

2. La gestión integrada del agua y su problemática. Caso de estudio la zona metropolitana de Pachuca, Hidalgo

HUMBERTO IVÁN NAVARRO GÓMEZ*

CHRISTHOPHER CONTRERAS LÓPEZ**

MARÍA DEL REFUGIO GONZÁLEZ SANDOVAL***

CARMEN JULIA NAVARRO GÓMEZ****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.235.02>

Resumen

La gestión integrada del agua en la zona metropolitana de Pachuca, Hidalgo, enfrenta múltiples desafíos entre los que se destacan la sobreexplotación de los recursos hídricos, la contaminación y la infraestructura insuficiente para su tratamiento y distribución. La falta de coordinación entre los actores clave en la gestión del agua agrava la situación dificultando la implementación de estrategias que aseguren un suministro seguro y sostenible de agua para la población.

El objetivo de este capítulo es proponer acciones para gestionar exitosamente el agua en el acuífero 1508 y su interacción con la subcuenca hidrológica del Río de las Avenidas que son las principales fuentes de abastecimiento de la región a partir del análisis de la problemática actual en torno a la disponibilidad de recursos hídricos. Los resultados se enfocan a la propuesta de acciones que hagan conciencia sobre la necesidad de la moderación de las expectativas de crecimiento regional promoviendo la resiliencia

* Doctor en Ciencias. Área académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2338-4863>

** Maestro en Arquitectura. Área académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7128-3103>

*** Doctora en Ingeniería. Área académica de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8174-1393>

**** Doctora en Ciencias de los Materiales. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6688-9867>

y fomentando un uso racional y cuidadoso del agua. Es imprescindible tomar medidas inmediatas para garantizar la sostenibilidad hídrica en esta región en crecimiento.

Palabras clave: *Acuífero, subcuenca hidrológica, resiliencia, vulnerabilidad, tendencias.*

Introducción

La gestión del agua en la zona metropolitana de Pachuca (ZMP) en el estado de Hidalgo enfrenta desafíos complejos relacionados con la sobreexplotación de los recursos hídricos, la contaminación y la infraestructura insuficiente para el tratamiento y distribución del agua (Arellano, 2016).

El crecimiento poblacional acelerado y la expansión urbana han sobrecargado las ya insuficientes redes de gestión hídrica, exacerbando la falta de coordinación entre los actores clave, lo que agrava la crisis del suministro de agua en la región.

Relevancia del problema

La relevancia de este estudio radica en la creciente presión sobre los recursos hídricos en la ZMP un área que ha experimentado un notable crecimiento poblacional en las últimas décadas. Estos problemas han afectado directamente la calidad de vida de las comunidades, especialmente las más vulnerables, quienes experimentan interrupciones constantes en el acceso al agua potable y un aumento de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua.

Variables de estudio

Las variables que se analizan en este estudio son fundamentales para abordar la problemática hídrica en la ZMP. Se incluyen:

1. La disponibilidad de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca (1508) que es la principal fuente de abastecimiento de la región.
2. Las tasas de consumo de agua en la ZMP, especialmente en los municipios más afectados por el crecimiento poblacional.
3. La infraestructura disponible para el tratamiento y distribución de agua que incluye redes obsoletas de tuberías y plantas de tratamiento ineficaces que no logran cubrir la demanda actual generando fugas y pérdidas de agua significativas.
4. El grado de coordinación institucional entre los diferentes actores que intervienen en la gestión del agua, incluyendo organismos gubernamentales, la iniciativa privada y la comunidad.

Pregunta de investigación

La pregunta que guía esta investigación es ¿cómo puede implementarse una estrategia de gestión integrada del agua para mitigar los efectos del crecimiento urbano sobre los recursos hídricos en la ZMP?

