

Aprovechamiento histórico de los recursos hídricos. Evolución de obras hidráulicas en el estado de Zacatecas

Historical use of water resources. Civil works evolution in Zacatecas state

*Carlos Bautista Capetillo*¹

<http://orcid.org/0000-0003-2100-7415>

*Georgia Aralú González Pérez*²

<http://orcid.org/0000-0002-3201-8147>

*Hiram Badillo Almaraz*³

<http://orcid.org/0000-0002-3771-4475>

Primera versión recibida en: 20 enero, 2021

Última versión recibida en: 09 marzo, 2021

Resumen

Disponibilidad y demanda son aspectos primordiales para el ser humano, siempre que se proyecte dotar de agua a los diversos sectores que la requieren; de modo que la competencia por el volumen útil incrementa día a día, mientras que la oferta disminuye cada vez más. En esa relación inversa, las dinámicas antropogénicas y ambientales son determinantes para garantizar las necesidades de la población, en particular por las transformaciones climáticas evidenciadas en décadas recientes. A lo largo de la historia, el estado de Zacatecas ha padecido los

1 Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Profesor e investigador. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y a la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés). Línea de investigación: uso racional del agua, en específico en la agricultura.

2 Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Doctora en Historia por la Universidad Autónoma de Zacatecas, es docente investigadora en la Licenciatura de Lenguas Extranjeras y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt. Su trabajo de investigación se centra en temas históricos.

3 Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ); Maestro en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México; Maestro en Ciencias por la Universidad Estatal de Nueva York y Doctor en Ingeniería por la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor investigador del programa de Ingeniería Civil de la UAZ.

estragos de eventos meteóricos extremos, principalmente aquellos relacionados con la sequía. Asimismo, aunque en menor proporción, han ocurrido inundaciones severas que han provocado daños socioeconómicos. En este trabajo se analizan, a través de un recorrido temporal, las variaciones climáticas de temperatura y precipitación, así como el efecto de dichas variaciones en la evolución de los sistemas hidráulicos para el abasto de agua potable en el municipio zacatecano de Nochistlán de Mejía durante el periodo 1930-2015. El estudio se interesa por diversas construcciones e infraestructura que han permitido abastecer de agua a la población de la localidad; de igual modo, se establecen los aspectos que ponen en riesgo el suministro de dicho líquido a partir de proyecciones estadísticas en cuanto a crecimiento poblacional y condiciones del clima. Los resultados muestran la evolución de las obras hidráulicas y su manifiesto valor en el abasto de agua potable a los pobladores de esa región. Al mismo tiempo, se establecen las posibles complicaciones que, de mantenerse la tasa de incremento poblacional, deberán enfrentar las futuras generaciones dadas las proyecciones en la variabilidad de la lluvia y su consecuente disminución en el volumen de agua para consumo humano.

Palabras clave: abasto de agua potable, desarrollo histórico de obras hidráulicas, clima y sus transformaciones.

Abstract

Availability and demand are essential aspects for the human being when planning is made to provide water to the different sectors that may have need of it; still, the demand of suitable volume of water increases day by day, while the supply decreases gradually. In this inverse relationship, anthropogenic and environmental dynamics are decisive to guarantee the needs of the population, specifically due to the climatic transformations evidenced in recent decades. Throughout history, the state of Zacatecas has suffered the ravages of extreme environmental events, mainly those related to drought. Likewise, but on a lesser extent, severe floods have occurred that have caused socioeconomic damage. In this work, the climatic variations of temperature and precipitation and their influence on the evolution of hydraulic systems for the supply of drinking water in the municipality of Nochistlán de Mejía, Zacatecas are analyzed during the period 1930-2015. The study covers various solutions in terms of water works and infrastructure that have made it possible to provide water to the local population; likewise, the possible risks that may arise in order to guarantee the supply are identified from statistical projections regarding population growth and climate conditions. The results show the evolution of waterworks and their noticeable value in the supply of drinking water to the inhabitants of that region. At the same time, potential outcomes are established that future generations will have to face, in the case that the actual population rate increment is maintained according to the projections in the variability of rainfall and its consequent decrease in the volume of water for human consumption.

Keywords: drinking water supply, historical development of waterworks, climate and its transformations.

Introducción

Dotar de agua a los diversos sectores⁴ que la requieren conlleva discernir sobre una serie de aspectos socioeconómicos, técnicos y legales, de modo tal que las decisiones respecto a cobertura se cimienten lo mejor posible. Entre los criterios que permiten alcanzar lo indicado con anterioridad, están la oferta y la demanda. Dicha dualidad cambia permanentemente con la aspiración de garantizar cantidad y calidad suficientes, según evolucionan las necesidades hídricas de la sociedad (Estado Plurinacional de Bolivia, 2009). Así, la competencia por el volumen útil (demanda) incrementa día a día, mientras que su disponibilidad (oferta) disminuye cada vez más (Del Valle, 2017; Agudelo, 2005). En esta relación inversa influyen las dinámicas antropogénicas y ambientales: por un lado, el crecimiento poblacional implica cantidades mayores de agua para abastecer, en primera instancia, comunidades rurales y urbanas, agricultura, ganadería e industria; por el otro lado, la explotación irracional, aunada a la degradación de los recursos naturales, limita esa posibilidad puesto que las fuentes de suministro pierden viabilidad. Las múltiples aristas de la problemática en torno al recurso hídrico tienen como plano de coincidencia el uso sostenible del agua; debido a su complejidad, las aportaciones que se estructuran deben validarse con un enfoque transdisciplinar e involucrar a distintas ciencias: sociología, antropología, historia, agronomía, ingeniería, ambientales, entre otras.

Varias de las contribuciones científicas que se han hecho desde mediados del siglo XX se fundamentan en la ruta de la eficiencia “hacer más con menos; es decir, mejor aprovechamiento de los recursos naturales disponibles” (Christiansen, 1942; Burt *et al.*, 1997; Evans y Sadler, 2008; Ogundari *et al.*, 2012). Sin embargo, en décadas recientes, diversas propuestas refieren la inclusión de coherencia y suficiencia como dos derroteros que se fusionan al de la eficiencia para realmente alcanzar la sostenibilidad, en los términos de Manfred Linz (2006):

La sostenibilidad puede perseguirse por tres caminos distintos: eficiencia, coherencia y suficiencia. De manera breve se pueden caracterizar estas tres vías de la siguiente forma: la eficiencia se orienta al mejor aprovechamiento de la materia y la energía, esto es, una mayor productividad de los recursos naturales. La suficiencia trata de lograr un menor consumo de los recursos a través de una demanda de bienes menor. La coherencia se orienta hacia tecnologías compatibles con la naturaleza, que aprovechen los ecosistemas sin destruirlos (p. 2).

