante casi un siglo formó parte del primer gran circuito mercantil novohispano organizado en función de la producción argentífera. La ciudad se convirtió en un importante centro de atracción poblacional debido, entre otras razones, a las benévolas condiciones naturales que le permitieron en diversos momentos alcanzar un óptimo desarrollo económico². En el siguiente plano se señala de amarillo la ubicación del Estado de Puebla, en su centro se localiza la ciudad capital.

La fundación de cada ciudad iberoamericana en el siglo XVI estuvo definida por su vocación en relación al sector externo de

1 Este artículo es uno de los resultados del proyecto "Historia ambiental de ciudades mexicanas. Puebla y México en el siglo XVIII", Número 181733, financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. Se desarrolló como parte de las actividades del Cuerpo Académico "Sociedad, agua y territorio", CA-198-H, adscrito al Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades de la BUAP- México.

2 La economía local y regional de Puebla se desarrolló gracias al mercado interno colonial que articulaba diversos circuitos agro-ganaderos y que requerían insumos como textiles, pieles, jamones y encurtidos, jabón, harina, bizcochos, pambazos, loza y textiles de lana. Durante el siglo XVI y gran parte del XVII todos estos productos y sus derivados eran enviados para abastecer a las zonas mineras del norte. Al mismo tiempo, para su exportación se empaquetaban diariamente cientos de arrobas y piezas de mercancía para el consumo de los tripulantes de las flotas que partían de Veracruz o Acapulco rumbo a España o para comercializarse en Cuba y el virreinato del Perú (Loreto López, 2008 a, 721-774).

la economía mundial. En el caso de los virreinos de la Nueva España y del Perú, con la plata: de esta manera los asentamientos urbanos estuvieron asociados en diversos grados con los procesos de extracción y transformación de los recursos naturales, con su consumo como productos manufacturados y como servicios, hasta finalmente convertirlos en desechos y emisiones. Estos procesos que se describen desde la economía clásica como relaciones de producción y consumo, desde la ecología son entendidos como parte de lo que se define como metabolismo social³. La perspectiva aquí analizada parte de aceptar que las ciudades constituyen en sí mismas ecosistemas que involucran —en variadas escalas— a otros entornos naturales interrelacionados con ellas para su subsistencia.

Nuestra aproximación a esta ciudad mexicana toma por objeto de análisis el modelo extractivo de flujos de agua superficial que mediante el sistema de abasto por gravedad la sostuvieron a lo largo de casi tres siglos. Esta combinación muestra la prevalencia de un esquema de distribución desigual y poco especializado, el cual experimentó una primera adaptación tecnológica a mediados del siglo XIX enfocado a la mejora de los medios de con-

3 El concepto de régimen socio-metabólico hace referencia a la interacción entre la sociedad y la naturaleza, por medio de la cual la sociedad toma de esta lo que necesita para su sustento y reproducción y las modificaciones en cualquiera de sus partes repercuten en todo el sistema. En este sentido, la ciudad —para su funcionamiento— requiere *inputs* como alimentos, energía, agua, aire, materias primas y productos manufacturados o industrializados. Como *outputs* asociados a cada uno de estos ingresos se generan excrementos, aguas residuales, humo, residuos orgánicos y residuos industriales (González de Molina, 2009, 228-229).

ducción hídrica. Esto permitió, en una primera etapa, sustituir el sistema de distribución nodal por uno reticular: este cambio representa el preámbulo tecnológico que permitió por un lado ampliar la oferta de agua a un mayor número de usuarios. Por otro lado contextualizará, a inicios del siglo XX, la incorporación de nuevos cuerpos de agua procedentes de galerías filtrantes. Se puede afirmar que la implementación de este último sistema sustentado en el uso de energía eléctrica coincidió con el crecimiento poblacional y físico de una urbe colonial y su adecuación a la contemporaneidad.

La propuesta del análisis de un modelo socio metabólico de abasto hídrico para las ciudades se inscribe en el ámbito de las actuales tendencias de los estudios urbano ambientales. Esta perspectiva comenzó a desarrollarse a partir de la década de los ochenta del siglo pasado. Desde entonces las ciudades lentamente se han convertido en objeto específico de diversos enfoques ecológicos. En la actualidad esta tendencia historiográfica ha alcanzado un estado específico e importante en la búsqueda de explicaciones funcionales de los sistemas urbanos a través de la historia⁴. Un punto de partida ha sido el considerar que los procesos naturales y sociales son agentes activos en permanente y mutua determinación⁵. Una primera aproximación de este enfoque procede de la historiografía norteamericana generada en la década de 1990 y enfocada hacia el colonialismo de la naturaleza como muestran los trabajos de Cronon para Chicago y Grover para la India⁶. A partir de los avances de la agroecología⁷ nuevos conceptos han sido retomados para el estudio de diversos procesos urbanos, desarrollándose diversas metodologías. Estas consideran —junto a los indicadores biofísicos— a los flujos humanos, energéticos e hídricos requeridos para el funcionamiento de las ciudades en los siglos XIX y XX⁸. Una variante de estas aplicaciones liga estas problemáticas a procesos de sustentabilidad contemporánea⁹.

En una primera parte de este artículo describiremos el esquema del metabolismo social adaptado al sistema de flujos hídricos superficiales. En este sentido nos centraremos en el estudio de su extracción, apropiación, circulación y consumo (dejando por el momento fuera su transformación y consecuente excreción) en

4 Resulta sintomático que sea a partir de 2004 cuando el tema ambiental —como resultado de un modelado social— fuera introducido en las revisiones especializadas de historia urbana. De manera específica véase John and Tacey, 2004, 472-507.

5 Toledo y González de Molina, 2007.

6 Cronon, 1996, 539.

7 “La historia europea del medio ambiente en general nunca había estado tan dominada por una perspectiva agroecológica” (Dietter, 2004, 519-528). Presupuesto compartido por Ortega Santos, 2010, 453-479.

8 Dentro de la línea del metabolismo urbano, estudios recientes muestran la aplicación y desarrollo de metodologías específicas dependientes de la disponibilidad de fuentes documentales seriadas, de su coherencia y de la contabilidad de su precisión para convertirse en indicadores válidos (Barles, 2007, 48-58. Billen, Barles, Garnier, Rouillard, Benoit, 2009, 13-24. Gierlinger and Kauffman, 2012, 365-377).

9 Enfoques basados en el estudio de modelos de funcionamiento urbano encaminados a evaluaciones a largo plazo en términos de la sustentabilidad proceden de Newman, 1999, 219-226. Para casos específicos de estas aplicaciones conceptuales, puede verse Voyer, Pesch Garber, Copeland and Comeleo, 2000, 352-377. Para el caso de New Orleans véase Colten, 2002, 226-243.

relación con el comportamiento demográfico de la población¹⁰. Partiremos del análisis de un primer cambio asociado al aumento de la demanda poblacional y la necesidad de una mayor captación de agua durante la primera década del siglo XVII. El estudio de este esquema extractivo y de aprovisionamiento resulta relevante si se considera la duración de su funcionamiento a lo largo de las siguientes tres centurias. En este periodo, como resultado de las limitantes tecnológicas y de la organización política colonial se generó un esquema de apropiación selectiva y exclusión étnica que redundaron en la existencia de variados umbrales de pobreza urbana medidos en función del suministro hídrico¹¹. El objetivo de esta sección es analizar el funcionamiento del sistema de abasto por “gravedad” a la población urbana así como las condicionantes y limitaciones sociales y físicas que generó.

La siguiente sección aborda una segunda fase del mencionado sistema apropiativo caracterizado por la implementación, a mediados del siglo XIX, de nuevos elementos tecnológicos orientados a mejorar el sistema de conducción mediante el empleo de tuberías de fierro. Esta aplicación supuso un nuevo modelo de circulación y distribución del agua y coincidió con el inicio de una marcada recuperación poblacional. Estos procesos estuvieron asociados a la transición socio metabólica previa a la industrialización urbana¹². Asociaremos los nuevos indicadores cuantitativos de captación registrados entre el inicio del mencionado proyecto modernizador en 1855 y su término en 1896. Estos cambios se vieron contextualizados en el ámbito de una política municipal republicana durante la cual se realizó la primera concesión privada de abasto hídrico a una ciudad mexicana.

Cabe adelantar que al inicio de la ejecución del mencionado proyecto no se registró ningún cambio sustantivo en la cantidad y calidad del líquido extraído. Fue a su término que, junto con la modernización de los materiales de conducción, la ampliación de la red de abasto y la incorporación de mayores aforamientos superficiales, se dieron las medidas necesarias para que detonara

10 Una problemática generada y bastante trabajada desde la historiografía urbana tradicional tiene que ver con el estudio de los modelos distributivos del agua para abastecimiento urbano y el surgimiento de las empresas municipales y privadas. Con una perspectiva socio-metabólica podemos citar los trabajos de Melosi, 2008 y 2011; Lamouroux et Xiaoping, 2011, 33-67; Graber, 2009, que muestra las discusiones en torno a la aplicación del gran proyecto técnico de abastecer París de una derivación del Ourcq. Para el caso español debe consultarse la obra de Matés Barco, 2009, 177-218.

11 El umbral de pobreza se refiere al método de medición que supone operativizar el concepto de carencia tomando como referencia los niveles de cobertura de las necesidades básicas. Nuestra propuesta parte de incluir en estas al suministro per cápita de agua potable. La metodología de las Necesidades Básicas Insatisfechas NBI se desarrolló en América Latina desde los años 80 y fue retomada a principios de la década de los 90 por la CEPAL y el llamado Programa Regional para la Superación de la Pobreza (PRSP). Los métodos, el de la línea de pobreza y el de las NBI, parten de un concepto absoluto de pobreza, uno la mide en términos de dinero y el otro en términos de características de bienes y servicios (<http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrat/123>, consultado el 27 de mayo de 2015).

12 Del concepto de régimen socio-metabólico se deriva el de transición socio-metabólica y hace referencia a la dinámica establecida a partir del sistema energético de cada sociedad y su dinámica de adaptación a uno nuevo. Se expresa como una secuencia alternada de fases que se da en múltiples escalas, niveles y velocidades. Cabe decir que en el paso de una transición energética a otra determinada, pueden coexistir diferentes regímenes energéticos y las tensiones que surjan de esto pueden impactar la propia transición (Fischer-Kowalski y Rotmans, 1997, 10, 1, 61-85. Krausmann, Siefertle, 2008, 187-201).

la primera oleada industrializadora del país, justamente en esta ciudad. El contexto de esta transformación se dio en el ámbito de varias intervenciones militares y de intermitentes guerras, eventos que caracterizaron el limitado estado de bienestar de la ciudadanía al asociar la consabida escasez acuifera con las condiciones impuestas por los eventos bélicos, las pandemias y las epidemias, fenómenos conocidos en larga duración de las ciudades pre industriales.

En una tercera parte se pretende mostrar la utilidad de usar indicadores numéricos que permitan calcular algunos elementos de la huella hídrica urbana¹³. Intentamos mostrar la correlación entre el crecimiento de la población, el incremento del agua aforada y conducida a la ciudad y la modificación del espacio urbano físicamente ocupado. Este periodo coincide con una primera fase de la industrialización en la región y la utilización del recién terminado sistema de distribución hídrica. Corre a partir de 1896 y se cierra en 1908 con la implementación de un esquema de abastecimiento hídrico sustentado en el uso de la energía eléctrica. Es en este lapso en el que se apuntala el polarizado modelo de la industrialización mexicana y coincide con el uso intensivo del recurso al incorporar a los aforos superficiales, el agua proveniente de extracciones profundas de pozos y galerías filtrantes, definiéndose con esto un modelo de explotación intensiva de acuíferos. El éxito de obtener mayores cantidades de agua se garantizó gracias a la ampliación de las mejoras de la red de circulación, al uso de energía eléctrica, a la lenta sustitución de los centros de acopio de alcantarillas por casas de bombas con una más eficiente tecnología. Tecnología que se acompañaría, a lo largo de la primera década del siglo XX, de innovaciones relacionadas con un manejo más controlado de la circulación del agua. Fue la confluencia de innovaciones tecnológicas, propias de la industrialización, con una mayor demanda poblacional y productiva lo que soportó el desarrollo económico de Puebla, medido este en términos de producción, aunque resultará en un empobrecimiento crónico de los acuíferos locales y en la emergencia de modelos contaminantes de tipo industrial de ellos mismos. El sistema de extracción instalado en 1908 es el que continúa empleándose hasta la actualidad.