Estado del arte

El crecimiento urbano en la ZMP, al igual que en otras zonas metropolitanas del país, ha contribuido a la sobreexplotación de los acuíferos y a la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Según estudios realizados por Huizar (1993) y Rodarte (2012) la interacción entre el acuífero Cuautitlán-Pachuca y la subcuenca del Río de las Avenidas ha sido especialmente afectada por los altos niveles de extracción de agua en ambas zonas. Estos estudios destacan que la falta de políticas de conservación ha tenido como consecuencia la reducción de la capacidad de recarga del acuífero en un 30% en las últimas dos décadas, lo que agrava la crisis hídrica en la región.

Hipótesis

Este estudio propone que una estrategia de gestión integrada del agua, que incluya la participación de instituciones locales, comunidad y el sector privado, puede reducir significativamente los problemas de escasez y contaminación del agua en la ZMP.

Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo es proponer un modelo de gestión integrada del agua que permita la conservación de los recursos hídricos y la promoción de un uso eficiente de los mismos, asegurando un suministro equitativo y sostenible para los habitantes de la ZMP, a pesar de las presiones generadas por el crecimiento urbano.

Desarrollo histórico y urbano

La ZMP se ha desarrollado desde sus inicios como un importante centro minero en el siglo XVI gracias a la riqueza de minerales en la región (Manetta y Serrano-Avilés, 2020). Con el paso del tiempo, especialmente durante el siglo XIX, la ciudad de Pachuca se consolidó como un centro administrativo y comercial de importancia en el estado de Hidalgo. La modernización de la infraestructura y el auge de la minería permitieron la expansión urbana, aunque no sin problemas.

La falta de planificación en las etapas tempranas de su crecimiento urbano ha tenido un impacto directo en la distribución y gestión de los recursos naturales, como el agua. Durante el siglo XX la ciudad creció rápidamente debido a su cercanía a la Ciudad de México lo que fomentó una mayor demanda de servicios y recursos esenciales exacerbando los desafíos de la gestión del agua.

De hecho, durante la década de 1990, el crecimiento poblacional de Pachuca se aceleró al integrarse al proceso de desconcentración de la población de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) (Vargas, 2011; Segob, 2016).