Concerniente al clima, desde 1975, alrededor del orbe se han evidenciado alteraciones sustanciales en cuanto a temperatura y precipitación, hecho que repercute notablemente en la disponibilidad de los recursos hídricos (Erviti, 2020). Sin duda, esta última condición ha detonado la puesta en marcha de metodologías inherentes al uso sostenible del agua en el contexto de una escasez cada vez más aguda, lo cual conlleva repercusiones de índole social, económico y energético. Mitigar sus efectos, implica apropiarse de aque-

⁴ De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, en México los usos del agua están catalogados como público urbano, agrícola, generación de energía eléctrica, otras actividades productivas, control de avenidas y protección contra inundaciones y cultura del agua (Conagua, 2012).

llas estrategias que resulten de aplicar el tridente eficiencia-coherencia-suficiencia. En ese sentido, evaluar el fenómeno requiere definir el comportamiento histórico del clima, fundado en bases científicas, sobre todo lo referente a las variaciones de la precipitación; incluso considerando proyecciones de cambio climático para determinar sus efectos a largo plazo (Galindo *et al.*, 2014; Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). En el caso particular de la sequía, se estudian las variables magnitud, intensidad y duración con el propósito de determinar su severidad; según ocurra se cataloga como meteorológica, hidrológica, agrícola o socioeconómica. El impacto puede provocar que pérdidas en cosechas y ganado incidan en el producto interno bruto y, en un grado extremo, generen problemas de salud pública que lleguen a desembocar en la muerte de la población (Bautista-Capetillo *et al.*, 2016; Coumou y Rahmstorf, 2012; Perevochtchikova y De La Torre, 2010; Rosenzweig *et al.*, 2001). Dada la trascendencia de la sequía, el gobierno mexicano lanzó en 2013 una serie de lineamientos, a través del Programa Nacional contra la Sequía, tendientes a prevenir y mitigar sus efectos; entre los principios que lo sustentan se encuentran monitoreo y difusión, evaluaciones de vulnerabilidad, desarrollo de capacidades institucionales, desarrollo de capacidades ciudadanas, participación de usuarios, capacitación e investigación (Pronacose, 2018).

El estado de Zacatecas ha padecido los estragos de la sequía en parte por su ubicación geográfica, pues de acuerdo con María Engracia Hernández *et al.* (2018), el clima en prácticamente la totalidad del territorio es Tropical Xérico, ya que el índice de Lang (IL) se ubica en el intervalo $0 \leq IL < 43.2$. Dicha condición pone en riesgo la disponibilidad de recursos hídricos, puesto que se enfrenta escasez con mayor frecuencia. El cambio climático es un factor adicional que debe estudiarse a profundidad con un sentido prospectivo que facilite la formulación de políticas públicas tendientes a identificar y aminorar el fenómeno; su efecto en el estado de Zacatecas ha incidido en las diferentes regiones que lo conforman. Apozol, por citar un caso, 50 años atrás producía distintos cultivos gracias a su benévolo clima; esta condición cambió en la década de 1990. La evidencia demuestra que alrededor de ese año, la temperatura comenzó a incrementar su valor y la precipitación se volvió más errática (periodos más prolongados con carencia de precipitación, o bien con precipitaciones que exceden las condiciones normales); de tal suerte que un grupo de agricultores de subsistencia debió construir un almacenamiento superficial conocido como presa El Tecongo y continuar produciendo sus cultivos (España, 2016). Un ejemplo más acaeció en el Teul de González Ortega, donde la comunidad agrícola transformó el esquema de canales para distribuir el agua desde la presa La Aticuata hasta sus tierras, a un sistema hidráulico de tuberías, lo que posibilitó el ahorro del recurso natural para épocas de estiaje (Conagua, 2005).

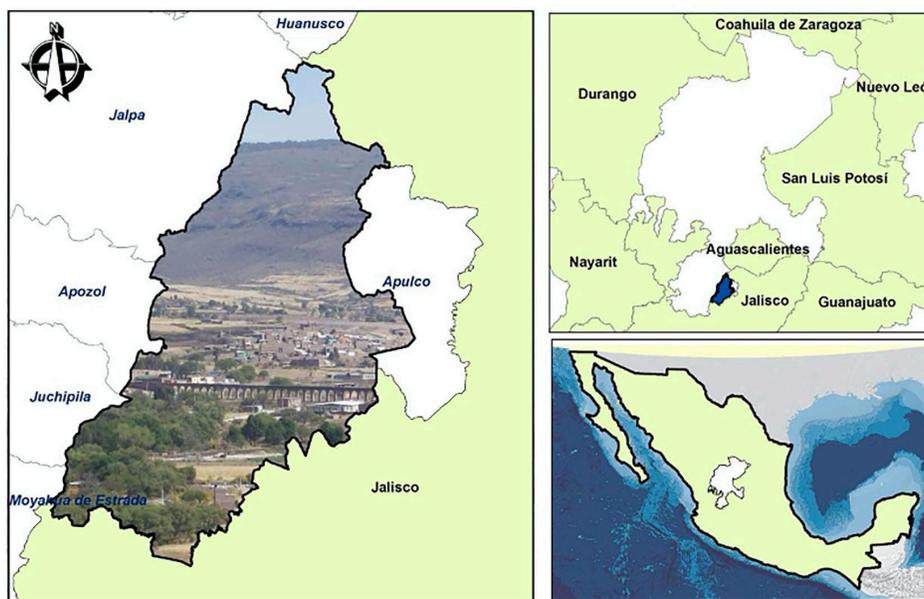
Tampoco el abasto de agua potable es ajeno a las vicisitudes climáticas y a la explosión demográfica. Las autoridades de Nochistlán de Mejía desde 1793 suministraban el líquido a través de manantiales localizados al noroeste de la cabecera municipal, a las faldas del cerro La Mesa del Agua (Rodríguez, 1984). Un acueducto fue la obra civil construida para transportar el agua a la comunidad; no obstante, con el tiempo los depósitos naturales dejaron de producir el volumen suficiente que cubriera las necesidades de la población, tanto por su crecimiento como por efecto de lluvias capaces de alimentar los veneros que daban sustento al recurso. En un afán de exponer bondades y adversidades del agua en

el sur de Zacatecas, la presente investigación, inicialmente efectúa un recorrido histórico a partir de la Colonia y hasta la época actual para mostrar las transformaciones socioeconómicas de la región. Asimismo, se analizan como estudio de caso las obras hidráulicas construidas en la cabecera municipal de Nochistlán de Mejía a lo largo de 85 años (desde las comunitarias públicas hasta las adoptadas a nivel de vivienda), fundados en la relación con el comportamiento histórico de precipitación y temperatura, con el interés de observar la tendencia del clima y el efecto que sobre la disponibilidad hídrica ha ocurrido a través del tiempo.

Zona de estudio

Nochistlán de Mejía se localiza entre las coordenadas extremas: 21° 12' y 21° 40' de latitud norte; 102° 41' y 103° 03' de longitud oeste; su superficie es de 876 km² (1.2 % del territorio estatal), a una altura promedio de 1830 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte y al noroeste con Jalpa, Zacatecas y con Teocaltiche, Jalisco; al sur con Yahualica y Mexxicacán, Jalisco; al este con Apulco, Zacatecas; al oeste con Juchipila y Apozol, Zacatecas (Figura 1). La biota de la región es vasta; de su vegetación destacan extensas superficies de árboles maderables, principalmente pinos, robles y encinos; además de una gran variedad de frutales (duraznos, chabacanos, higueras, naranjos, limoneros, aguacates, peras y manzanos), así como matorrales y pastizales. Respecto a la fauna, mamíferos silvestres y ciertas especies de aves destacan por su importancia. La orografía del municipio es accidentada; su territorio forma parte de la Sierra Madre Occidental y del Eje Neovolcánico; por ello, una diversidad de mesetas y cerros de la Sierra de Nochistlán circundan la cabecera municipal.

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Nochistlán de Mejía



Fuente: elaboración propia.

Metodología

A fin de establecer las circunstancias que a lo largo del tiempo han rodeado al agua como recurso natural indisoluble al ser humano, la construcción histórica, dentro del espacio geográfico en el cual se ancla el municipio de Nochistlán de Mejía, está circunscrita a los conceptos de regionalidad y regionalismo descritos por Eric Van Young (1987). El primero, alude a “la cualidad de ser de una región”, el segundo a “la identificación consciente, cultural, política y sentimental, que grandes grupos de personas desarrollan con ciertos espacios a través del tiempo” (p. 258). Por una parte, el clima —uno de los factores que delimita la regionalidad— junto con sus alteraciones temporales que en los cañones de Juchipila y Tlaltenango han dado pie a inundaciones y sequías; por otra parte, las estructuras sociales —uno de los ejes que definen el regionalismo—, en concreto aquellas que surgieron a partir de la conformación de las regiones del norte y del sur en el periodo colonial, han sido heurísticamente analizadas (Ruiz, 1976). Se recurrió principalmente a la literatura clásica para describir a los primeros pobladores del sur de Zacatecas, así como las características de los valles de Tlaltenango y Juchipila. De igual modo, se revisaron fuentes actuales con relación a la agricultura en esas regiones con el objeto de precisar su evolución. De manera complementaria, algunos periódicos locales permitieron corroborar determinados datos asociados con inundaciones y sequías. Finalmente, se realizó un recorrido en la zona de estudio, hecho que contribuyó al análisis e interpretación de datos.