En el cálculo del modelo hídrico metabólico de abasto doméstico, no se incluyó la contabilidad del "agua azul"¹⁴ derivada mediante acequias para el regadío de las huertas y zonas verdes destinadas a la producción alimentaria, ni la extraída mediante pozos particulares. Para el ejercicio de cálculos apropiativos del agua potable se consideraron indicadores físicos como alturas, distancias y aforos proporcionados por los manantiales, el diseño

13 El concepto de huella hídrica fue introducido en 2002 por Arjen Hoekstra como un indicador geográfico para cuantificar volúmenes, usos y ubicación de los cuerpos de agua dulce empleados por la sociedad. Su cálculo es útil para definir, bajo parámetros métricos, los impactos ambientales potenciales relacionados con el recurso a partir de cuantificar el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad de masa para empresas. La idea de la utilización de este concepto es proporcionar información sobre cómo el agua consumida afecta positiva o negativamente a los recursos locales hídricos, los ecosistemas y los medios de subsistencia (Hoekstra y Chapagain, 2008).

14 Este tipo de agua procede de la lluvia pero ha sido embalsada y se utiliza en forma de riego artificial en procesos agrícolas y en ocasiones se transporta hasta las ciudades para el abastecimiento urbano. Se considera como agua azul también el agua subterránea de los acuíferos que se destina para este mismo uso.

y el material de conducción, y se reconstruyó el tendido de las líneas de distribución, su material y el comportamiento de la masa de agua en sus diversas épocas¹⁵. En la cuantificación de las cantidades de agua efectivamente apropiada, en el proceso de circulación se consideró el comportamiento del líquido de acuerdo a la temporada del año, la velocidad de su cauce y las condiciones materiales de su recorrido¹⁶.

En el represado se consideraron los costos climáticos de la evaporación y en la distribución dentro de la traza se contabilizó la capacidad de retención y almacenamiento en los centros de acopio de las cajas y alcantarillas de donde partía el proceso de distribución, incluyendo desbordamientos y derrames. En la medición se incluyó la medida diferenciada de todo el trayecto, hasta la llegada del agua a las fuentes públicas y privadas¹⁷. Ya con el uso del fierro, a partir de 1855, a los cálculos anteriores se añadió el "gasto" efectivo en cada toma domiciliaria registrada a partir de la instalación recogida en el mencionado proyecto.

AGUAS VIEJAS Y AGUAS NUEVAS.

EL ORIGEN DE LA RED DE ABASTO POR GRAVEDAD

Durante el siglo XVI el centro de la ciudad recibió sus primeras cargas de agua de los manantiales localizados en la zona oriente, a extramuros urbanos. Desde las inmediaciones de los barrios indígenas, era conducida por un acueducto de mampostería hasta el convento de San Francisco. Desde ahí, mediante una tubería de barro adosada a un puente, se cruzaba el río del mismo nombre y era llevada hasta la fuente localizada en la plaza principal, en el centro de la ciudad, desde donde se distribuía al edificio del Ayuntamiento, a la cárcel pública, a las casas de prominentes vecinos españoles y a las fuentes públicas¹⁸. Este inicial sistema de abastecimiento dejó de funcionar cuando —a principios del siglo XVII— se localizó hacia el norte del emplazamiento urbano, fuera de la traza pero aún dentro de sus límites

15 El material de la cañería maestra que salía desde el manantial era de piedra, formaba una caja de conducción que se diseñó con 1/3 de cimiento y cinco palmos de alto (17 m. x 5 m.); se unía a un subsistema distributivo de presas y contrapesos, de ahí se encañaba nuevamente hasta el acueducto (Archivo General de Notarías del Estado de Puebla, AGNEP, "Concierto y condiciones de la atarjea que se ha de hacer para incorporar las aguas nuevas y viejas para que todo vaya a la plaza", Expedientes Judiciales, Caja 14, 8-33).

16 Para este cálculo se empleó la fórmula de Manning, que es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, y se complementó con la de Davis Wilson para el cálculo de la fricción y evaporación en el acueducto.

$$\text{Fórmula de Davis Wilson } q = \frac{C_d Y^{1/3} [b+2Y (1+M^2)^{1/2}]}{8861+8V^{1/2}}$$

q = caudal de filtración en m³

C_d = coeficiente

Y = profundidad del flujo (m)

b = ancho del fondo del canal (m)

m = proyección horizontal del talud

V = velocidad media (m/s)

17 A todo el cálculo habrá que añadirle las sangrías y los robos, maneras de apropiación ilegal ampliamente documentadas.

18 Este sistema funcionó hasta 1556, parte del fluido se almacenaba en la fuente del "Mascarón" adosada a las paredes del monasterio franciscano y desde ese recipiente se abastecía al vecindario formado en su mayor parte por indígenas.

Mapa 1. Manantiales



Fuente: Elaboración propia (Archivo Histórico del Ayuntamiento de Puebla, AHAP. Expediente sobre Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, A-69-12, 1940, 47, 48).

administrativos, un avenamiento del río que emergía a manera de manantial en las cercanías del cerro de Loreto, en un lugar llamado "la Cieneguilla"¹⁹. Este se encontraba a una altura diferenciada de 37,57 metros en relación a la ciudad y se convirtió en el más importante cuerpo de agua superficial destinado al aprovisionamiento de la población española vecindada en la zona central de la urbe²⁰.

Hacia 1608 se añadirían a este caudal inicial otros manantiales importantes: los localizados en el Rancho de Calderón. Ambos veneros provenían de escorrentías de la montaña llamada Malinche y compartían características similares en su composición²¹. Estos llegaban a la ciudad por medio de un acueducto que incorporaba "las aguas viejas con las aguas nuevas", media casi cuatro kilómetros, recorría las sabanas y huertas de la zona periurbana hasta llegar al primer receptáculo de almacenamiento²². La cantidad de agua captada varió en diversas ocasiones y esto

19 Este manantial se halla entre las coordenadas UTM X = 585 240, X' = 585 310, Y = 2 108 600 y Y' = 2 108 660, a 2.178 msnm calculado mediante GV, SIG.

20 En el cálculo del desplazamiento del agua por gravedad consideramos una pendiente del 1% medida desde el manantial localizado a 37 metros de altura con respecto a la Plaza principal.

21 Se trataba de aguas dulces, "bebibles" o blandas. Se reconocían como tales tanto por su movimiento como por sus propiedades. Técnicamente en este tipo de fluido las sustancias disueltas más importantes son los carbonatos, luego los sulfatos y, finalmente, los cloruros. El calcio juega un papel importante, las aguas "blandas" contienen menos de 9 mg/l y las aguas "duras" más de 25 mg/l. La riqueza de este elemento permite mantener la biomasa más importante de los invertebrados (Dajoz, 2002, 89).

22 El acueducto atravesaba la sabana y los dos ríos hasta llegar a los hornos de cal, ya dentro de la traza. Se construyó en dos tramos para lograr la incorporación de las "aguas viejas con las nuevas". De manera lineal esta inicial conducción midió 788 metros. A este tramo se añadieron 945 tapias y se continuó hasta entrar a la ciudad (AGNEP, "Concierto y condiciones de la atarjea que se ha de hacer para

dependió de las condiciones climáticas y de la alteración de la superficie aforada gracias al desarenado regular de su entorno. Después, cuando se delimitó por una cerca de mampostería, el mantenimiento era emergente, sobre todo cuando se percibía la presencia de las cíclicas sequías que assolaban la región. Entonces, mediante "vistas de ojos", se registraban las "pérdidas"²³ en función de las roturas y escurrimientos²⁴. El siguiente plano muestra el sistema de abasto hídrico de la ciudad y los manantiales que permitieron la subsistencia de la urbe durante la época colonial.

El abastecimiento hídrico para una urbe que ocupó 6,09 km² a lo largo de trescientos años dependió de un sistema natural delimitado dentro de una micro cuenca de recarga acuífera²⁵. El líquido emergía a la superficie, como producto de la mecánica de suelos, en forma de manantiales, pero no toda el agua que brotaba era potable, una franja geológica de mayor profundidad y antigüedad funcionaba alterando su composición, de tal manera que se encontraba dulce en el centro y en el oriente y azufrosa en el

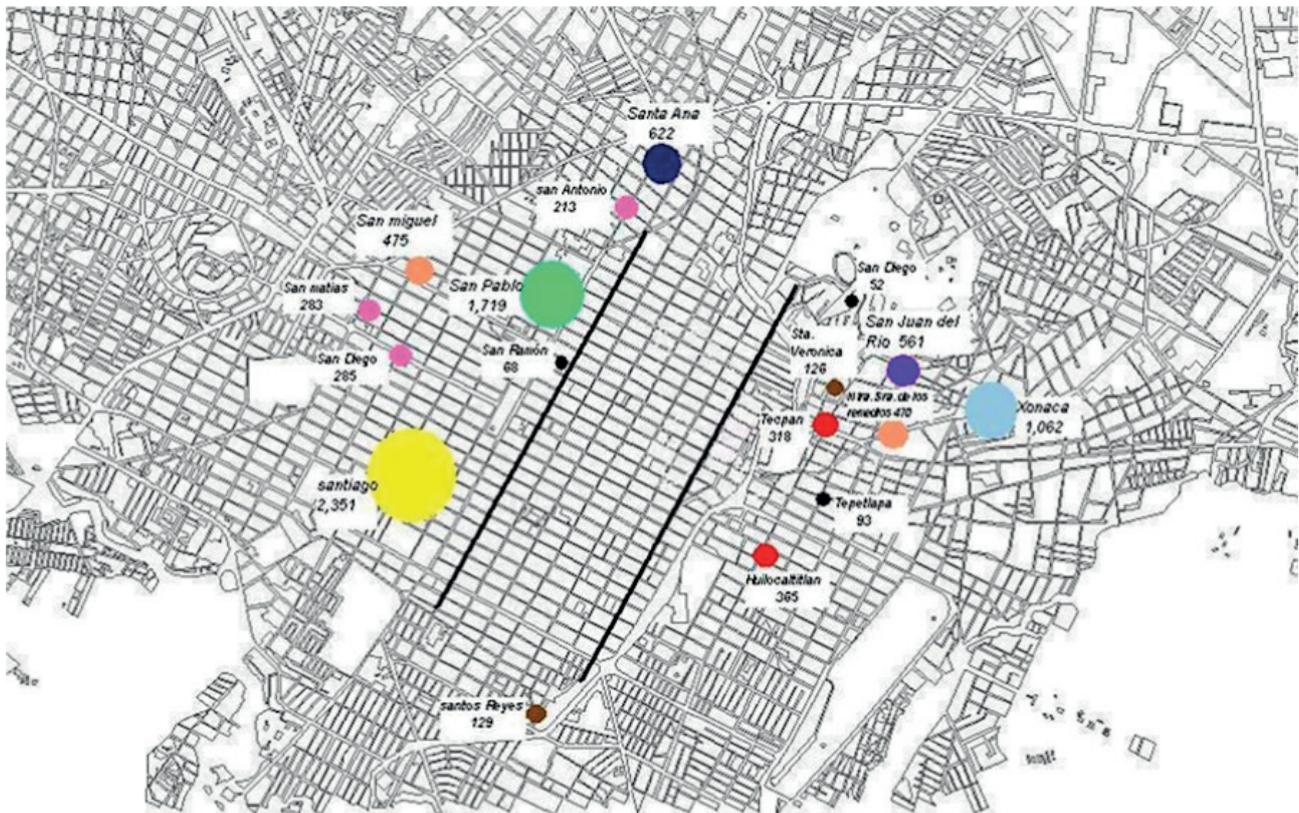
incorporar las aguas nuevas y viejas para que todo vaya a la plaza", Expedientes Judiciales, Caja 14, 1608, f. 20).