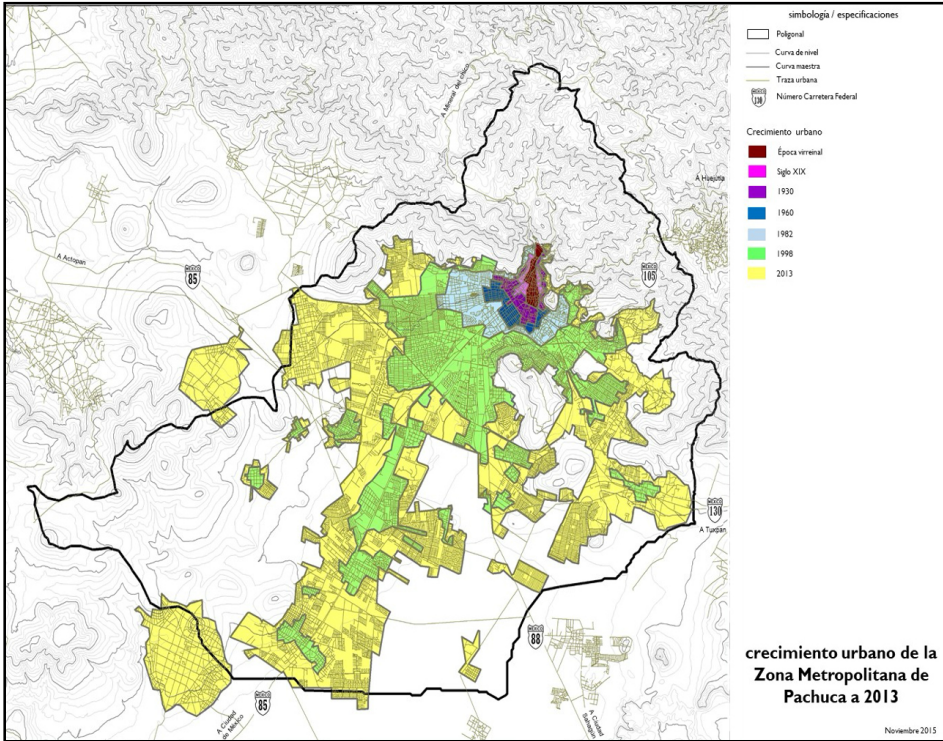
Migración y crecimiento poblacional

Desde la década de 1990, la migración desde la ZMVM hacia la ZMP se aceleró, impulsada principalmente por los menores costos de vida y la mejora en las vías de comunicación entre ambas regiones. Fenómeno que se intensificó durante la primera década del siglo XXI, cuando la ZMP comenzó a absorber una cantidad significativa de migrantes que buscaban escapar de la sobrepoblación y los altos costos de vivienda en la Ciudad de México (Granados-Alcántar, 2007).

Este incremento en la población migrante ha generado una presión desmesurada sobre los recursos hídricos de la ZMP, particularmente sobre el acuífero Cuautitlán-Pachuca, cuya capacidad de recarga se ha visto comprometida debido a la sobreexplotación y a la creciente demanda de agua potable.

La reubicación de los residentes de la ZMP hacia áreas con precios de suelo más accesibles, aunque aún cercanas a la Ciudad de México, fue un factor determinante en la expansión de la ZMP y en la delimitación oficial de esta zona. Según Pérez Marcial (2018), la proximidad a la capital mexicana, junto con los costos más bajos de vivienda, facilitó el traslado de pobladores, lo que contribuyó al crecimiento sostenido de la ZMP. Este crecimiento poblacional, como se aprecia en la figura 2.1, ha traído consigo un aumento en la demanda de servicios esenciales, especialmente en términos de recursos hídricos, lo que ha incrementado la presión sobre los acuíferos locales y circundantes.

Figura 2.1. Crecimiento Urbano de la Zona Metropolitana de Pachuca



Fuente: Contreras (2016).

La expansión residencial no planificada ha deteriorado la capacidad de recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca, agravando la sobreexplotación de este recurso vital. Las construcciones han cubierto áreas clave de recarga, impidiendo que el agua de lluvia penetre en el subsuelo y, en su lugar, se pierda en escorrentía superficial, aumentando la presión sobre el acuífero. Además, se observa una conexión directa entre la disminución de la población en la ZMVM y el crecimiento de la ZMP. Una parte considerable de los migrantes que han establecido su residencia en la ZMP realiza desplazamientos diarios por motivos laborales hacia la Ciudad de México, resaltando la relación entre ambas zonas metropolitanas y los efectos que esta migración tiene sobre la distribución de la población y los servicios básicos (Pérez, 2018).

Expansión urbana y movilidad

La expansión urbana en la ZMP ha estado marcada por un crecimiento acelerado en municipios como Mineral de la Reforma y Zempoala. La oferta de vivienda en estas áreas se ha incrementado de manera notable, propiciando un aumento poblacional considerable.

Esto ha sido impulsado por la construcción de extensos complejos residenciales accesibles, especialmente en las afueras de Pachuca, como se observa en Mineral de la Reforma, donde el crecimiento poblacional ha sido más asequible y acelerado (Manetta y Serrano-Avilés, 2020).

De acuerdo con Manetta y Serrano-Avilés (2020), este desarrollo ha estado acompañado de la expansión de las vías de comunicación y el transporte público, lo que ha facilitado la movilidad entre la ZMP y la Ciudad de México. Este fenómeno ha permitido que muchos trabajadores mantengan su empleo en la capital mientras residen en la ZMP, intensificando el vínculo entre ambas zonas metropolitanas.

La movilidad interregional ha sido clave en este proceso, ya que ha garantizado una mayor conexión entre estas áreas, contribuyendo al incremento de la población en los municipios periféricos. Sin embargo, el rápido crecimiento no ha sido acompañado de un ordenamiento territorial adecuado. La falta de un plan maestro ha sobrecargado los sistemas de transporte y movilidad urbana, y ha incrementado la demanda de servicios esenciales como el agua potable y el saneamiento.