En el caso de Zacatecas, una vez que se conforman las regiones del norte y del sur, se delinean también dos grupos cuyas tensiones políticas y sociales los van definiendo: indígenas y españoles. De modo invariable, procesos como el demográfico, el laboral, el económico, el migratorio y el cultural influyen en la transformación del sector agrario, pues son los actores sociales quienes se desarrollan al interior de un espacio determinado, inicialmente, por el sistema de explotación de la Corona y, después, por diversos grupos de poder a lo largo del siglo XX.

Ahora bien, a partir del agua, se trazó una ruta histórica para observar la evolución de la agricultura en el sur de Zacatecas, en específico en los cañones de Juchipila y Tlaltenango desde la antigüedad hasta la época actual. Además, sobresale el tema de la legislación hídrica y cómo esta influyó en su distribución, de ahí la relevancia de las leyes que derivaron en torno a este recurso natural. En ese sentido, destacan ordenanzas y disposiciones establecidas en el Código Civil del Distrito Federal sobre el uso y abasto del agua que repercutieron de igual modo en la geografía zacatecana ya indicada.

Con el propósito de valorar la evolución del clima se utilizaron datos de la estación meteorológica Nochistlán, monitoreada por la Comisión Nacional del Agua Dirección Local Zacatecas, ubicada en las coordenadas 21° 21' 55" de Latitud Norte, 102° 50' 32" de Longitud Oeste y altitud de 1 850 m.s.n.m (Conagua, 2014). Temperatura y precipitación fueron las variables analizadas entre 1965 y 2015. A la base de datos en cuestión se le realizó una prueba de calidad apoyados en el siguiente criterio cuantitativo (Ecuación 1) (Navidi, 2006).

$$\mu \pm 2\sigma \quad (1)$$

donde μ es la media aritmética y σ es la desviación estándar estimados a partir de la información histórica. Los valores fuera del rango establecido en la ecuación 1 para el mes correspondiente de cada variable en estudio, fueron considerados atípicos y por lo mismo eliminados. Cabe mencionar que durante el periodo de análisis, particularmente en los años 2004, 2005, 2006 y 2008, algunos meses no reportaron información. En este sentido, el procedimiento deductivo de datos atípicos y faltantes fue el sugerido por Campos-Aranda (2015) y España (2016), relativo a los registros incompletos, con un máximo de tres meses de un año específico, el valor asignado fue igual a la media mensual. En años con cuatro meses o más de información atípica y faltante, incluso cuando se trató de la precipitación de los meses más lluviosos (junio-septiembre), los valores se asignaron a partir de una correlación lineal simple basada en el registro de la estación meteorológica más cercana. Con fundamento en las series de tiempo, se construyeron 12 modelos lineales (uno por cada mes del año) para cada variable estudiada. Los datos faltantes se obtuvieron con la aplicación de la Ecuación 2.

$$y = b_0 + b_1x \quad (2)$$

donde y es el dato atípico o faltante, x es el valor correspondiente al registro más cercano, b_0 y b_1 son parámetros de ajuste que se estiman con las Ecuaciones 3 y 4, n corresponde a los meses con registro en ambas estaciones meteorológicas.

$$b_0 = \frac{\sum x_i \sum x_i y_i - \sum y_i \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad (3)$$

$$b_1 = \frac{\sum y_i - n b_0}{\sum x_i} \quad (4)$$

La metodología empleada para caracterizar a la población se basó en lo establecido por la Comisión Nacional del Agua en el *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado* (Conagua, 2019). Así, la población pasada y presente se determinó con fundamento en los datos censales que proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2021) y las proyecciones a partir de la tasa de crecimiento demográfico aportada por el Consejo Nacional de Población (Conapo, 2019). En el cálculo de los volúmenes de agua se utilizó el criterio relativo a dotación *per cápita* generalmente adoptado por los sistemas operadores de agua potable en el estado de Zacatecas cuyo valor corresponde a 250 litros por día (JIAPAZ, 2018; SAPN, 2014).

Resultados

Balance historiográfico en torno al agua

El clima en el estado de Zacatecas es Tropical Xérico con una precipitación media histórica inferior a 400 mm por año en casi todo el territorio, salvo la región sur con aproximadamente 8000 km² (11% de la superficie territorial) que destaca por contabilizar mayores precipitaciones anuales (el promedio alcanza 750 mm por año). Debido a ello, dicha región a lo largo del tiempo ha sido descrita por su prominente potencial para la producción de una vasta diversidad de cultivos; no obstante, las alteraciones en las precipitaciones y la temperatura del aire con respecto a los valores normales que han prevalecido al menos desde el siglo XX, han desencadenado efectos adversos sobre la disponibilidad de agua.

Desde tiempos inmemoriales los pueblos originarios tenían un fuerte arraigo a la naturaleza, de ella derivaban las bondades, pero también distintas catástrofes. Previo a la llegada de los españoles se fraguaron fuertes enfrentamientos entre los diversos grupos que habitaban el sur de Zacatecas y el noreste de Jalisco; el objetivo primordial era expandir el dominio. Sobresalen las tribus de los zacatecos, los tecuexes y los caxcanes, dedicados a la agricultura, en específico del maíz (Amador, 1984). En Mesoamérica esta práctica se vinculaba con el comportamiento de los astros y los fenómenos naturales. Paulatinamente se fueron desarrollando diferentes sistemas agrícolas con una visión agoreligiosa (Santoyo, 2012), por ejemplo, los simbolismos presentes en la tierra fundados en divinidades como Centeotl, la diosa del maíz; o bien Tláloc, dios del agua. Las necesidades de estos grupos humanos en cuanto al manejo de cultivos propiciaron la evolución de la producción agrícola.

El agua fue un factor indisociable en esta práctica ancestral. Asimismo, los asentamientos humanos consideraban las condiciones biogeográficas; por tanto, buscaban lugares circundados por ríos, arroyos, manantiales. El factor climático interviene notablemente en la agricultura; las sequías y las inundaciones en el devenir de la civilización han provocado drásticas modificaciones a los ecosistemas. Concerniente a Zacatecas, en particular los cañones de Juchipila y Tlaltenango, constatan estas transformaciones y el modo en que sus pobladores han tenido que sortear específicas problemáticas, las cuales se acentuaron con la irrupción de los españoles en la Gran Caxcana⁵ (Juchipila, Nochistlán, Tlaltenango, Teocaltiche, El Teul, Jalpa y Apozol) (De Vega, 2016), y la introducción de técnicas novedosas para la extracción de agua, entre otros sistemas.

Inicialmente los caxcanes eran conocidos como belicosos, aunque en opinión de Elías Amador (1984) fue el pueblo más culto, se conformaban con vivir en humildes cabañas situadas en las márgenes de los ríos o en las cumbres de los montes, además tenían una fuerte resistencia a la intemperie; a pesar de que conocían el cultivo de la tierra no lo practicaban con regularidad. Dicha situación no perduraría por mucho tiempo, pues una vez establecidos los españoles serían obligados a cultivar maíz como tributo a la Corona.