23 En realidad se trata de agua evaporada o de infiltraciones hídricas hacia el subsuelo, que por falta de tecnología de contención y almacenamiento no eran susceptibles de aprovechamiento humano. No se trata de pérdidas en el sentido ambiental del término.

24 A manera de ejemplo, "En la vista de ojos practicada en las tierras de la Cieneguilla, en 17 de febrero de 1845, se pudo observar que la cerca que protegía los manantiales estaba destruida por lo que se propuso por la comisión que se reparara con urgencia "para evitar que los ojos [de los manantiales] se azolven con la tierra que en tiempo de aguas es llevada por estas adentro de los manantiales" (Archivo Histórico Municipal de Puebla, en adelante AHMP, Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, A-69-12, 1940, 45 y 46).

25 Galicia Hernández, 2009, 25-46.

Mapa 2. Distribución poblacional de barrios por zona en Puebla, 1777



Fuente: Elaboración propia con los resultados del análisis del Padrón de Feligreses de 1777 (Archivo General de Indias, AGI, México, 2578 a 2580, en Loreto López, 2008, 27).

poniente. Esta diferenciación coincidió con el modelo de asentamiento residencial segmentado étnica, estamental y socialmente. La población indígena asentada al poniente se sujetó a las condiciones ambientales determinadas por las características de las emanaciones de agua sulfurosa²⁶. El siguiente plano muestra la distribución de la población indígena en las zonas poniente y oriente. En el centro se conglomeró la población española durante los siglos XVI al XVIII.

En este plano puede notarse la desigual distribución de la ocupación urbana, que fue coincidente con la acuífera a lo largo de trescientos años²⁷. Teóricamente al menos, se proporcionaba de diversas maneras agua a casi el 40% de los habitantes de origen español que vivía en la zona central a finales del siglo XVIII. Los habitantes de la sección oriente, a la derecha del plano, con-

tinuaron abasteciéndose de los manantiales que usufructuaban los frailes franciscanos y de pequeños veneros localizados en la rivera del afluente²⁸: ahí se concentró el 30% de la población de origen indígena Tlaxcalteca. Mientras que los indios avecindados en el poniente tuvieron peor suerte pues no se construyó una sola alcantarilla en esa zona²⁹: se abastecían de las fuentes públicas localizadas en las plazuelas o en las adosadas a los muros de las iglesias y monasterios de los barrios, que se llenaban temporalmente cuando llovía pero por lo regular estaban secas³⁰. Los habitantes de estas secciones se sustentaron gracias al acarreo, la compra a los aguadores o las extracciones de pozos particulares, sin poder ser bebible.

En este apartado estudiaremos el papel que desempeñó el sistema de abasto de agua dulce mediante el acueducto que par-

26 Esta zona apenas contó con insumos energéticos. El agua sulfurosa que afloraba a nivel del suelo, lo saturaba al mantenerse estancada durante gran parte del periodo de lluvias (mayo a octubre). La escasa capilaridad era aprovechada conduciendo el fluido mediante zanjas lo que hacía factible la producción agrícola en la zona. En ocasiones, la cantidad de agua excedía la capacidad de filtración de los suelos, entonces percolaba formando secciones cenagosas. El subsuelo de esta zona se ha clasificado como "travertino" y se asoció con la formación de cavernas sílico-calcareas y con mantos acuíferos de mayor profundidad. La localización de estos yacimientos y una lectura del paisaje sugieren que el tipo de vegetación de corto crecimiento que se observaba en las inmediaciones estuvo condicionada por este tipo de suelos rocosos.

27 Loreto López, 2008, 33. Nos referimos a una aproximación "ideal" dado que —como se mostrará—, el sistema de abastecimiento por gravedad no permitió que el agua llegara hasta el final de la línea de alcantarillas trazadas y mucho menos a todas las fuentes públicas. En el plano, anexo en cada círculo, se muestra el número de habitantes por barrio.

28 Como el de Almoloya, que surtía al vecindario, a los bañaderos de caballos y a los lavaderos públicos desde el siglo XVI hasta mediados del XIX.

29 Esta carencia se asocia con la inexistencia de otorgamiento de mercedes de tierras y agua para los indígenas asentados en la zona poniente. Una posible razón fue evitar el avecindamiento permanente en una sección "proyectada" para un posterior desarrollo urbano.

30 Desde el siglo XVI la documentación expresa que los habitantes de la zona poniente carecían de agua para beber pues "sus fuentes estaban la mayor parte del tiempo completamente secas" (Archivo General de Indias, en adelante AGI, México, 341, 24 de abril de 1698, 1). Esta condición continuaba aún en 1858 pues en "el barrio de San Pablo, Santa Ana, Paseo Nuevo y Santiago (...) hace más de tres meses que no disfrutan de una sola gota de agua. Careciendo todos estos pobres vecinos de estos lugares de este elemento tan necesario para la subsistencia de la vida, teniendo que ocurrir hasta la Plazuela de San Agustín para conseguirla con grande sacrificio (AHMP, Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, A-69-12, 1940, 52).

tía de la "Cieneguilla", a cuyo caudal se incorporó el de los manantiales aledaños hasta llegar al centro de la traza³¹. El ducto iba descargando agua en los represamientos que, ubicados de manera escalonada, se colocaron con la intención de ir aminorando su fuerza, para poder almacenarla y posteriormente distribuirla en tres cajas de agua localizadas de manera secuencial³². Al final de este circuito, de la "caja del Refugio", partía la conexión a la línea principal de alcantarillas que atravesaba el centro de la ciudad de norte a sur. Siete se reconocieron como principales³³. Después de recorrer casi un kilómetro dentro de la urbe, esta línea se desviaba una calle y bajaba para generar el recorrido central a partir de otras cinco cajas de agua que por sus dimensiones más pequeñas funcionaban como alcantarillas paralelas respecto a la línea original. Con el transcurso del tiempo, en determinadas esquinas y regularmente con financiamiento particular y sobre todo eclesiástico, se aprobó la construcción de otras alcantarillas secundarias. Estas estuvieron comunicadas entre sí también por tubería de barro subterránea: se reconocieron dieciocho de este tipo.

En Hispanoamérica el acceso al agua por los consumidores dependió de las "mercedes" o permisos que los ayuntamientos otorgaban mediante el pago de una contribución. Estas instituciones funcionaron como intermediarias entre los súbditos y la asignación de los recursos naturales, que en principio pertenecían a la Corona³⁴. Esta transferencia fue de derechos usufructuarios, no patrimoniales, y estuvo en relación directa con la preminencia estamental y política de los solicitantes. El agua pasaba a dominio privado transitoriamente pues una vez que entraba en las casas particulares y llenaba cada fuente, el remanente o sobrante volvía a recorrer la calle y era susceptible de ser nuevamente otorgado o vendido siempre a españoles prominentes o adinerados comerciantes.

31 En 1855 informaron que el acueducto situado al norte tenía de altura, en cuatro puntos que se midieron, 14 pulgadas y 2 líneas y la anchura media era de 17 pulgadas y 8 líneas, por lo que la sección transversal era de 250 pulgadas y una fracción pequeña. La velocidad media de la corriente era de 23 varas (19,09) y 6 centésimos al minuto (consideramos la vara castellana de 0,83 cms), equivalente a 0,396 m por segundo; con esta velocidad se reducía la sección transversal del agua a 191,7 pulgadas cuadradas (0,162m²) (AHMP, Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, A-69-12, 1940, 47).

32 Las medidas de esta caja eran de 3,69 m. x 3,65 m. x 1,38 m. Tenía una capacidad de 17,6 m³ y rendía un gasto de 76,6 litros de agua por segundo. Después de represada se almacenaba el agua en tres diferentes cajas: la azul, la blanca (junto a los hornos de cal) y la colorada (junto al jardín botánico) para después conectarse a la caja de la Merced desde donde partía la línea de alcantarillas (AHMP, Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, A-69-12, 1940, 49 y 56).

33 AGNEP, Expedientes judiciales, "Mercedes correspondientes a cada individuo", Caja 14, 1750, 3.

34 La merced es la dotación de agua o de tierra otorgada por las autoridades para el usufructo particular o corporativo. En el caso de las de agua, por lo regular se asignaba una paja que equivalía a 648 litros de agua por día (Rovelo, 1908, s.p.). En principio, la merced y su remanente eran gratuitas y otorgadas a personajes prominentes de la ciudad, sobre todo a los regidores y a las instituciones eclesiásticas. En el siglo XVIII comienza un periodo en el que se mercedan separadamente la merced del remanente a cambio de una cuota monetaria. Este mecanismo de acceso duró hasta mediados del siglo XIX cuando en el contexto hacendario republicano, se comienzan a imponer contribuciones directas sobre el uso del recurso (Loreto López, 1994, 25-65).

A partir de las alcantarillas, por medio de cañerías subterráneas se conectaban las aproximadamente trescientas casas mercedadas y las fuentes públicas. Como resultado de los cálculos realizados, entre 1608 y 1855 llegaban hasta la entrada de la ciudad 6.376.464 litros por día, disminuyendo la cantidad de agua mínimamente por infiltración y evaporación (1%). Resultó que a Puebla entraban 72,021 litros por segundo (l/s), lo que equivalía a 0,072 m³/s. Esto significaría que cada habitante podía acceder en 1777 a casi 125 litros por día³⁵. Este cálculo arroja una cifra aceptablemente similar a la calculada en promedio para el consumo per cápita urbano en España hoy día³⁶. Sin embargo, cuando se analiza con mayor detenimiento su esquema distributivo es cuando emergen indicadores de inequidad social y una posible explicación de las limitantes demográficas del periodo. Al aplicar el coeficiente de descarga de cada alcantarilla e ir restando las demandas de las tomas de particulares, de las instituciones eclesiásticas, de los edificios administrativos y las fuentes públicas que abastecía del mencionado aforo³⁷, tenemos que de los 72 lps (litros por segundo) que llegaban a la entrada de la caja del Refugio, el 51,34 % (38,37 lps) del gasto calculado "se quedaba" en las alcantarillas principales localizadas a la entrada de la traza. La de mayor gasto en litros utilizados fue la gran caja Colorada, de la cual, registradas legalmente, se desprendían 21 tomas. El fluido restante llegaba al no menos importante recipiente distribuidor de la Merced, también llamado de "Ventanas"³⁸. De él partía la línea de alcantarillas laterales que abastecería al resto de la población que habitaba la zona central. Desde ahí, tan solo el 31% del agua (23,72 lps) aforada se iba distribuyendo a lo largo de los cinco recipientes restantes. Una problemática derivada de este cálculo surge cuando se miden los litros que efectivamente llegaban a la caja de agua central, localizada en la esquina del zócalo pues de los 37,66 lps necesarios para abastecer su fuente, solo llegaban 6,9 lps. lo cual implica un déficit hídrico incapaz de soportar la demanda requerida.

De todo esto se concluye que el modelo distributivo basado en el desplazamiento del agua por gravedad tenía una gestión deficiente y hacía insustentable e inequitativo el acceso al agua para el grueso de la población. Si bien es cierto que en las cajas el fluido se desbordaba, en tiempo de secas las fuentes públicas alcanzaban su nivel más bajo, mientras las de la zona poniente por lo regular carecían del vital líquido. A esto se añadían problemas de circulación interna del agua pues los múltiples lodazales en las calles evidenciaban que a nivel subterráneo existían frac-

35 Hemos considerado la cifra de 51.032 habitantes como resultado del conteo efectivo de la población del padrón de feligreses de 1777 (AGI, México, 2578 a 2580).