Esta falta de planificación ha exacerbado la presión sobre los recursos hídricos, complicando aún más la gestión integrada del agua en la región. La ausencia de medidas para la conservación y recarga de acuíferos ha contribuido a la disminución de los niveles freáticos, lo que representa un desafío importante para el suministro de agua a largo plazo en la ZMP. Dicho de otra forma, el notable crecimiento poblacional ha aumentado las presiones sobre la infraestructura y los servicios esenciales en la región, particularmente en términos de la demanda de agua y movilidad (Manetta y Serrano-Avilés, 2020).

El cuadro 2.1 muestra un aumento significativo en la población de la ZMP, especialmente en los municipios de Mineral de la Reforma y Zempoala. Este crecimiento ha resultado en una demanda hídrica superior al 50%

en las últimas dos décadas, lo que ha puesto una presión adicional sobre el acuífero Cuautitlán-Pachuca (Semarnat, 2019).

Cuadro 2.1. *Crecimiento poblacional en la ZMP, 1990-2020*

	1990	2020	1990-2020	1990-2020
República Mexicana	81 249 645	126 014 024	44 764 379	1.8
Hidalgo	1 888 366	3 082 841	1 194 475	2.1
ZMP	276 512	665 929	389 417	4.7
<i>Municipios</i>				
a) Epazoyucan	9 302	16 285	6 983	2.5
b) Mineral del Monte	13 043	14 324	1 281	0.3
c) Pachuca de Soto	180 630	314 331	133 701	2.5
d) Mineral de la Reforma	20 820	202 749	181 929	29.1
e) San Agustín Tlaxiaca	19 941	38 891	18 950	3.2
f) Zapotlán de Juárez	11 481	21 443	9 962	2.9
g) Zempoala	21 295	57 906	36 611	5.7

Fuente: elaboración propia a partir de datos recuperados de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020).

El impacto de la demanda de servicios esenciales

El crecimiento urbano genera una mayor demanda en la provisión de servicios esenciales, siendo el abastecimiento de agua uno de los más críticos. En la zona metropolitana de Pachuca, esta situación se complica debido a la falta de coordinación entre los actores responsables de la gestión del recurso hídrico, lo que añade aún más complejidad al escenario. Lo anterior lleva a:

a) Perturbación del equilibrio del ciclo del agua

El crecimiento poblacional ha alterado el equilibrio del ciclo del agua, volviéndolo un recurso escaso tanto para los humanos como para los ecosistemas naturales. Aunque la concentración de personas en áreas urbanas facilita la distribución del agua, atender la demanda en estas grandes aglo-

meraciones requiere la extracción continua y el agotamiento de acuíferos subterráneos.

A nivel mundial se calcula que el nivel freático desciende en promedio 10 metros por año un ritmo insuficiente en regiones con altos niveles de consumo, como las megalópolis y las zonas urbanas en climas áridos. Esta situación contribuye a la desertificación de extensas áreas rurales, que a su vez pierden la capacidad de retener y absorber el agua de lluvia.

b) Escasez y estrés hídrico

Factores como la escasez de precipitaciones, la explotación excesiva de los acuíferos, la contaminación del agua y el crecimiento urbano contribuyen a la escasez de agua en la zona metropolitana de Pachuca. Esta situación puede generar situaciones de estrés hídrico, en las que la demanda de agua supera la oferta disponible. Tales condiciones no solo afectan la calidad de vida de la población, sino que también ponen en peligro el desarrollo sostenible de la región.

c) Sequía e incremento de la variabilidad climática en México e Hidalgo

La sequía es una preocupación apremiante en todo México, incluido el estado de Hidalgo. Según el Monitor de Sequía de México, dirigido por la Comisión Nacional del Agua (2024), hasta el 15 de enero de 2024, más del 60% del territorio nacional experimentó algún grado de sequía. En Hidalgo, el 96.4% de sus municipios han enfrentado algún nivel de sequía, lo que subraya la urgencia de abordar esta crisis hídrica.