⁵ Así se le denominó al sur de Zacatecas y noreste de Jalisco, se refiere a los descendientes de los caxcanes, provenientes de las altas culturas, que ocuparon esa región.

Los caxcanes conquistaron Juchipila en el siglo XII y permanecieron ahí hasta el arribo de los españoles en el XVI (Weigand, 1985, citado por Caretta, 2012). Como consecuencia de la expansión colonial y la relevancia de las minas descubiertas fue necesaria la construcción de caminos que pudieran comunicar a Guadalajara con Zacatecas. Ello facilitaría la guerra con los indígenas, la expansión de la jurisdicción de la Nueva España y la Nueva Galicia, además la propagación de la fe cristiana a través de los religiosos (Caretta, 2012). El descubrimiento del azogue posibilitó que Zacatecas se convirtiera en pilar de la economía, de ahí el surgimiento de dos regiones: la del norte y la del sur, para el caso que nos ocupa resalta esta última.

El cañón de Juchipila comprende los municipios de Moyahua, Tabasco, Huanusco, Jalpa, Apozol y Juchipila. Estas regiones se caracterizan por su disponibilidad de recursos naturales en la producción agrícola. Si bien se tiene noticia del cultivo del maíz en esa zona desde el año 1200 (Velasco, 1984, citado por Luna, 2008), su producción y abasto ha sido muy variable. En el siglo XVII se reporta escasez de productos básicos (maíz y harina principalmente) para abastecer a la ciudad de Zacatecas, incluso de 1784 a 1786 se vivió una de las crisis más agudas, por lo que el cabildo debió buscar el abasto en jurisdicciones aledañas (De Vega, 2016).

Por otra parte, una de las regiones más pobladas en el siglo XVI fue el valle de Tlaltenango, justo fue aquí donde tuvo lugar la emblemática batalla en el cerro del Mixtón en 1541.⁶ De acuerdo con Peter Gerhard (1996), la población descendió drásticamente pocos años después de la conquista: antes de 1530 se registraban 16 mil habitantes; 30 años después, en 1570, se contabilizaba solo la mitad, ocho mil. La violencia y la represión entre indios y españoles suscitaron evidentes consecuencias: “La imposición de los indígenas de un sistema de valores y modelos de comportamiento diferentes a sus tradiciones ancestrales, los cambios en sus patrones de consumo y del uso del tiempo, la instauración traumática de nuevos métodos de trabajo” (Enciso, 1998, p. 37). La radical transformación en el modo de vida no solo en las actividades cotidianas, sino en la propia concepción del mundo, alteró la raigambre de la sociedad precolombina.

Asentada la colonización en los valles de Juchipila y Tlaltenango, los descubrimientos de reales de minas incrementaban y con ello la necesidad de mano de obra. En el periodo que comprende de 1571 a 1573 se realizaban trabajos forzados relacionados con la cosecha de la sal en Peñol Blanco (acudían indios de Teocaltiche, Nochistlán y el cañón de Juchipila) y en Santa María (indios de Tepechitlán, Teul y Tlaltenango). Por mandato oficial se ordenó a los militares “sacar de las fronteras chichimecas, todos los indios que fueran necesarios para la cosecha de sal” (Lida, 1965, p. 684), misma que debía ser abundante y de calidad en la explotación de la plata. Lo paradójico es que los indígenas debían pagar anualmente determinada cantidad de maíz a la Real Hacienda como tributo, y con ese mismo maíz se les alimentaba durante los tres meses que permanecían en las lagunas (Bakewell, 1971). Bajo el sistema de repartimiento⁷ los indios trabajaban en la agricultura y la ganadería; no obstante, el beneficio era para particulares. En ese sentido, los pobladores del valle de Tlaltenango, en concreto, fueron sometidos a un sistema de explotación

⁶ Se trató de una guerra entre caxcanes y españoles que se prolongaría hasta el año de 1542.

⁷ Aunque la repartición de indios entre los españoles iba en contra de la ley, prevaleció y se generalizó a principios de la colonización.

que se extendería aun en el siglo XVII, a favor de la economía de la Corona y en perjuicio de su propia salud.

Un problema recurrente en la sociedad novohispana zacatecana relativo a la agricultura fue la distribución de las aguas. Hacia finales del siglo XVIII aumentaron los conflictos debido, por un lado, a la escasa disposición del recurso, hecho que limitaba el riego de labores y el abasto de semillas a la población; esto aunado al pasto suficiente con que se debía contar para los animales; y, por el otro lado, la necesidad de construir presas, socavones, céspedes, acequias y lagunas de almacenamiento para su aprovechamiento en las siembras (Hurtado, 2005).

En la *Real Ordenanza para el Establecimiento é Instrucción de Intendentes de Ejército y Provincia en el Reino de Nueva-España (1786)*, en su artículo 63, se acordó que hacendados y naturales utilizaran las aguas corrientes y subterráneas con la finalidad de incrementar la siembra de granos; adicionalmente, que aumentaran el ganado vacuno. Relativo al uso doméstico, los pobladores podían sacar el agua necesaria; en cambio, cuando su uso era productivo, debían solicitar un permiso real. Ello trajo como consecuencia una serie de disputas en las que se demandaba el derecho de acueducto y el título de merced de aguas,⁸ de manera reiterada se citaba el aludido artículo 63. Dichos litigios continuarían todavía en los albores del siglo XIX.

Posterior al movimiento de Independencia, poco se hizo en materia de legislación del agua. Prevalcían normas y reglamentos ya instituidos, por lo que el beneficio seguía siendo para los mercedados por la Corona, es decir, el grupo dominante. Con la intención de que los campesinos pudieran conocer y comprender la normativa agraria y del agua, Mariano Galván (1868) compiló esta información en su libro *Las ordenanzas de tierras y aguas*: “Se han de distribuir con equidad y justicia, ya para la irrigación de los campos, ya para destinarlos al movimiento de los trapiches, molinos u otras máquinas que establece la industria de los hombres” (p. 151). Asimismo, hay evidencia de afectaciones climáticas: en 1814 se verificó una fuerte inundación en Juchipila, la cual destruyó sembradíos y muchas casas, además de la pérdida de ganado; contrariamente, en 1828, el estado de Zacatecas atravesó por una drástica sequía que provocó la mortandad de ganado y escasez de granos para el consumo humano (Amador, 1943).

En 1870, el Estado considera incluir al agua como materia administrativa en el Código Civil del Distrito Federal; en los artículos 801 y 802 se declaran propiedad pública puertos, bahías, radas, ensenadas, ríos y sus alvéolos, ríos y esteros que no pertenecen a algún particular (Sánchez, 1993). La primera disposición legislativa federal que establece de manera definitiva el tema de la jurisdicción de las aguas se instituye en 1931 (Sánchez, 1993). A lo largo de este periodo en los cañones de Juchipila y Tlaltenango se pueden apreciar transformaciones en el desarrollo de la agricultura y el modo en que el cambio climático ha repercutido en su evolución. Actualmente, el cañón de Juchipila es una región atravesada por un número considerable de presas y grandes obras de captación, destacan cuatro: Julián Adame, El Chique, Moraleños y Achoquén. Su principal actividad económica proviene de la agricultura (predomina el maíz y el sorgo forrajero); la ganadería (vacuno,

⁸ Durante la colonización fueron concesiones sobre el uso del agua que otorgaba la Corona española.

equino, caprino y ovino); y la pesca (los manantiales y los embalses de agua permiten el desarrollo de la acuicultura).