36 Los cálculos varían según el país y las prácticas de uso. Por ejemplo, actualmente el consumo en España se calcula en 131 l/d por persona (<http://www.iagua.es>, consultado el 13 de marzo de 2015).

37 El coeficiente de descarga se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación: } Q = C_d A_o \sqrt{2gh}$$

$$\text{Donde: } Q = \text{caudal, m}^3/\text{s}$$

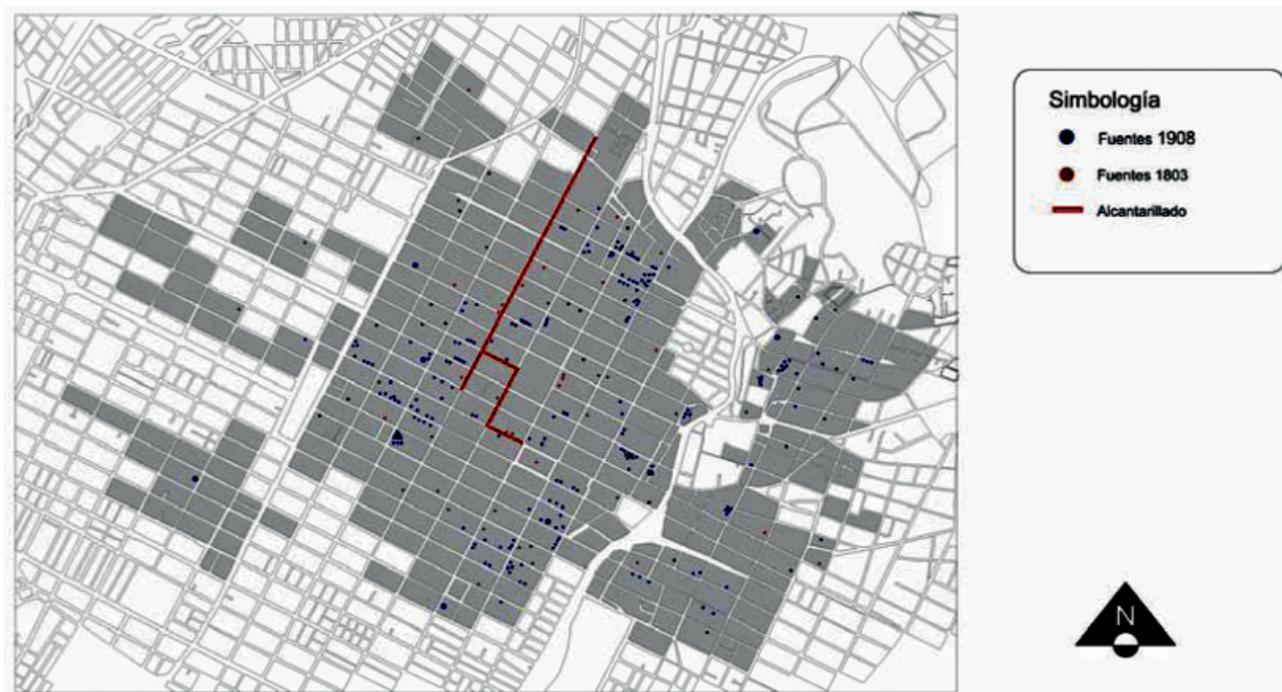
$$C_d = C_c C_v = \text{coeficiente de descarga}$$

$$A_o = \text{área del orificio. m}^2$$

$$h = \text{carga sobre el orificio (altura de la superficie del agua hasta el centro del orificio).}$$

38 Son numerosas las referencias a los anegamientos y terribles encharcamientos del agua que llegaba a esta caja receptora.

Mapa 3. Alcantarillas y fuentes públicas



Fuentes: Elaboración propia en base a AHAP, Libros de expedientes, 1803, 1898.

turas en los tubos, roturas y filtraciones debidas a la saturación y porosidad del material cerámico. Una segunda problemática tuvo que ver con el modelo de apropiación del agua, pues esta estuvo sujeta a diversas formas de acaparamiento por parte de las instituciones eclesíásticas, de los abusos de los prominentes cabilantes, de los administradores de conventos³⁹ y los propietarios de manufacturas, que de manera artera se otorgaban, autorizaban o se apropiaban de mayores cantidades de las estipuladas. Ante la cotidiana carencia, la gente optó por varias alternativas para abastecerse: los robos directos efectuados en el diámetro de las horadaciones de salida de las alcantarillas, las “sangrías” efectuadas en las tuberías y las derivaciones clandestinas hechas en gran parte por los dueños de baños, temascales, tocinerías y curtidurías⁴⁰.

El modelo de abastecimiento por gravedad generó estrés hídrico de manera crónica en el sentido de existir una mayor de-

manda en relación con la cantidad de agua efectivamente distribuida. A esto se añadió que su uso se veía restringido para ciertos sectores sociales debido a la baja calidad del agua. Este debe ser uno de los indicadores a considerar cuando se trate de explicar los infranqueables límites de crecimiento poblacional y urbano que tuvo esta ciudad a lo largo de trescientos años⁴¹. Se debe tomar en consideración que la cifra de acopio hídrico fue estable

Tabla 1. Distribución de agua dulce per cápita. Ciudad de Puebla, 1603-1952

Año	Población	Aforo en litros diarios	Tipo de conducción	Distribución per cápita (Aforo 100 %)
1603	40.000	3.256.831,71	Piedra y barro	81,40
1608	40.000	6.376.464,00	Piedra y barro	159,41
1678	69.800	6.376.464,00	Piedra y barro	91,35
1777	51.032	6.376.464,00	Piedra y barro	124,95
1803	67.800**	6.376.464,00	Barro y fierro	94,04
1825	44.756	6.376.464,00	Barro y fierro	142,47
1830	42.090	6.376.464,00	Barro y fierro	151,49
1874	65.000	7.367.254,85	Barro y fierro	113,34
1887**	72.743	9.652.284,00	Barro y fierro	132,69
1905	105.518	12.573.360,00	Fierro	119,15
1907***	101.518	28.512.000,00	Fierro	280,85
1952	210.533	47.520.000,00	Fierro	225,71

Fuente: Contreras y Grosso, 1983, y los cálculos que exponen los viajeros citados.

*AGI, México, 2578 a 2580.

**AHAP, Expedientes, t. 479, f. 70.

*** *Tercer Censo de población de los Estados Unidos Mexicanos*, 1918.

hasta que en 1883 se añadió el flujo de otros veneros. Esto significó un 45% más de captación de agua para el abastecimiento humano. Los cambios en el consumo per cápita presentaron ajustes a lo largo del periodo en función de las variaciones poblacionales. Esto se muestra en la tabla anterior.

El análisis distributivo de la población en relación al acceso al recurso hídrico permite sugerir que, para la segunda mitad del siglo XVIII, circulaba efectivamente tan solo el 30% del agua disponible en la alcantarilla principal, generando diferenciados perfiles de pobreza hídrica en la ciudad. Se puede sugerir que para ese periodo, el 70% de la población podía acceder, en teoría, a 40,15 ld (litros diarios) por individuo. Sin embargo, no debemos pasar por alto que el problema de las limitaciones técnicas, los desequilibrios apropiativos y su inequitativa distribución en las fuentes públicas se traducía en una constante escasez hídrica, a la que se deben añadir tensiones sociales generadas por su distribución estamental y étnica. Una primera solución fue construir un nuevo sistema de abastecimiento soportado en una red de cañerías de fierro y más fuentes públicas⁴².

Esto nos permite sugerir que para algunas ciudades pre industriales el stock hídrico fue más o menos estable y las variaciones —en la población— fueron, hasta cierto punto, independientes del mismo. La directa relación entre la población y la cantidad de agua apropiada para su abastecimiento se establecería a mediados del siglo XIX, cuando existieron también condiciones para extraer una mayor cantidad de agua, proceso que se asoció con un mayor crecimiento poblacional. Sin que eso tampoco significara una distribución más equitativa: este estudio será motivo del siguiente apartado.

EL AGUA Y EL PAISAJE DEL MIEDO, GUERRAS Y EPIDEMIAS.

EL CONTEXTO DEL PRIMER PROYECTO PRIVATIZADOR (1855)

Entre mediados de los siglos XVIII y XIX Puebla heredaba las condiciones de infraestructura de una ciudad pre industrial: en este contexto las mejoras municipales se limitaron a la búsqueda de mejores condiciones de sanidad y a un muy limitado equipamiento urbano⁴³. Básicamente para Puebla, la resolución de los problemas urbanos a lo largo de la primera mitad del siglo XIX se centró en torno al desabastecimiento de agua, al manejo de los desechos sólidos, de las excretas animales y humanas y a las filtraciones del agua que anegaban las calles. A partir de la asociación de los miasmas y las enfermedades con la insalubridad de los paisajes urbanos, se implementaban efímeras soluciones encaminadas a garantizar el abastecimiento a las alcantarillas y a las fuentes públicas y particulares. Para evitar que sus derrames causaran lodazales en las calles principales se propusieron proyectos de empedrado y embanquetado. En relación con el ma-

42 A finales del siglo XVIII se menciona que a solo siete de las ocho fuentes públicas llegaba agua (AGI, México, 341, 24 de abril de 1698, f.1.). Esta problemática fue trabajada inicialmente con material cualitativo por Lisepp-Rivera, 1999, 46-50.

43 La división por cuarteles de las ciudades novohispanas obedeció a una tendencia de ordenamiento urbano que caracterizó la política de control administrativo de los Borbones en el Nuevo Mundo. Este esquema instrumentalizó los primeros levantamientos de registros de poblaciones bajo una óptica secular.

nejo del agua se obligó a la población, mediante ordenanzas, al mantenimiento de los albañales y su desahogo al incipiente sistema de encañado, que transportaría todo al río de San Francisco. Dentro de las políticas higienistas un cambio tuvo que ver con la adecuación de los cementerios para poder hacer frente a las masivas epidemias y muertes bélicas⁴⁴. Como cabe suponer, estas adaptaciones no irrumpieron en los límites de la antigua traza urbana, lejos de ello, la población experimentó un declarado decrecimiento poblacional⁴⁵.

A las limitadas condiciones tecnológicas y materiales con las que contaba la urbe para proporcionar niveles de habitabilidad aceptables para la época, se añadieron factores sociobiológicos que impactaban cíclicamente en los índices poblacionales. Continuó siendo recurrente la aparición de enfermedades infecto-contagiosas como el tifo y otras como la tifoidea y disenteria, que asociaban la pobreza con condiciones antihigiénicas, con el acceso limitado al agua y con la desnutrición de sectores vulnerables⁴⁶. De vez en cuando hacían su recurrente aparición enfermedades endémicas ya conocidas como la viruela, el sarampión y el matlazahuatl. En 1803 Humboldt calculó la población de la ciudad de Puebla en 67.800 habitantes. Con la epidemia de tifo de 1813 y de después de la guerra de Independencia, las cifras estimativas indican hacia 1825 una población de 44.756 personas, número que bajaría un poco en la década siguiente. El gráfico 1 muestra el comportamiento de la población en relación con la captación de agua superficial a lo largo del periodo. La correlación muestra la estabilidad de la cantidad de agua extraída y las fluctuaciones demográficas, situación que se modifica a partir de 1875 en función de la incorporación de nuevos cuerpos de agua al caudal urbano.