La influencia de la demanda de agua de la zona metropolitana del Valle de México en Hidalgo y especialmente en la zona metropolitana de Pachuca

En México, el conflicto por el acceso a los recursos hídricos presenta características distintivas que varían según diferentes contextos y niveles de aná-

lisis. Con el proceso de urbanización y metropolización, se anticipa un aumento en la demanda de agua potable y un incremento sin precedentes en la vulnerabilidad frente a la escasez, especialmente afectando a las comunidades más pobres asentadas en las grandes aglomeraciones urbanas (Arrojo, 2009; Martínez *et al.*, 2017).

Paralelismo en la problemática hídrica

La ZMVM, que incluye a la Ciudad de México (CDMX), ha experimentado un rápido crecimiento poblacional desde la década de 1950. Este crecimiento desorganizado ha tenido impactos significativos en las condiciones de vida de la población y en la gestión de los recursos hídricos, volviéndola relativamente más vulnerable ante ciertos riesgos específicos.

La velocidad y la naturaleza de esta expansión han tenido impactos significativos en las condiciones de vida de la población, volviéndola relativamente más vulnerable ante ciertos riesgos específicos (Legorreta, 2006). Como resultado se han urbanizado áreas sin considerar de manera adecuada los usos controlados del suelo, lo que ha reducido significativamente las áreas de recarga de los acuíferos (Manetta y Serrano-Avilés, 2020).

Impacto en la zona metropolitana de Pachuca (ZMP)

El manejo inadecuado del agua en la ZMVM ha tenido repercusiones directas en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en Hidalgo, especialmente en la ZMP. La falta de planificación en el crecimiento urbano y la gestión ineficiente de los recursos hídricos han exacerbado la escasez de agua y la vulnerabilidad de la población ante la misma. Además, el agua residual urbana y el agua pluvial se han mezclado y exportado a otras regiones mediante extensos sistemas de ingeniería, como túneles emisores y canales de desagüe de aguas pluviales.

Debido a este manejo, una cuenca que originalmente era cerrada se ha convertido en un valle abierto; en lugares donde antes había abundancia de recursos hídricos, ahora se registra una escasez relativa. Este aumento en la

demanda recurrente debido a la expansión metropolitana ha disminuido el potencial de abastecimiento.

Otro problema grave es la contaminación del agua debido al vertido de desechos sin tratar, lo que ha generado nuevos problemas de salud pública, dejando al sistema hídrico de la Zona Metropolitana del Valle de México en una aguda crisis (Izazola y Carmo, 2004).

Explotación de acuíferos y escasez de agua

La ZMVM ha pasado a depender significativamente del agua importada de otras cuencas, lo que ha llevado a una mayor presión sobre los manantiales locales y las áreas circundantes.

En 1986, la administración de aguas del Valle de México realizó un estudio hidrogeológico en las proximidades de Pachuca, con el objetivo de desviar agua hacia la Ciudad de México. Para ello se realizaron perforaciones a lo largo del corredor Pachuca-Ciudad de México, lo que resultó en una explotación intensiva del acuífero Cuautitlán-Pachuca (Huizar, 1993, 97).

La sobreexplotación del acuífero 1508 Cuautitlán-Pachuca, ubicado en el límite sureste del Estado de Hidalgo, ha contribuido a la escasez relativa de agua en la ZMP y al riesgo inminente de desabasto de agua potable. De hecho, conforme a datos propios de la Comisión Nacional del Agua, actualmente presenta un índice de sobreexplotación de entre el 260 y el 280% (Conagua, 2023).