Uno de sus municipios, Apozol, desde su fundación en 1538, se ha valido de los recursos naturales para el desarrollo de la agricultura, y así asegurar su subsistencia. Durante las décadas de 1950 y 1960 destacó por la explotación de caña de azúcar y por las extensas plantaciones de guayabo (González, 2018); no obstante, el cultivo del agave reemplazó los guayabales debido a la carencia de agua y el auge de la industria del tequila. A finales del año 2000 se intensificaron las plantaciones de agave azul al sur de Zacatecas, principalmente en Jalpa, Juchipila y Apozol (Plan de Desarrollo Regional del cañón de Juchipila). Sobresale también el municipio de Nochistlán, gracias a su clima y a su abundante hidrografía (río Huisquilco y los arroyos La Tortuga, Tocanexco, La Virgen, El Agua Negra, Las Amarillas). A finales del siglo XX se cultivaba maíz, chile y haba (González, 1992); práctica que ha mermado debido a la pérdida de recursos naturales, pues aun y cuando se han emprendido programas de conservación y manejo del suelo y del agua mediante la construcción de bordos, presas, entre otros, no se ha conseguido mejorar los sistemas de producción y, por ende, la economía de esa localidad.

Dotar de agua a la población zacatecana no ha sido una labor sencilla. Desde la antigüedad, las civilizaciones debieron sortear distintas problemáticas a fin de conseguir el abasto: el consumo personal (de 5 a 10 litros por día); los suministros, ya fuera colectivos (acequias, acueductos) o bien individuales (pozos y aljibes domésticos); la linealidad de los acueductos y la falta de ramificaciones para transportar el líquido; la preponderancia del riego en la agricultura (Matés, 2009). Paralelo al desarrollo tecnológico e industrial surgieron nuevas necesidades no sólo humanas sino también de tipo urbano.

En Zacatecas fue hasta mediados del siglo XIX cuando se contempló la posibilidad de instaurar un servicio de agua moderno. Todavía en 1887 se tiene un registro de 120 aguadores, los cuales debían ceñirse a las ordenanzas municipales, ahí se estipulaba que estos debían contar con dos fiadores para garantizar la calidad del recurso (Alfaro-Rodríguez, 2017). En general, las ciudades contaban con fuentes comunitarias en donde se suministraba el recurso natural; en algunos casos cualquier persona podía tomarla, en otros únicamente los aguadores contaban con el permiso.

A partir de 1930 el esquema anterior se fue transformando con la instalación de una red de tuberías en la ciudad de Zacatecas (Alfaro-Rodríguez, 2017). El proceso de abasto de agua ha involucrado diversos actores sociales, aún en la actualidad existen individuos que desempeñan dicha actividad, sobre todo con relación al agua potable. Si bien la modernidad y los sistemas recientes de distribución de agua, han paliado la cada vez mayor demanda, son insuficientes para garantizar el recurso a la población en general.

El cañón de Tlaltenango se caracteriza por ser una planicie rodeada de montañas y debido al intemperismo del suelo es muy propenso a la erosión hídrica. El 18 de julio de 2008 se registró una lluvia torrencial en la parte alta de la cuenca, hecho que ocasionó el desbordamiento del arroyo el Xaloco, perteneciente al municipio de Tlaltenango de Sánchez Román. En 24 horas se acumuló una lluvia de 157 mm (García y Jiménez, 2008), a grado tal que la corriente alcanzó una altura de 2.15 m., además dejó daños en 2 mil viviendas y en 500 vehículos, así como pérdidas totales en más de 150 comercios (Sánchez, 2014). El sector agropecuario también fue perjudicado en alrededor de 800 hectáreas de maíz, avena

y pastos (300 hectáreas registran afectación total y 300 parcial); aunado a las decenas de ganado menor que fueron arrastradas por la corriente (*VanguardiaMX*, 2008). Posterior a la inundación, la economía de los pobladores sufrió un serio detrimento. Todavía más, el gobierno proporcionó con dificultad préstamos solo a un reducido número de habitantes.

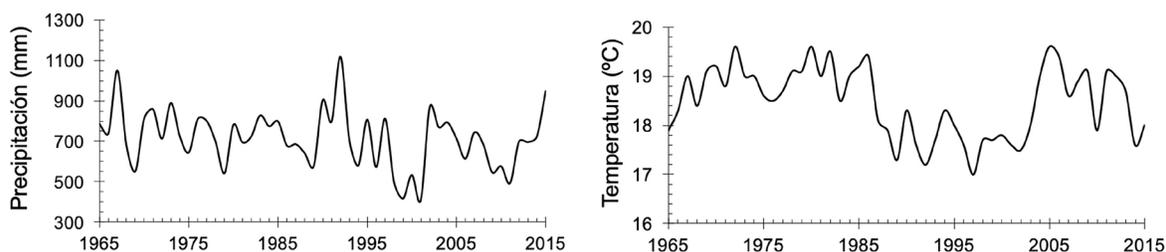
En época reciente, 2019, se comenzaron trabajos de desazolve en el arroyo el Xaloco, en el tramo que cruza a la carretera rumbo a Jalpa, con la intención de prevenir inundaciones por la temporada de lluvias (Sánchez, 2019); sin embargo, las familias establecidas a orillas del río temen que vuelva a presentarse un torrente de la misma intensidad.

Históricamente los cañones de Juchipila y Tlaltenango muestran abundancia de recursos naturales, base de la economía de los municipios que los conforman. A pesar de la vegetación que los circunda y a la cantidad importante de suministros de agua que atraviesan (ríos, arroyos, lagunas manantiales, presas), las condiciones climatológicas se han alterado debido a los daños causados a la Tierra. Las consecuencias son evidentes: por una parte, las limitaciones naturales y económicas en el sector agrícola, situación que ha obligado a los pobladores a desempeñar otro tipo de actividades, por ejemplo, aquellas relacionadas con el turismo; por otra parte, el fenómeno migratorio, el cual desemboca en el despoblamiento de las comunidades. El resultado es desalentador: incremento de pobreza y mayor inseguridad.

Clima, población y recursos hídricos: el caso de Nochistlán de Mejía

Con el propósito de valorar la evolución del clima se utilizaron datos de la estación climatológica Nochistlán, monitoreada por la Comisión Nacional del Agua Dirección Local Zacatecas, ubicada en las coordenadas 21° 21' 55" de Latitud Norte, 102° 50' 32" de Longitud Oeste y altitud de 1 850 m.s.n.m (Conagua, 2014). Según el registro histórico, la precipitación media anual es 714.9 mm, para el periodo correspondiente a 1965-2015, la cual se concentra en los meses de junio (124.8 mm), julio (180.6 mm), agosto (159.1 mm) y septiembre (108.1 mm). Mientras que la temperatura media anual alcanza 18.5 °C, los meses más calurosos son abril (20.2 °C), mayo (22.0 °C), junio (22.2 °C), julio (20.7 °C), agosto (20.7 °C) y septiembre (20.0 °C); los más fríos son enero (13.8 °C) y diciembre (14.6 °C). Cabe advertir que las temperaturas abarcan, en promedio, valores de 5.6 °C y 30.7 °C en los meses fríos y calurosos, respectivamente. La Figura 2 constata la variación media anual histórica para precipitación y temperatura entre 1965 y 2015. En el caso de la precipitación, el rango de variación oscila entre 409.0 mm y 1 117.5 mm con una desviación estándar de 143.7 mm y un coeficiente de variación de 0.20; relativo a la temperatura, el rango está entre 17.2 °C y 19.6 °C con una desviación estándar de 0.7 °C y coeficiente de variación 0.04. Los resultados anteriores demuestran que en el periodo de estudio señalado se presenta mayor amplitud en la variación de la precipitación que de la temperatura.