En el siglo XIX a la reactivación del intercambio poblacional asociado con las guerras independentistas, la apertura del comercio y los movimientos migratorios hay que añadir al esquema tradicional de enfermedades la aparición en 1833 de la bacteria del *Vibrio Cholerae* o *cólera morbus*. Con esto se modificó el sistema patológico nacional porque estuvo asociado con altos niveles de insalubridad, afectó a grandes grupos sociales sin distinción de sexo, edad o condición, dado que se presentaba como brote estacional cuyo agente no producía inmunidad. Su difusión coincidió con añejas prácticas sociales que, seguidas durante siglos, marcaban la distante relación entre el cuerpo y el agua⁴⁷. El fin de la primera mitad del siglo XIX inaugura otra etapa de la historia de la relación entre los hombres y la naturaleza, la caída de la población urbana de Puebla tocó suelo. La intuitiva conciencia de la escasez social del agua implicó considerar como una posible

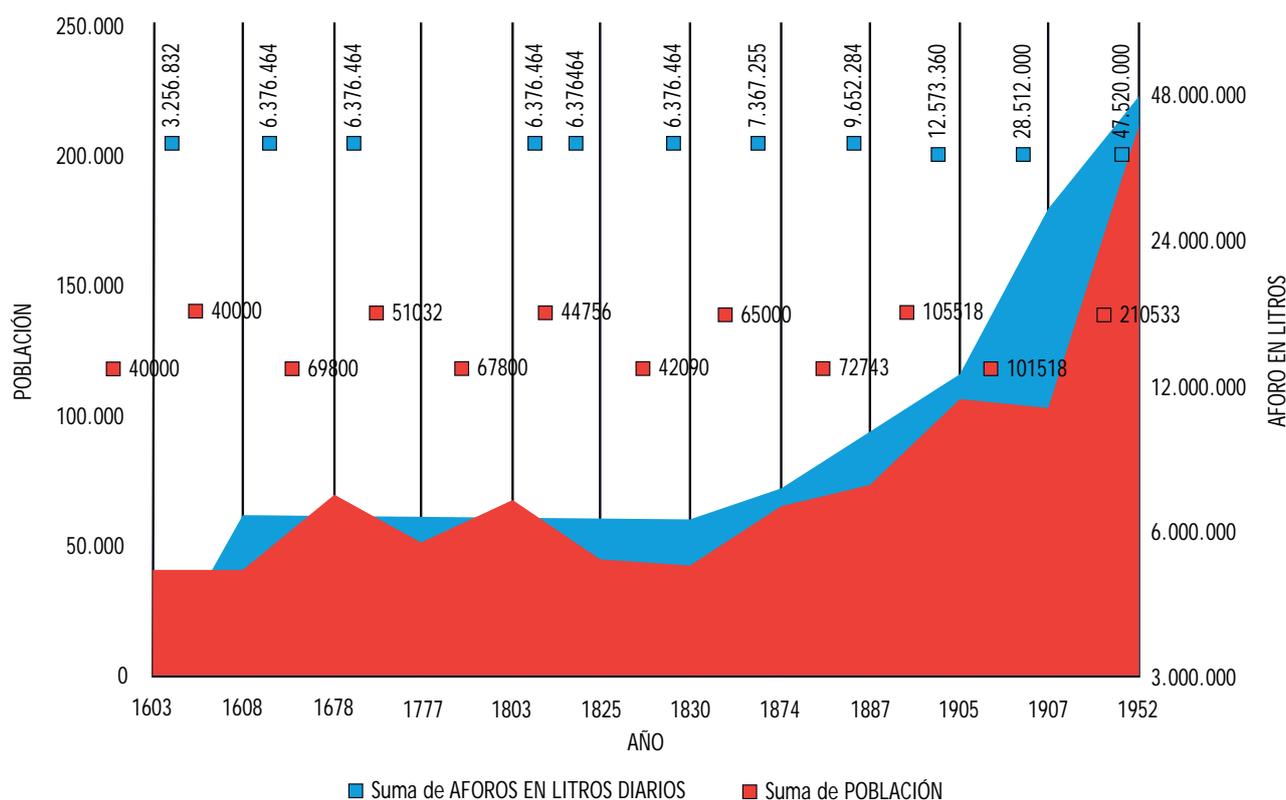
44 Funcionaron cuatro cementerios colindantes a antiguos conventos de hombres, en los límites del asentamiento urbano: El Carmen, San Francisco, San Antonio y La Merced. El 31 de julio de 1859 se dictó la ley sobre su reglamentación y obligatoriedad.

45 Contreras Cruz, 1986, 13.

46 A las malas condiciones de vida se añadían las cíclicas apariciones de viruela, escarlatina, tosferina y sarampión, cuya erradicación inicia propiamente en el siglo XIX. De igual manera, el tifo exantemático, que se puede considerar como una enfermedad de larga presencia y adecuación debido a su vector de transmisión: el piojo de la rata. Al respecto, puede verse el trabajo de Cuenya Mateos, 1999, 28-56.

47 Loreto López, 2010.

Gráfico 1. Población y aforos en litros diarios de agua en la ciudad de Puebla, siglos XVII-XX



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 1.

solución, una mejor distribución. Fue en este contexto que se presentó el primer proyecto privatizador de abastecimiento generalizado del líquido asociado a medidas encaminadas a proporcionar bienestar social a la mayor parte de la población. Aunque su implementación se inició en 1855 hasta 1896 no se concluyó. Proporcionó a la ciudad y a su población un nuevo sistema de distribución acuífera⁴⁸. Este lapso coincide con una etapa de franca recuperación poblacional, a tal grado que en 1862 el número de habitantes se estimó entre 75.000 y 78.400. La ejecución de este proyecto se consolidó gracias a las condiciones dictadas por la política liberal, que contextualizaron una redistribución del capital financiero e inmobiliario impulsado por la desamortización de los bienes eclesiásticos. Lo que permitió también el traslado de derechos sobre los recursos naturales, en este caso el agua. El plano siguiente expresa gráficamente los cambios técnicos aplicados a la nueva red distributiva.

El final de este lapso coincidió con los ajustes bélico-políticos que caracterizaron a los países latinoamericanos en el siglo XIX. Fue en 1883 y 1896 cuando se detectan dos nuevos cuerpos de agua. Su captación, junto con los cambios tecnológicos, inci-

dieron en una ampliación en el esquema distributivo. Hacia 1890 un total de diecisiete manantiales alimentaban al acueducto del agua dulce que surtía a la ciudad⁴⁹. En las nuevas adaptaciones implementadas en aras de incrementar la cantidad de agua apropiada para el consumo urbano, aún no era perceptible su vocación diferenciada: para uso doméstico, manufacturero o industrial.

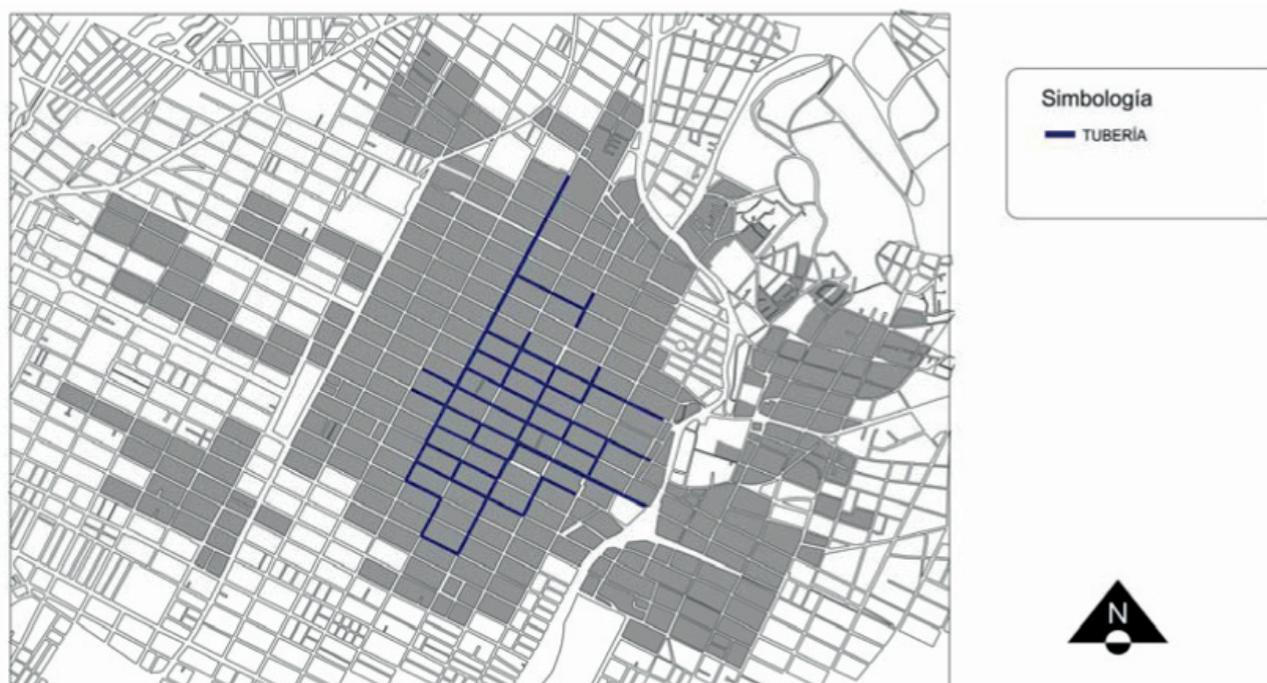
La primera modificación consistió en la cesión al contratista de los manantiales que desde la época colonial surtían de agua dulce a la ciudad. A cambio, el empresario sustituiría todas las cañerías de barro por unas de hierro, con excepción de la cañería maestra que, aunque nueva, continuaría siendo de barro⁵⁰. Con esto empezaba el primer proyecto de modernización del sistema de abastecimiento hídrico a una población urbana en el México independiente. Se planteó por primera vez una nueva concepción de la propiedad del recurso y su distribución generalizada. Con su asignación se materializaba una respuesta a una necesidad imperante para la mayoría de la población. De manera paralela se introdujeron nuevos conceptos asociados con el manejo del fluido y también nuevas prácticas de higiene. Esto supuso para Puebla, y por primera vez para todo México, que el abastecimiento pudiera privatizarse siendo un servicio proporcionado por el Estado. No

48 El año de 1855 fue particularmente importante porque el Ayuntamiento firmó con el señor Ignacio Guerrero el primer contrato particular de abastecimiento de agua potable. El líquido llegaría a todas las fincas, con excepción "de las de muy poco valor o que estuvieran muy separadas del centro" (AHAP, Proyecto para la construcción de las nuevas cañerías de hierro para surtir de agua todas las casas y fuentes públicas de agua, Libro de Cabildo, 122, 1855, ff. 562r-582v). Para la aproximación legal al estudio de la primera fase de este proyecto, puede verse a Toxqui Furlong, 2013, 61-94.

49 En este periodo se incorporan al gran manantial de la Cieneguilla otros nueve veneros y luego ocho más (AHMP, Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 48-50).

50 Se diseñó así debido al alto costo del material necesario para el tendido de la línea completa (AHAP, Proyecto para la construcción de las nuevas cañerías de hierro para surtir de agua todas las casas y fuentes públicas de agua, Libro de Cabildo, 122, 1855, 562r-582v).

Mapa 4. Sistema de tubería de hierro, 1855-1896



Fuente: Proyecto para la construcción de las nuevas cañerías de hierro para surtir de agua todas las casas y fuentes públicas de agua, AHAP, Libro de Cabildo, 122, 1855, 562r-582v.

se perdería el dominio y la disposición de los cuerpos de agua pues estos solo se concesionarían con limitaciones temporales. La implementación de este proyecto se vio continuamente interrumpida debido a que en este periodo la ciudad sufrió tres sitios militares, además de la invasión francesa en 1863 y la liberación de la plaza en 1867⁵¹. El estado ruinoso del sistema de abastecimiento de agua en esta década se relata de la siguiente manera:

“Entre sus habituales escaseces, siguió la vida de la ciudad hasta que después del épico e inmarcesible sitio (sic) que desde mediados de marzo hasta el 18 de mayo de 1863 sostuvieron las tropas mexicanas contra el invasor Francés y como resultado de la portentosa lucha que hubo que sostener defendiendo palmo a palmo el recinto de la ciudad, quedaron hechas pedazos las calles y con ellas las cañerías y atarjeas y con tal motivo, en junio de ese año de 1863, la empresa de aguas pidió a la jefatura Política, ya bajo la bota del invasor, que expidiera una disposición obligando a los mercedados a pagar lo que adeudaban y obligar a los dueños de las casas dentro de la zona dañada, a reparar por su cuenta todos los deterioros sufridos en la red de cañerías a consecuencia de las líneas de fortificación, fosos, contrafosos, minas, contraminas que se hicieron en las calles durante el sitio de la ciudad”⁵².