Desafíos y necesidades en la zona metropolitana de Pachuca (ZMP)

Para comprender mejor las relaciones entre las condiciones de acceso al agua potable y las desigualdades sociales espaciales en la ZMP, es fundamental analizar más a fondo los desafíos y necesidades específicas que enfrenta esta región.

La ZMP enfrenta una serie de desafíos, incluyendo la escasez de agua, el crecimiento poblacional acelerado y la incapacidad institucional para una gestión adecuada de los recursos hídricos.

Estos factores han generado una situación de riesgo para la población, que requiere de acciones urgentes y coordinadas para garantizar un suministro seguro y sostenible de agua para todos sus habitantes.

Escasez de agua y desabasto

La escasez relativa de agua en la ZMP representa uno de los mayores desafíos para la población. La falta de medidas efectivas para gestionar los recursos hídricos ha llevado a un riesgo inminente de desabastecimiento de agua potable (IMCO, 2023). La falta de acciones concretas para abordar este problema agrava aún más la situación y aumenta la vulnerabilidad de la población.

Crecimiento poblacional acelerado

Como ya se ha mencionado, el crecimiento poblacional acelerado desde la década de 1990 ha ejercido una presión adicional sobre los recursos hídricos disponibles en la ZMP. El aumento de la demanda de agua potable debido al incremento de la población ha exacerbado la escasez de agua y ha destacado la necesidad urgente de implementar estrategias de gestión adecuadas. (Arellano, 2016; Ruiz, 2017).

Incapacidad institucional para la gestión del agua

La incapacidad institucional para una gestión adecuada de los recursos hídricos ha sido un factor determinante en la situación actual. La falta de coordinación entre las autoridades locales y regionales, así como la ausencia de políticas y medidas efectivas, ha contribuido a agravar los problemas relacionados con el suministro de agua potable en la ZMP.

La Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado del Estado de Hidalgo (CEAA) actualizó, hace una década, la información hidrogeológica del acuífero Cuautitlán-Pachuca, constatando que el déficit tiende a aumentar y, sin embargo, no se efectuaron acciones que lleven a modificar las tendencias.

Disparidad en el acceso al agua potable

Las disparidades en el acceso al agua potable entre diferentes áreas de la ZMP reflejan las desigualdades sociales espaciales presentes en la región. Mientras que en las colonias con altos niveles de marginación el acceso al agua potable es limitado y discontinuo, en las áreas de mejor situación socioeconómica el suministro es más constante y regular. (Pacheco-Vega, 2017; Martínez *et al.*, 2017).

Relación con las desigualdades sociales

De lo anterior, es posible observar que existe una clara correlación entre las condiciones de acceso al agua potable y las desigualdades sociales en la ZMP. Las familias con mayores niveles de ingresos tienden a tener un mejor acceso al agua potable, mientras que aquellas en situación de pobreza enfrentan mayores dificultades para acceder a este recurso básico debido a factores como falta de tuberías como a la baja frecuencia y discontinuidad en el suministro.

Legorreta Gutiérrez (1997) estimó que los sectores más pobres de la Ciudad de México consumen alrededor de 38 litros diarios por persona, en contraste, entre los sectores con mayores ingresos, el consumo oscila entre 800 y 1 000 litros diarios por persona (estos valores consideran las fugas y la eficiencia de conducción y operación) pero contradictoriamente, el valor del pago por litro de agua de los grupos sociales más bajos es sustancialmente mayor que el valor pago de los grupos de clase alta, ya que el agua entubada tiene subsidio gubernamental (Izazola y Carmo, 2004).

El cuadro 2.2 muestra las condiciones de acceso domiciliario al agua potable, revelando que los municipios periféricos como Mineral del Monte

y San Agustín Tlaxiaca tienen los porcentajes más bajos de suministro en los hogares.