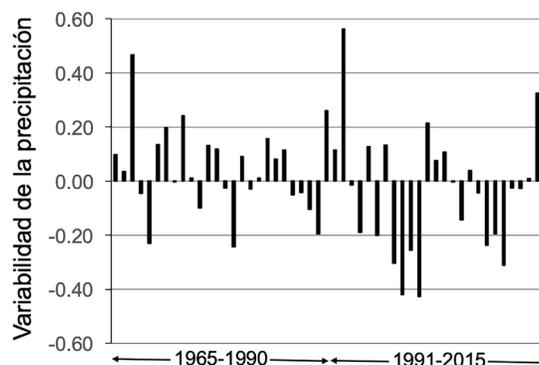
Figura 2. Evolución de dos variables del clima, periodo 1965-2015, Nochistlán de Mejía, Zacatecas. Precipitación media anual en milímetros y temperatura media anual en grados centígrados.



Fuente: elaboración propia.

Con el objeto de corroborar la variabilidad de la precipitación, la Figura 3 refleja años con lluvias mayores a la media y años con lluvias menores a la media. Es notorio que durante los últimos 20 años el rango de la precipitación se incrementa respecto a décadas previas. En efecto, al contrastar la variable entre 1965-1990 y 1991-2015, los años que registraron valores superiores a 20 y 40 por ciento de la media fueron 3 y 1 en ambos periodos; mientras que aquellos que se ubicaron por debajo de la media histórica para esos mismos porcentajes fueron 2 y 0 (primer lapso), y 7 y 2 (segundo lapso). Es evidente, con fundamento en lo anterior, que los años secos se han incrementado de modo sustancial. Debe tomarse en cuenta también que, por la amplitud de la precipitación de un año a otro, establecer tendencias cuya correlación lineal se encuentre dentro de valores aceptables es complicado; sin embargo, de 1965 a 2015 se percibe un descenso en la precipitación del orden de 2.44 mm por año. La proyección descendente corresponde a lo reportado por Salinas Prieto, Colorado Ruiz y Maya Magaña (2015), puesto que sus hallazgos muestran que, debido al cambio climático, en Zacatecas se presentará, en el periodo lejano (2075-2099), una disminución en la precipitación en el rango que oscila entre 3 % y 10 %, según diversos escenarios radiativos.

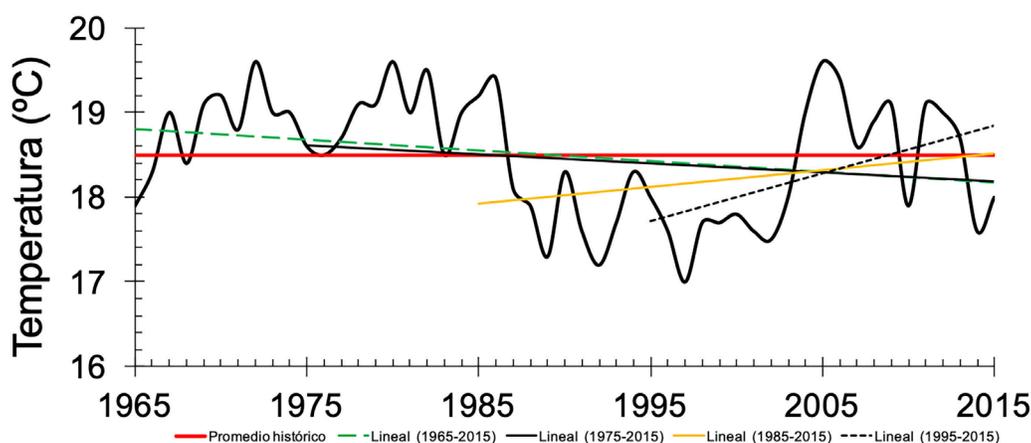
Figura 3. Variabilidad absoluta de la precipitación respecto a la media histórica (1965-2015)



Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, en el caso de la temperatura, entre 1950 y 2000, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el hemisferio norte presentó, en promedio, un incremento de 0.5 °C, con particular énfasis a partir de 1970 (IPCC, 2007). De acuerdo con Martínez-Austria y Patiño-Gómez (2012), la misma tendencia ocurrió en México; no obstante, dicho valor fue aproximadamente 0.2 °C mayor que aquellos registrados por otros países del hemisferio. La Figura 4 expresa de manera detallada la tasa de variación en la temperatura ocurrida en diferentes lapsos entre 1965 y 2015. Las tasas de crecimiento de la temperatura por década correspondiente a los intervalos 1965-2015, 1975-2015, 1985-2015 y 1995-2015 fueron -0.13 °C, -0.11 °C, 0.20 °C y 0.56 °C, respectivamente. En esencia, si bien en los dos primeros lapsos ocurre un descenso en la temperatura ambiental, a partir del periodo 1985-2015 revierte su tendencia y comienza a ascender; condición que se acentúa de 1995 en adelante hasta alcanzar un valor muy similar al reportado por la literatura.

Figura 4. Tasa de variación en la temperatura ocurrida entre 1965 y 2015



Fuente: elaboración propia.

El incremento poblacional trae consigo mayor demanda de bienes y servicios; entre los más importantes se encuentran los públicos, como agua potable, alcantarillado y electricidad principalmente. De ellos depende, en buena medida, la calidad de vida y el bienestar de las personas. Aunque el crecimiento de la economía pudiera satisfacer diversas necesidades sociales, existen recursos limitados a la disponibilidad, sobre todo los naturales que resienten drásticamente el aumento demográfico, en específico el agua para uso urbano. En el presente es preponderante empatar crecimiento demográfico con planeación hidrológica. Se deben formular alternativas integrales dirigidas a prácticas eficientes, coherentes y suficientes que limiten las malas prácticas en el uso del agua y para que de esa forma se pueda extender su disponibilidad y dar cobertura, incluso tomando en cuenta el incremento poblacional. Así, Nochistlán de Mejía enfrentará una demanda hídrica creciente en los próximos 30 años (Cuadro 1), en consecuencia, aumentar la infraestructura hídrica municipal que garantice el volumen a escala de vivienda será una prioridad;

de ahí la necesidad del uso de sistemas hidráulicos capaces de conducir y distribuir los caudales requeridos atendiendo a los avances tecnológicos actuales. La evolución de la mancha urbana se ilustra en la Figura 5: en 80 años (de 1930 a 2010) ha crecido 10 veces, es decir, de 62 pasó a 608 hectáreas; mientras que la demanda hídrica incrementó 370 por ciento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Población, demanda hídrica y mancha urbana, 1930-2050 (construido con información de INEGI, 2021). Los valores de 2030 son proyecciones a partir de las tendencias históricas entre 1930 y 2020