La escasez y la precariedad de la dotación de agua en Puebla durante este periodo, explica la tendencia a un estancamiento en su consumo per cápita. En el mejor de los casos, este continuaría siendo de alrededor de cuarenta litros diarios por habitante. Esta cifra debe tomarse con precaución pues la sustitución total del sistema de cañerías de barro por hierro, tardó un poco más

de cuatro décadas en terminarse. A esto se añaden los eventos bélicos que periódicamente destruían los tramos recién colocados. Esto sugiere que, por momentos, aunque hubiese un mayor aforo, también eran mayores las pérdidas en la masa de agua desplazada, dando lugar a la fatídica combinación de desabasto y enfermedades en diferentes puntos de la urbe. Esto también explica la desesperada búsqueda de recursos adicionales desplegada por el Ayuntamiento y el posterior éxito del primer proyecto privatizador.

Ignacio Guerrero, el empresario promotor, contó en principio con los mismos cuerpos de agua coloniales como fuentes de abasto, pero cambiaría radicalmente la tecnología de la conducción y el sistema de distribución. Los resultados del avance del proyecto comenzaron a verse reflejados en 1883 cuando se percibió un incremento sustancial en la captación gracias a la incorporación de dos nuevos manantiales en la zona sur-oriente, fuera del espacio edificado⁵³. Se consiguió incrementar el aforo a 9.072.000 ld (litros diarios), que supuso un aumento de casi el treinta por ciento sobre el agua de la etapa colonial. Esto originó una importante diferencia en la percepción per cápita, la cual pasó a ser de 125,21 ld por habitante. Fue el 14 de noviembre de 1896 cuando se terminó totalmente la instalación de las tuberías en toda la ciudad, con lo que se mejoró la distribución del agua a un mayor número de usuarios. Sin embargo, esta mejora no fue generalizada. De un

51 Contreras Cruz y Salazar Ibarquén, 1989, 73-92.

52 AHMP. Expediente de Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 53.

53 El 6 de diciembre de 1872 se formuló por el Ayuntamiento —y fue aprobado por el gobernador del Estado— el reglamento para el servicio y uso de las aguas potables de la ciudad. En dicho reglamento se concedió a la empresa el uso de las aguas conocidas por el “Carmen” y “Paseo Viejo” y las sobrantes de “Almoloya” (AHMP. Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 54).

Mapa 5. Fuentes públicas



Fuente: AHAP, Libro de Expedientes, 277, 1877, 235-253.

total de los cerca de tres mil inmuebles registrados en el Padrón de Casas de 1832, se lograría abastecer unos dos mil quinientos según el proyecto del señor Guerrero, es decir el 73% de las fincas contarían con agua domiciliada⁵⁴. Sin embargo, un documento posterior muestra que las casas abastecidas realmente fueron 866 lo que permite sugerir que tan solo el 30% de la población tuvo acceso garantizado al agua⁵⁵.

Después de 1896 se percibe un gran cambio en el aprovechamiento del líquido gracias a la tecnología de la conducción asociada a un nuevo sistema de distribución en red. Con estas modificaciones aumentó la cantidad de agua y la cantidad de casas con acceso directo⁵⁶. A esto se suma un incremento en la construcción de fuentes públicas, pues las 56 coloniales pasaron a convertirse en 251⁵⁷.

En el plano puede observarse una expansión en el tendido de fuentes o receptores de agua, incluyendo ya la zona poniente, que para principios del siglo XX comenzaría a urbanizarse. Este importante crecimiento de la infraestructura de abastecimiento hídrico puede interpretarse como un mecanismo de transición

54 Desde un principio quedaron excluidas las casas de poco valor o muy retiradas del centro. En este cálculo no están considerados el consumo agro-urbano, manufacturero y fabril. Este último ya en pleno auge industrializador.

55 AHMP. Expediente de provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 59.

56 Se considera que el problema no se solucionó de manera definitiva pues dado que los tubos de hierro fueron de diversos diámetros, las uniones tuvieron un desgaste y su corrosión inherente haría su aparición en un lapso no mayor a diez años a pesar de que se mandaron recubrir con un barniz. La vida útil del hierro es todavía desconocida, pero usualmente se estima en cien años o más (AHMP. Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 59-60).

57 Número contemplado en la propuesta del proyecto (AHAP, Libro de Expedientes, 257, 235-253, y Libro de Expedientes, 304, 25).

asociado con una nueva relación de la población con el agua⁵⁸. El primer intento de privatización del agua potable fue un éxito después de cuarenta años y estuvo asociado a una mejora en el servicio de abastecimiento público. Coexistieron de manera paralela las dos formas, la lineal y la reticular. Las viejas alcantarillas fueron derruidas a lo largo de cien años: ese mismo destino tendrían las fuentes públicas con el correr del tiempo para pasar a ser solo elementos de ornato urbano.

“AGUA PARA TODAS LAS CASAS DE LA CIUDAD” . NUEVAS TECNOLOGÍAS Y NUEVOS ESCENARIOS. EL ABASTO HÍDRICO ENTRE 1908 Y 1950

Hacia la segunda mitad del siglo XIX al proyecto de Guerrero de llevar agua “al grueso de la población”⁵⁹ se sumarían los cambios que anunciaban la ruptura del orden colonial. En esos años se diseñaron las bases económicas y administrativas que sustentarían al nuevo sistema político derivado de la pérdida de poder y control que ejercía la corona y el clero. El movimiento independentista y el ascenso del liberalismo se asociaron con la emergencia de nuevas relaciones hacendarias y fiscales con los nuevos ciudadanos y con los también nuevos grupos en el poder. En Puebla una primera reforma tuvo que ver con el pago de impuestos a la propiedad rural y urbana, estos registros acompañaron posteriormente al pago del suministro de agua⁶⁰. Estas imposiciones afectarían directamente a los ingresos que, prove-

58 Se registraron 260 tomas y se consideraron en la suma total otras 38 fuentes que se localizaban antes de la caja principal, situadas en la esquina de la calle de Ventanas (AHAP, Libro de Expedientes, 277, 235-253).

59 AHAP, Proyecto de Ignacio Guerrero, Libro de Expedientes, 304, ff. 25 y ss.

60 AHAP, Libro de Expedientes, 304, 24 y ss.

nientes de las rentas, sostenían a las instituciones eclesiásticas. Al respecto, un dato importante es que el 51% de la propiedad inmueble de las principales ciudades novohispanas pertenecía a la iglesia⁶¹. La secularización de la sociedad daba inicio, hacia la segunda mitad del siglo XIX, con las leyes de nacionalización de los bienes de manos muertas de las corporaciones tanto religiosas como comunales y municipales⁶². Con esto se anunciaba la ruptura del añejo pacto colonial, la apertura a la inversión extranjera y la nueva vinculación con el mercado mundial. Una de las consecuencias fue el acrecentamiento de la hegemonía y centralización tanto de la capital como de las principales ciudades de la naciente República. Junto a esto, el proceso desamortizador se vio acompañado de una vorágine de cambios en los centros urbanos pues se experimentaron cambios intensivos y expansivos con respecto a sus estructuras físicas y demográficas. En el caso de Puebla, la expansión de la mancha urbana se asoció a la llegada de nuevos capitales, con el establecimiento de la red ferroviaria y de los corredores fabriles, que localizados en las riberas de los ríos San Francisco y Atoyac, estaban ávidos de fuerza de trabajo. Los transportes facilitaron el desplazamiento poblacional rural hacia la ciudad incrementándose la demanda de viviendas que incentivó al menos tres modelos ocupacionales: uno intensivo en el centro de la ciudad, en las antiguas casas propiedad de la iglesia —ya fueran conservadas o destruidas y transformadas en apartamentos— y otro extensivo en asentamientos poco regulados a los que tarde o temprano había de llevar servicios urbanos. Un tercer modelo emergería del desplazamiento de la burguesía hacia nuevos proyectos residenciales, lo que incentivó en parte el fraccionamiento de los antiguos ejidos y ranchos pertenecientes a la corporación municipal. Todos estos procesos incidieron en una mayor demanda de agua para el abasto humano. El comportamiento de la población registró un crecimiento que varió del 0,35 en 1900 al 4,67 para 1950⁶³. La expansión urbana, medida en relación con el espacio construido y efectivamente ocupado varió de los 6,09 km² comprendidos a finales del siglo XVIII a los 182 km² en la década de 1940⁶⁴.

El crecimiento demográfico condicionó las formas y características que adquirió la expansión física de la ciudad. Esta se definió a partir de la interrelación que se estableció entre el nuevo Estado y los tradicionales y nuevos propietarios del suelo con la

61 Hacia la primera mitad del siglo XIX alrededor del 51% de la propiedad inmobiliaria de las ciudades de México, Puebla, Oaxaca y Guadalajara pertenecía a las diversas instituciones eclesiásticas. Este proceso concentrador provino de los capitales e inmuebles acumulados por conceptos de dotes en el caso de los conventos de mujeres, de donaciones y herencias en el de los conventos de hombres y de censos en el caso del clero secular. Al respecto, véase para el caso de la ciudad de México a Morales Martínez, 2011; Loreto López, 1990, para Puebla; y Lira Vázquez, 2001, 297-338, para la ciudad de Oaxaca.

62 El movimiento reformista tuvo como propósito el afianzamiento de la nacionalidad mediante la conquista plena de la soberanía y la transformación del sistema político y económico-social reinante. Cuatro son las leyes que afectaron de manera directa las relaciones entre el territorio y la espacialidad urbana: Ley sobre expropiación por causa de utilidad pública; Ley de Desamortización de fincas rústicas y urbanas propiedad de corporaciones civiles y eclesiásticas (ley Lerdo, 25 de junio de 1856); Ley sobre la Nacionalización de los Bienes Eclesiásticos del Clero Secular y Regular, 12 de julio de 1859, y Ley sobre la Reglamentación de los cementerios, 31 de julio de 1859.

63 Vélez Pliego, 2007, 68.

64 *Ibidem*, 98 y 99.

organización técnica y social de la producción de la vivienda y la producción social de la infraestructura urbana, en este caso, la electricidad y el agua. Desde finales del siglo XIX se implantará en las principales ciudades del país un modelo de expansión física definido por los nuevos “promotores urbanos” que iniciaban una nueva esfera de inversión de capitales. Emergió así un nuevo modelo de especulación inmobiliaria como forma de acumulación privada nacional y extranjera. Este modelo se ajustará a la lenta emergencia de los instrumentos normativos, técnicos y jurídicos, comenzando por las Leyes de Nacionalización y de Expropiación que el gobierno implementó para activar y regular las acciones de expansión territorial. Esta estuvo sujeta por primera vez a las características formas de financiamiento y circulación mercantil de las lotificaciones urbana e inmobiliaria y a su consecuente infraestructura destinada a la expansión de los servicios urbanos.

Después del lento proceso de sustitución del antiguo sistema de abastecimiento de agua, la nueva red de cañerías de fierro vendría a resolver parcialmente el problema del desaprovechamiento del agua “derramada” y como solución radical contra su escasez se consideró la posibilidad de captar mayores cantidades de líquido⁶⁵. Con esta idea el Ayuntamiento de 1905 hizo varias adquisiciones, iniciándose además la localización de agua subterránea. En Puebla la aplicación de avances geotécnicos en materia hidráulica comenzó propiamente en 1907, cuando se perforaron las primeras galerías filtrantes que se localizaron al norte de la ciudad, en los terrenos del rancho de La Trinidad. El objetivo era lograr la captación de agua procedente de mantos acuíferos subterráneos. La apertura de una galería filtrante de 300 metros de longitud en la zona donde se localizaba el manantial de la Cieneguilla representó un incremento significativo del caudal debido a “la casualidad” pues buscando ampliar el aforo, al abrir el túnel de 300 metros de longitud se descubrió un venero que generaba 70 litros por segundo, lo que aumentaba el caudal a 130 litros en el mismo lapso⁶⁶. Ahí se implementó el sistema mediante cámaras de captación donde mediante bombas hidráulicas se extraía el agua acumulada. El contratista de la perforación sugirió que debía crearse una zona de protección para la galería de 75 metros a cada lado del eje de las citadas excavaciones a fin de evitar que se perjudicase la galería o que pudiera extraerse agua en provecho particular. Con este primer impulso hídrico y tecnológico la cantidad del agua per cápita varió, aumentaba en teoría en un 44% la cantidad de litros de agua diarios por habitante.