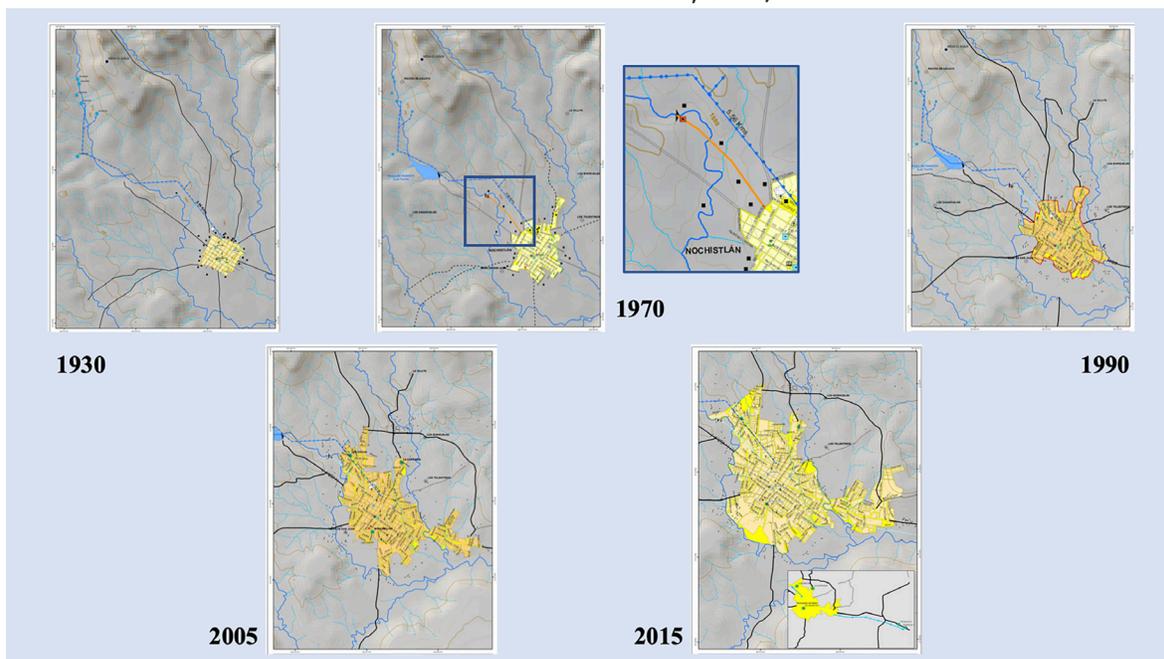
Año	Población (habitantes)	Demanda (Hm ³ año ⁻¹)	Mancha urbana (hectáreas)
1930	4 470	0.41	62
1970	8 780	0.80	130
1990	14 659	1.34	230
2005	15 322	1.40	430
2010	16 562	1.51	608
2020	16 814	1.53	653
2030	20 118	1.84	860

Fuente: elaboración propia.

Evolución de las obras hidráulicas para abasto de la población

El crecimiento de la mancha urbana en la cabecera municipal de Nochistlán de Mejía ha ocurrido en dirección sureste-noroeste (Figura 5). Hasta mediados de la década de 1940, la demanda hídrica se satisfacía con manantiales que brotaban en las faldas de la formación geológica denominada Mesa del Agua. Con la intención de transportarla, la ciudad construyó un acueducto cuyo líquido circulaba por efecto de la fuerza de gravedad dado que la diferencia topográfica entre los extremos de la obra oscilaba en los 80 metros. A finales de esa misma década, los cuerpos de agua referidos resultaban insuficientes para abastecer a la creciente población; fue necesario entonces construir un almacenamiento superficial que permitiera satisfacer la necesidad hídrica. Hacia 1950 se contaba con la Presa del Gobernador y los volúmenes almacenados se incorporaron al abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal; no obstante, la topografía no favorecía la conducción por gravedad, razón que motivó la construcción de un sistema de bombeo que generara la energía suficiente para distribuir el agua al poblado a través de un conducto cerrado. Luego de 40 años, el agua de la presa dejó de ser una fuente suficiente en el abasto de la demanda, este hecho propició la perforación de pozos con el objetivo de aprovechar el agua subterránea; de esta manera comienzan a operar distintos pozos: Los Arcos (1994), Toyahua (1996), Arroyo Blanco-Cofradía (1997) (SAPN, 2014).

Figura 5. Crecimiento de la mancha urbana entre 1930 y 2015 (construida con información de INEGI, 2018)



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se esbozan las fuentes de suministro y la forma en que se conducía el agua hasta la comunidad. Se describe el modo de distribución: el primer sistema estuvo conformado por un conjunto de pilas (fuentes) comunales diseminadas en el pueblo a donde concurrían sus habitantes: “Desde la época de la Colonia los españoles hicieron trabajar a los indios para levantar el acueducto que partiendo de los manantiales de la Mesa del Agua (...), pasando por Los Arcos, llevaba a la ciudad el preciado líquido almacenándose en las pilas de Afuera, Colorada, Azul y dos más ubicadas en el Jardín Morelos” (Rodríguez, 1984, p. 81). A estos depósitos se acercaban los pobladores con recipientes de barro u hojalata en los que después transportaban el agua hasta las casas. El incremento poblacional ocasionó que el líquido proveniente de los manantiales fuera insuficiente, por lo que fue prioritaria la construcción de la presa ya referida. Junto con ella se construyeron hacia 1950 una serie de hidrantes (tomas comunitarias presurizadas) ubicados estratégicamente a lo largo y ancho del municipio; dichos sistemas hidráulicos sustituyeron al conjunto de pilas. Con todo, este sistema fue rápidamente reemplazado por el servicio domiciliario mediante tomas y red hidráulica a presión, inclusive en 1953 se establece la Junta de Agua Potable del municipio de Nochistlán de Mejía.

Más allá de que la adecuación de las obras civiles que históricamente han sido construidas con la finalidad de abastecer de agua potable a la población —hecho que constata el avance tecnológico—, también dan cuenta del detrimento en los recursos hídricos de la región a lo largo del tiempo. De modo permanente se busca emplear infraestructura eficiente que permita hacer mejor uso del cada vez más escaso recurso por efecto de la ex-

plosión demográfica, el mayor crecimiento de las urbes, la contaminación y la explotación irracional de los cuerpos de agua, además de la pobre cultura para un uso sostenible del recurso (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). Es una realidad que los datos históricos de precipitación reflejan la disminución de la disponibilidad natural de agua; no obstante, debe realizarse un estudio regional de prospección climática cuyos resultados guíen los retos futuros relativos a su uso sostenible.

Conclusiones

El agua es un recurso natural del que depende la sociedad y su entorno. El desarrollo antropogénico implica satisfacer las necesidades comunitarias de los distintos usuarios; en ese sentido, disponer de agua en cantidad y calidad suficiente se convierte en un acto de gran relevancia. En efecto, las dinámicas demográficas y ambientales son factores que motivan la constante búsqueda de metodologías que apoyen su uso racional; por ejemplo, aquella que considera valorarla desde tres ópticas distintas e íntimamente relacionadas entre sí: eficiencia, suficiencia y coherencia. La primera implica hacer más con menos, la segunda consumir lo justo y la última aplicar todos los recursos tecnológicos al alcance para ahorrar la mayor cantidad. El municipio de Nochistlán de Mejía ha tenido que modificar su sistema de distribución de agua potable al menos en tres formas distintas para irse adaptando a la disponibilidad en las fuentes de almacenamiento. Dos de ellas fueron sistemas comunales a los que acudían los habitantes para llevar el agua a sus viviendas, es decir, un sistema conformado por un conjunto de pilas a las que llegaba el agua a través de un acueducto; más tarde, una serie de hidrantes presurizados distribuidos en la comunidad. Poco tiempo después, este último sistema fue reemplazado por una red hidráulica domiciliaria compuesta de tomas individuales abastecidas por una red a presión. Ante el notable incremento de la demanda de agua, en las últimas décadas la región sur del estado de Zacatecas ha acentuado su problemática. Factores sociales, económicos, productivos, ambientales han motivado su disminución en cantidad y calidad tanto de las fuentes superficiales como de las subterráneas. En síntesis, cada vez está más latente el riesgo de escasez de agua. Su carencia podría desatar en el individuo sentimientos de enojo, ansiedad, angustia, tristeza y, peor aún, enfrentamientos bélicos entre grupos sociales pues hoy, más que nunca, disponer de ella denota poder.

Bibliografía

- Agudelo, R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102.
- Alfaro-Rodríguez, E. (2017). La red social del abasto urbano: aguadores y fiadores en Zacatecas, México (siglo XIX). *Agua y Territorio*, 9, 11-21.
- Amador, E. (1943). *Bosquejo histórico de Zacatecas*, tomo II. Aguascalientes: Talleres Tipográficos Pedroza.
- Amador, E. (1984). *Bosquejo histórico de Zacatecas*, tomo I. México, Partido Revolucionario Institucional.