El gran cambio se gestó entre 1907 y 1910 y dependió de la extracción de acuíferos profundos localizados a una distancia de 15 km respecto a la traza urbana. Con esto se ampliaba la huella hídrica de la ciudad. A esto se añadió la utilización de grandes bombas que se pusieron en operación. Con la adquisición de los terrenos donde se hicieron las galerías filtrantes y toda la infraes-

65 La primera correspondió a la compra del manantial localizado en el rancho de San Antonio (13 norte 2200). Estudios hechos por el ingeniero Toscano para tal efecto mostraban que tenía una producción de 30 litros por segundo. Como las necesidades del Ayuntamiento eran de 50 litros, se abrieron túneles para aprovechar las filtraciones, con lo que se consiguió llegar a la cantidad de líquido propuesta (AHMP. Expediente sobre provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación, A-69-12, 1940, 60).

66 AHAP, Expediente sobre el abovedamiento del río de San Francisco, 1962, 18-20.

estructura de conducción hídrica iniciada en 1855 se generaron las condiciones ideales para arrancar propiamente con la modernización del servicio de agua potable destinado al abastecimiento de la mayor parte de la población⁶⁷. Para 1908 se contaba de hecho con una red de cañería terminada once años antes, con un mayor aforo de agua procedente de manantiales superficiales, a los que se sumaban los flujos subterráneos. Se contaba, además, con nuevos recursos tecnológicos y sobre todo energéticos: la electricidad cambiaría de manera irreversible el paisaje urbano. El 21 de febrero de 1908 se firmó un contrato entre el Ayuntamiento, que presidía el señor Francisco de Velasco, y la Compañía Bancaria. En él quedaba de manifiesto el desarrollo e instalación de todo el sistema de captación, conducción, bombeo y distribución del agua potable⁶⁸. Las obras de abastecimiento hídrico realizadas durante los años de 1908 a 1910 dividieron el abastecimiento de agua de la ciudad en dos sistemas separados con sus respectivos recipientes con la idea de abastecer al conjunto de “todas las casas de la ciudad”⁶⁹.

A partir del primer cuarto del siglo XX se comenzó a modificar radicalmente la relación secular entre el agua y la vida cotidiana de los poblados. Junto a este nuevo sistema de distribución domiciliar se exigirían reformas encaminadas a garantizar la limpieza, esta vez asociada ya plenamente a la sanidad y la moral individual y colectiva. El 21 de marzo de 1905 el Ayuntamiento emitió una orden por medio de la cual se exigía a los propietarios a proporcionar a sus inquilinos agua y excusados (WC), en número de uno por cada accesoria o vivienda. Estos deberían estar provistos de caños, debidamente resguardados con “cespol” y tubo ventilador para facilitar el transporte de las excreciones⁷⁰. El agua circulante y en permanente movimiento evitaría el mal olor del agua gris, pues ya no permanecería estancada.

Para ejercer el control sobre el acceso al vital líquido y con el objeto de evitar pérdidas, derrames y fugas era obligatorio el uso de llaves llamadas de “nariz” para todas las tomas. A esto se añadiría más adelante el uso de llaves con flotadores en los tinacos de las azoteas de las casas. Con estas medidas se quiso evitar la antigua medida de captar y acumular agua en las fuentes de los patios como medida preventiva ante el común desabasto

67 Por primera vez se menciona la necesidad de diferenciar el agua destinada al consumo humano de la ocupada en la producción.

68 El proyecto contempló la existencia de dos casas de bombas, una en el paseo de San Francisco y otra, llamada de “Loreto”, en terrenos cercanos a los manantiales de la “Cieneguilla”. En el primer edificio —mediante dos bombas centrífugas sistema “Sulzer” para acoplamiento directo— se bombeaban 5.000 litros por minuto y se elevaba el agua a 66 metros de altura. Dichas bombas fueron accionadas por dos motores trifásicos con anillos de arranque, también de acoplamiento directo de 120 caballos de potencia cada uno; de 2.000 voltios, 60 ciclos por segundo y 1.765 revoluciones por minuto. La casa de bombas número 2 contaba con dos bombas centrífugas del mismo sistema, número y arreglo que las anteriores, para elevar igual cantidad de agua, pero solo a 63 metros. Los contratistas de las obras eléctricas fueron los señores Schöndube y Neugenbauer y se lograron captar 330 litros de agua por segundo, o sea 28.512.000 litros por día (AHMP. Expediente sobre Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 60 y ss).

69 El recipiente de Loreto recibe por bombeo el agua procedente de la Cieneguilla, la Trinidad y San Francisco, y surte la zona poniente de la ciudad (AHAP, Expediente sobre abovedamiento del río, 1962, 20 y 21).

70 AHMP. Expediente sobre Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 60.

hídrico. Por ello, esta última disposición fue derogada en diciembre de 1915 permitiéndose a los propietarios conservarlas con la condición de colocar una tapa en la parte superior de las fuentes, de manera que estas conservaran el agua limpia⁷¹.

En las décadas siguientes el agua dulce llegó al poniente de la ciudad, extendiéndose la red hasta la actual avenida Juárez, donde grandes mansiones porfirianas poblaban elegantemente los barrios antaño indígenas. Otra innovación aplicada al conjunto de la ciudad fue la adquisición, en 1930, de aparatos cloradores para sanear el agua. Esto reflejaba de entrada las ideas que sobre la salud, la enfermedad y el agua se aplicaban por primera vez en la ahora creciente ciudad de Puebla⁷².

Al iniciarse la década de 1930 se hicieron nuevos trabajos en las galerías filtrantes de La Trinidad, con lo que se obtuvo un aumento de 30 litros por segundo y en 1936, como consecuencia del ensanche de captación de los mencionados mantos acuíferos, se obtuvieron 20 litros más de líquido por segundo. Estos trabajos de perforación proseguirían hasta 1938, cuando se obtuvo un aumento total de 80 litros por segundo, lo que significó un incremento de 130 litros más en el mismo lapso. La relación entre el agua, la ciudad y sus habitantes había cambiado después de cuatrocientos años. Para 1952 se calculó un aforo de los nuevos materiales junto con el de las galerías filtrantes de 514,1 lps, que daba por resultado 47.520.000 de litros por día, lo que representaba una extracción de más del 35% con respecto a 1608, mientras que la población mostraba un crecimiento del 33%. En la distribución per cápita se continuó contabilizando el 60% de pérdidas, arrojando una cifra de 112,8 litros diarios. La diferencia de 30 litros en relación a 1908 se debe a que la población se duplicó, pues pasó de 101.518 habitantes a 210.533. Nuevamente se deben relativizar los datos distributivos pues las quejas al Ayuntamiento por la escasez del líquido continuaron.

Perforaciones a una profundidad variable de entre 180 a 200 metros permitían un volumen del gasto de explotación anual de 6.307.200 metros cúbicos, el consumo per cápita por habitante resultó ser de 112,8 litros por día, cifra que permitía, de acuerdo al indicador comparativo entre cantidad de agua y población, considerar a Puebla como una ciudad de segundo orden, con 210.533 habitantes, comparable —con la debida distancia— a Edimburgo con 206.000 habitantes y una dotación de 181 litros de agua por día⁷³.

Para 1939 el censo mostró que la población se abastecía de formas tradicionales ante la desigual eficiencia del servicio. De un total de 9.192 casas que componían la nueva traza urbana edificada, el 66% gozaban del servicio público, del resto, el 20% carecían totalmente de agua, mientras que el 12% se abastecían de pozos y el 2% restante lo hacían por manantial, pozos artesianos, aljibes o simplemente los habitantes no lo especificaban⁷⁴

71 Uso de llaves de nariz, acuerdo de 1910, 1912 uso de flotadores (AHMP, Expediente sobre Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 70).

72 AHMP, Expediente sobre Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla, Clasificación A-69-12, 1940, 66-70.

73 Toxqui Furlong, 2013, 31.

74 AHAP, Expediente sobre el abovedamiento del río de San Francisco, 21.

¿qué significaba esta inequitativa distribución en términos de la modernidad?

En 1952 la ciudad contaba con once cuerpos de agua superficiales, de los cuales ocho eran extracciones de origen colonial. Ya para principios del siglo XX se añadieron además de las galerías filtrantes otros 9 pozos profundos⁷⁵. La cantidad de agua captada era mayor que en el siglo XIX, lo que no significó que necesariamente se destinara al consumo humano. Se involucraba ahora un área de 10.840 ha⁷⁶. No obstante las posibles comparaciones entre Puebla y otras ciudades en función de las cantidades de líquido extraído y destinado para consumo doméstico, las demandas asociadas con la búsqueda de bienestar social mostrarían nuevas formas de inequidad en relación al limitado derecho al recurso natural máspreciado: el agua.

CONCLUSIONES

En este artículo partimos del estudio histórico del suministro de agua potable en una ciudad mexicana con el fin de proponer su medición como posible indicador asociado a la cobertura de las necesidades básicas de la población urbana a través del tiempo. Este método nos permite sugerir la utilidad de generar datos que permitan aproximarnos tanto a la huella hídrica de la ciudad como al conocimiento de las variaciones de los umbrales de pobreza persistentes a lo largo de cuatrocientos años. Partimos de realizar un primer acercamiento con el cálculo del consumo per cápita de agua en relación con las fluctuaciones demográficas. Tratamos de mostrar que existió una correlación entre el modelo de apropiación y conducción del agua superficial, su jerarquizada distribución y el errático comportamiento de la población. A partir de estos datos puede proponerse que el modelo de distribución, estamental, étnica y socialmente jerarquizado, generó diversos modelos de exclusión social y pobreza asociados al limitado acceso al recurso, con las consecuentes respuestas epidémicas propias de ciudades del Antiguo Régimen⁷⁷.

A lo largo del periodo estudiado, se vio que la distribución de la masa de agua que llegaba a la ciudad para el abastecimiento humano, no excedió del 30% de la apropiación real. Este dato interpretado como el soporte de la escasez hídrica se convierte en un parámetro que permite asociar el limitado aprovechamiento con problemas de salud y con un limitado acceso al bienestar por la mayor parte de la población.

A mediados del siglo XIX se percibieron cambios encaminados a una mayor captación de acuíferos. Procedimientos, tecnologías y suministro de capitales cambiaron las correlaciones pues si bien se amplió el acceso al agua entre la población compitió con la de-

manda del fluido generada por la primera gran oleada de producción industrial y la expansión de nuevos desarrollos urbanos. En este sentido, la relación entre los aspectos técnicos y demográficos coincidieron con el primer proyecto modernizador de México.

Esta línea de trabajo permitirá definir y afinar indicadores hídricos que permitan comparar líneas o umbrales de pobreza para diversas ciudades de manera sincrónica, emitir parámetros comparativos para ciudades latinoamericanas y europeas y evaluar el papel del estado en la búsqueda real de un bienestar social generalizado. Esto permite sugerir la coexistencia de variados umbrales de pobreza medidos en función del suministro hídrico.

Como continuidad del modelo de comportamiento demográfico pre-industrial, durante la primera mitad del siglo XIX frente a una oferta limitada de líquido el crecimiento poblacional se mantuvo estable. Estos datos permiten realizar acercamientos comparativos y pensar en tipologías urbanas definidas por niveles históricos de bienestar colectivo. Por ejemplo, entre 1881 y 1887 se captaban en Puebla 9.720.000 lpd, para el mismo periodo en Madrid 42.975.000 lpd⁷⁸.

El esquema tradicional de escasez de agua se modificó hacia 1896 cuando en el marco de la privatización del servicio de abastecimiento hídrico urbano se efectuó la implementación de cambios tecnológicos que permitieron una mayor captación y un mayor aprovechamiento del fluido, hecho coincidente con el despegue poblacional propio de la contemporaneidad latinoamericana. La mencionada modernización en el sistema de abasto no significó necesariamente una mejor o mayor distribución del líquido para la mayor parte de la población sino que la mayor captación se orientó para usos básicamente industriales, asociándose el crecimiento económico con un mayor consumo en este rubro. Esta relación expresa un nuevo modelo de desigualdad en el acceso al vital líquido, que expresará una abrupta diferenciación entre los sectores ricos y pobres. Al inicio del siglo XX la escasez crónica de agua y la insalubridad ponían en peligro potencial a gran parte de la población urbana ante las crisis de mortalidad, como la epidemia infecto contagiosa de tifo de 1910 y 1915⁷⁹. Este evento bio social de viejo cuño en el marco del crecimiento económico definido ya por la industrialización generaba problemas sociales y políticos que no lograron ser controlados debido a las fluctuaciones generadas por la guerra civil revolucionaria. A partir de 1930 —en el ámbito de las políticas sanitarias— se implementaron reformas urbanas que reflejaban nuevas concepciones en la higiene y el bienestar social. El conjunto de indicadores que esquematizan la transición socio metabólica de la sociedad —tomando en consideración el indicador de abasto y uso del agua— mostró que la implementación de nuevos flujos de energía y materiales coincidieron con el despegue económico y poblacional de la ciudad, modificándose el tradicional esquema de la huella hídrica de antiguo régimen hacia una nueva, definida por la industrialización. Hasta mediados del siglo pasado, las medidas de prevención higienistas en el ámbito doméstico tuvieron alcances limitados pues, finalmente, el agua no llegó ni llegaría a todos los ciudadanos de esta urbe mexicana.

⁷⁵ Estos pozos se localizaron en un área de 10.840 ha y fueron perforados a una profundidad de entre 180 y 200 metros (AHMP, Expediente sobre Provisión de agua potable en la ciudad de Puebla. Clasificación A-69-12, 1940, 25).

⁷⁶ La traza original era de 609 km².

⁷⁷ Según el Banco Mundial, la medición de los diversos niveles o umbrales de pobreza puede partir de cuantificar tres indicadores: incidencia (porcentaje de personas por debajo de la línea de pobreza), intensidad (distancia entre el ingreso de los pobres y la línea de pobreza) y severidad (compuesto por los dos anteriores) (Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al desarrollo, en <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/172>, consultado el 27 de mayo de 2015).

⁷⁸ Toxqui Furlong, 2013, 33 y ss.

⁷⁹ Cuenya Mateos, 2008, 101-151.

BIBLIOGRAFÍA

- Barles, S. 2007: "Feeding the city: food consumption and flow of nitrogen, Paris, 1801-1914", en *Science of Total Environment*, 375, 1, 48-58 PMid: 17270249 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.12.003>
- Billen, G., Barles, S., Garnier, J., Rouillard, J. y Benoit, P. 2009: "The food-print of Paris: long-term reconstruction of the nitrogen flows imported into the city from its rural hinterland", en *Regional Environmental Change*, 9, 1, 13-24. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-008-0051-y>
- Colten, C. E. 2002: "Reintroducing Nature to the City: Wetlands in New Orleans", en *Environmental History*, 7, 2, 226-246. <http://dx.doi.org/10.2307/3985683>
- Contreras Cruz, C. 1986: *La ciudad de Puebla, estancamiento y modernidad de un perfil urbano en el siglo XIX*. Puebla, Universidad Autónoma de Puebla. Cuadernos de la Casa Presno, 6.
- Contreras Cruz, C. y Grosso Cámara, J. C. 1983: "La estructura ocupacional y productiva de la ciudad de Puebla en la primera mitad del siglo XIX", en: Contreras, C. *Puebla en el siglo XIX. Contribución al estudio de su historia*. México, UAP, 111-176.
- Contreras Cruz, C. y Salazar Ibarquén, C. 1989: "Francisco de Velasco y la transformación de la ciudad de Puebla, 1906-1910", en Contreras Cruz, C. (comp.): *Espacio y perfiles. Historia regional mexicana del siglo XIX*. Puebla, Universidad Autónoma de Puebla-Consejo Mexicano de Ciencias Sociales-Ayuntamiento de Puebla. Vol. I, 73-92.
- Cronon, W. 1991: *Nature's Metropolis. Chicago and the Great West*. New York, W.W. Norton & Company.
- Cuenya Mateos, M. A. 1999: *Puebla de los Ángeles en tiempos de una peste colonial. Una mirada en torno al Matlazahuatl de 1737*. México, El Colegio de Michoacán-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Cuenya Mateos, M. A. 2008: *Revolución y tifo en la ciudad de Puebla, 1915-1916*. México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Dajoz, R. 2002: *Tratado de Ecología*. Madrid, Ediciones Mundi-prensa.
- Eurostat, A methodological guide, European Communities, 2001, Luxemburg, 62,92.
- Fischer-Kowalski, M. y Haberl, H. 1997: "Tons, Joules and Money: Modes of Production and Their Sustainability Problems", en *Society & Natural Resources: An International Journal*, 10, 1, 61-85 <http://dx.doi.org/10.1080/08941929709381009>
- Galicia Hernández, E., 2009: "Topografía, geología y clima en la cuenca del Alto Atoyac. Factores determinantes del funcionamiento de los sistemas de flujo de agua subterránea" en Loreto López, R. (Coord.): *Agua, poder urbano y metabolismo social*. Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, 25-46.
- Gierlinger, S. and Krausmann, F. 2012: "The Physical Economy of the United States of America: Extraction, Trade and Consumption of Materials from 1870 to 2005", en *Journal of Industrial Ecology*, 16, 3, 365-377. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00404.x>; PMid:24436632 PMCid:PMC3886303
- González de Molina, M. 2009: "Sociedad, naturaleza y metabolismo social. Sobre el estatus teórico de la historia ambiental", en Loreto López, R. (edit.): *Agua, poder urbano y metabolismo social*. Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla- Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, 217-244.
- Graber, F. 2009: *Paris a besoin d'eau. Projet, dispute et délibération technique dans la France napoléonienne*. Paris, CNRS Éditions.
- Grove, R. H. 1996: *Green Imperialism. Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism, 1600-1860*. USA, Cambridge University Press.
- Hoekstra, A. Y. y Chapagain, A. K. 2008: *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Oxford, Blackwell Publishing.
- Krausmann, F., Schandl H., y Sieferle, R. P. 2008: "Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom", en *Ecological Economics*, 65, 1, 187-201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.06.009>
- Lamouroux, C., et Xiaoping, D. 2011: "La fabrique des droits hydrauliques. Histoire, traditions et innovations dans le nord de la Chine", en *Annales. Histoire Sciences Sociales*, 1, janvier-mars, 66^e année, 33-67.
- Lipsett-Rivera, S. 1999: *To Defend Our Water with the Blood of Our Veins. The Struggle for Resources in Colonial Puebla*. Albuquerque, University of New México Press.
- Lira Vázquez, C. 2001: "Caracterización, distribución y valor de la propiedad en la ciudad de Oaxaca a partir del Padrón de casas de 1824" en Loreto López, R. (Coord.): *Casas, viviendas y hogares en la Historia de México*. México, El Colegio de México, 297-338.
- Loreto López, R. 1990: "La concentración de la propiedad en la ciudad de Puebla desde la década de 1830", en *Memorias Universitarias de Urbanismo*. Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, 35-50.
- Loreto López, R. 1994: "De aguas dulces y aguas amargas o de cómo se distribuía el agua en la ciudad de Puebla durante los siglos XVIII y XIX", en Loreto López R. y Cervantes Bello, F. J. (Coords.): *Limpiar y obedecer, la basura, el agua y la muerte en la Puebla de los Ángeles, 1650-1925*. México, UAP, Colegio de Puebla, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, 11-67.
- Loreto López, R. 2008a: "El microanálisis ambiental de una ciudad novohispana. Puebla de los Ángeles, 1777-1835", en *Historia Mexicana*, LVII, 3, 721-774.
- Loreto López, R. 2008b: *Una vista de ojos a una ciudad novohispana: la Puebla de los Ángeles en el siglo XVIII*. Puebla, BUAP-CONACYT-INAOE.
- Loreto López, R. 2010: *Agua, piel y cuerpo en la historia cotidiana de una ciudad mexicana. Puebla, siglos XVI-XX*. Puebla, Ediciones de Educación y Cultura.
- Matés Barco, J. M. 2009: "Las sociedades anónimas de abastecimiento de agua potable en España (1840-1960)", en *Revista de la historia de la economía y de la empresa*, 3,177-218.
- Melosi, M. V. 2008: *The Sanitary City. Environmental Services in Urban America from Colonial Times to the Present*. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- Melosi, M. V. 2011: *Precious Commodity. Providing Water for America's Cities*. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press. PMid:21924815
- Morales Martínez, M. D. 2011: *Ensayos Urbanos. La ciudad de México en el siglo XIX*. México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco /CyAD.
- Newman, P. W. G., 1999: "Sustainability and cities: extending the metabolism model", en *Landscape and Urban Planning*, 44, 4, 219-226. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(99\)00009-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00009-2)
- Ortega Santos, A. 2010: "'Re-ecologizar lo urbano'. Agricultura urbana e historia ambiental", en *Historia Contemporánea*, 39, 453-479.

Escasez, guerras y desigualdad social. El proyecto modernizador del sistema de abasto hídrico de una ciudad mexicana: Puebla, siglos XVII-XX

- Robelo, C. A. 1908: *Diccionario de pesas y medidas mexicanas antiguas y modernas, y de su conversión para uso de los comerciantes y de las familias*. México, Imprenta Cuauhnahuac, s. p.
- Schott, D. 2004: "Urban Environmental History: What lessons are there to be learnt?", en *Boreal Environmental Research*, 9, 519-528.
- Smith, J. y Tacey, L. 2004: "Current bibliography of urban history", en *Urban History*, 31, 3, 471- 503. <http://dx.doi.org/10.1017/S0963926805002580>
- Tercer Censo de población de los Estados Unidos Mexicanos, verificado el 27 de octubre de 1910*, Oficina Impresora de la Secretaría de Hacienda, México, 1918.
- Toledo, V. M. y González de Molina, M. 2007: "El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza" en Garrido Peña, F., González de Molina, M., Serrano Moreno, J. L. y Solana Ruiz, J. L. (Coords.): *El paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Barcelona, Icaria, 85-112.
- Toxqui Furlong, M. G. 2013: *Agua para todos en Puebla. Privatización y modernización del servicio, 1855-1883*. Puebla, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Fomento Editorial.
- Vélez Pliego, F. M. 2007: *Planeación, crecimiento urbano y cambio social en el centro histórico de la ciudad de Puebla*. Puebla, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélez Pliego"-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Voyer, R. A., Pesch, C., Garber, J., Copeland, J. and Comeleo, R. 2000: "New Bedford, Massachusetts: A Story of Urbanization and Ecological Connections", en *Environmental History*, 5, 3, 352-377. <http://www.jstor.org/stable/3985481>

FUENTES ELECTRÓNICAS CONSULTADAS

<http://www.ecologiaverde.com/estres-hidrico-agua-en-peligro/> (consultada el 2 de febrero de 2015).

<http://www.iagua.es> (consultada el 13 de marzo de 2015).

<http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/123> (consultada el 27 de mayo de 2015).

<http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/172> (consultado el 27 de mayo de 2015).