- Bakewell, P. J. (1971). *Silver mining and society in colonial Mexico Zacatecas (1546-1700)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bautista-Capetillo, C.; Carrillo, B.; Picazo, G.; Júnez Ferreira, H. (2016). Drought assessment in Zacatecas, Mexico. *Water*, 8, 1-15.
- Burt, C.M.; Clemmens, A.J.; Strelkoff, T.S.; Solomon, K.H.; Bliesner, R.D. (1997). *Irrigation performance measures, efficiency and uniformity*. Biological Systems Engineering: Papers and Publications. Recuperado de <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent>.
- Caretta, N. (2012). Asentamientos caxcanes en el Cañón de Juchipila y el primer intento del Camino Real de Guadalajara a Zacatecas. *Relaciones*, 130, 69-90.
- Christiansen, J.E. (1942). *Irrigation by sprinkling*. Agricultural Experimental Station Bulletin 670. Berkeley: University of California.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2005).
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2012). *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*, México: Secretaría del Agua y Medio Ambiente.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2014). Base de datos hidrometeorológica del estado de Zacatecas. Zacatecas: Conagua. Proyecto ejecutivo unidad de riego presa Manuel G. Caloca "La Aticuata", Teul de González Ortega. México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Consejo Nacional de Población (Conapo) (2019). Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-2015-2030?idiom=es>
- Coumou, D.; Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2, 491-496.
- De Vega, M. (2016). La Nueva España. En Jesús Flores Olague *et al.*, *Zacatecas. Historia breve*, México: Fondo de Cultura Económica. Recuperado de <https://ebooks.fondodeculturaeconomica.com/2cf2c09a-375c-4776-8ff6-0f0de7c3cc0f>
- Del Valle, J. (2017). El agua, un recurso cada vez más estratégico. *Cuadernos de Estrategia*, 186, 71-118.
- Enciso, J. (1998). Trabajadores indios del valle de Tlaltenango (Zacatecas) en las Salinas Viejas de Santa María en el siglo XVI. *Estudios de Historia Novohispana*, 18, 31-67.
- Erviti, M.C. (2020). Del cambio climático a la emergencia climática: análisis del país y el mundo. *Revista Prisma Social*, 31, 64-81.
- España, C.J.M. (2016). *Efecto del cambio climático en los requerimientos hídricos para algunos cultivos*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Autónoma de Zacatecas «Francisco García Salinas».
- Estado Plurinacional de Bolivia. Ministerio de Relaciones Exteriores (2009). *El Vivir Bien como respuesta a la crisis global*, La Paz: Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Evans, R.G., Sadler, J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research*, 44, 1-15.
- Galindo, L.M.; Samaniego, J.; Alatorre, J.E.; Ferre, C.J. (2014). *Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático*, Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Galván, M. (1868). *Las ordenanzas de tierras y aguas o sea formulario geométrico judicial*, tercera edición, México. Recuperado de https://books.google.com.mx/books?id=p-B5LAAAAYAAJ&pg=PA151&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false

- García, F.; Jiménez, M. (2008). Características de las inundaciones en el municipio de Tlaltenango, Zacatecas, ocurridas en agosto de 2008. En Norlang García Arróliga, Rafael Marín Cambranis y Karla Méndez Estrada, Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2008. México: Secretaría de Gobernación/Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- González, O. (1992). *Tipos de vegetación del municipio de Nochistlán, Zacatecas y las condiciones ecológicas que se desarrollan*. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad de Guadalajara.
- González, M. G. (2018). Entre guayabas, agave y migración: la búsqueda por una vida mejor. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 34, 141-156.
- Hernández, M. E.; Ordoñez, M.J.; Giménez de Azcárate, J. (2018). Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México. *Investigaciones Geográficas*, 95, 1-14.
- Hurtado, E. (2005). Conflictos por el uso productivo agrario del agua en Zacatecas a fines del siglo XVIII. En Manuel Miño Grijalva y Édgar Hurtado Hernández (coords.), *Los usos del agua en el centro y norte de México. Historiografía, tecnología, conflictos*. México: El Colegio de México/Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi) (2018). *Información cartográfica y estadística de los Estados Unidos Mexicanos*. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#-Tabulados>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.
- Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas (JIAPAZ) (2018). Comunicación personal.
- Lida, C.E. (1965). Sobre la producción de sal en el siglo XVIII: Salinas de Peñón Blanco. *Historia Mexicana*, 14(4), 680-690.
- Linz, M. (2006). Sobre suficiencia y vida buena, en los valores de suficiencia y austeridad (en el contexto de la investigación sobre sostenibilidad). En *Seminario Ciencia y tecnología para una sociedad sostenible*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Recuperado de <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=657>
- Luna, M. (2008). *El cultivo de maíz en Zacatecas*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Martínez-Austria, P. F.; Patiño-Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 3(1), 5-20.
- Matés, J. M. (2009). El desarrollo de las redes de agua potable: modernización y cambio en el abastecimiento urbano. *Agenda Social*, 3(1), 23-51.
- Navidi, W. (2006). *Estadística para ingenieros*. México: McGraw Hill/Interamericana Editores.
- Ogundari, K., Amos, T. T., Okoruwa, V. O. (2012). A review of nigerian agricultural efficiency literature, 1999–2011: what does one learn from frontier studies? *African Development Review*, 24(1), 93-106.

- Perevochtchikova, M.; De La Torre, J. L. (2010). Causas de un desastre: inundaciones del 2007 en Tabasco, México. *Journal of Latin American Geography*, 9, 73-98.
- Programa Nacional contra la Sequía (Pronacose) (2018). *Política pública nacional para la sequía*. México: Conagua.
- Real ordenanza para el establecimiento é instruccion de intendentes de exército y provincia en el reino de Nueva-España*. (1786). Madrid.
- Rodríguez, P. (1984). *Ofrenda, geografía, historia, hechos, costumbres y tradiciones del municipio de Nochistlán, Zacatecas*. Zacatecas: Municipio de Nochistlán.
- Rosenzweig, C.; Iglesias, A.; Yang, X. B.; Epstein, P. R.; Chivian, E. (2001). Climate change and extreme weather implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change and Human Health*, 2, 90-104.
- Ruiz, B. J. (1976). El método histórico en la investigación histórica de la educación. Recuperado de <https://reunir.unir.net/handle/123456789/8106>
- Salinas Prieto, J. A.; Colorado Ruiz, G.; Maya Magaña, M. E. (2015). Escenarios de cambio climático en México. En Arreguín Cortés, F. I. (coord.). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Sánchez, F. (2014). Sigue Tlaltenango tundido a seis años de la inundación. *NTR Zacatecas*. Recuperado de <http://ntrzacatecas.com/2014/07/19/sigue-tlaltenango-tundido-a-6-anos-de-la-inundacion-2/>
- Sánchez, F. (2019). Previenen inundaciones en Tlaltenango, *NTR Zacatecas*. Recuperado de <http://ntrzacatecas.com/2019/06/19/previenen-inundaciones-en-tlaltenango/>
- Sánchez, M. (1993). La herencia del pasado. La centralización de los recursos acuíferos en México. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 14(54), 21-41.
- Santoyo, L. (2012). *Agua que vuelve. La tecnología hidráulica prehispánica en la cuenca de Sayula, Jalisco, México*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Sistema de Agua Potable de Nochistlán de Mejía (SAPN) (2014). Comunicación personal sobre la perforación de pozos. Nochistlán de Mejía, Zacatecas.
- VanguardiaMX* (2008). Reportan graves pérdidas en agricultura de Tlaltenango, Zacatecas. Recuperado de <https://vanguardia.com.mx/reportangravesperdidasenagriculturadetlaltenangozacatecas-196301.html>
- Van Young, E. (1987). Haciendo historia regional. Consideraciones metodológicas y teóricas. *Anuario IEHS: Instituto de Estudios Histórico Sociales*, 2, 255-281.