Cuadro 2.2. ZMP - Estado de disponibilidad de agua potable en las viviendas particulares (2020)

	Viviendas			Total	
	Zona urbana con a.p.	zona rural sin a.p.	zona urbana sin a.p.		
ZMP	volumen	194 348	87 797	5 028	287 173
	(%)	67.7	30.5	1.8	100.0
a) Pachuca de Soto	volumen	90 722	31 097	2 520	124 339
	(%)	73.0	25.0	2.0	100.0
b) Mineral del Monte	volumen	3 295	1 127	393	4 815
	(%)	68.4	23.4	8.2	100.0
c) Mineral de la Reforma	volumen	63 116	33 703	769	97 588
	(%)	64.7	34.5	0.8	100.0
d) San Agustín Tlaxiaca	volumen	9 791	3 752	610	14 153
	(%)	69.2	26.5	4.3	100.0
e) Epazoyucan	volumen	4 643	1 829	191	6 663
	(%)	69.7	27.5	2.9	100.0
f) Zapotlán de Juárez	volumen	5 596	1 959	253	7 808
	(%)	71.7	25.1	3.2	100.0
g) Zempoala	volumen	17 185	14 330	292	31 807
	(%)	54.0	45.1	0.9	100.0

Fuente: Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado de Hidalgo (CEAA) (2020). Tablero hídrico del Estado de Hidalgo.

Agenda 2030 y el ods 6

La Agenda 2030 y el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (ods 6) establecen la necesidad urgente de mejorar la cobertura y el saneamiento del agua, lo cual se ha convertido en un desafío crítico para la zona metropolitana de Pachuca (ZMP) y otras áreas de la megalópolis de México Central. En este contexto, es imperativo realizar un análisis exhaustivo de la situación actual y adoptar medidas concretas para abordar los múltiples desafíos relacionados con el agua en la región.

La problemática del agua en la ZMP abarca una serie de desafíos interrelacionados que afectan tanto a la disponibilidad como a la calidad del recurso hídrico. La sobreexplotación de los acuíferos es una preocupación importante, ya que el aumento de la demanda de agua ha llevado a un agotamiento significativo de estas fuentes subterráneas. Además, la contaminación del agua, tanto por desechos industriales como domésticos, representa una amenaza para la salud pública y el medio ambiente.

El acceso desigual al agua potable en algunas comunidades de la ZMP también es una preocupación destacada, ya que muchas personas enfrentan dificultades para obtener agua limpia y segura para el consumo diario. La gestión ineficiente de los recursos hídricos y la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento y distribución del agua agravan aún más esta situación, contribuyendo a la perpetuación de las desigualdades sociales y económicas en la región.

Además, el impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua en la ZMP es un factor cada vez más preocupante.

Las variaciones en los patrones de precipitación y la frecuencia de eventos climáticos extremos pueden afectar la cantidad y calidad del agua disponible, exacerbando aún más los desafíos existentes en la gestión del recurso hídrico.

Para abordar estos problemas de manera efectiva es fundamental implementar políticas y acciones que promuevan un uso sostenible y equitativo del agua en la ZMP. Esto incluye medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua, fomentar la conservación de los recursos hídricos, fortalecer la infraestructura de tratamiento y distribución del agua, y promover la participación de la comunidad en la gestión del agua.

Además, es crucial integrar los principios de la Agenda 2030 y los ODS 6 en las estrategias de desarrollo regional, asegurando así que la gestión del agua en la ZMP contribuya de manera significativa al logro de los objetivos de desarrollo sostenible a nivel local y global. En ese sentido, es imperativo establecer políticas y acciones efectivas para garantizar un uso sostenible y equitativo del agua en Hidalgo.

El “día cero”

¿Podríamos llegar a enfrentar el llamado “día cero”? Este término, que se refiere al momento en que se agotan las reservas de agua, no es simplemente un concepto científico, sino que, al igual que la escasez de agua, es una construcción social. En esencia, es una idea que la sociedad ha desarrollado y aceptado como parte de nuestra realidad, aunque su origen radica en decisiones humanas y procesos culturales, no en fenómenos naturales.

Por otro lado, la sequía es un fenómeno que responde a procesos naturales del entorno y a ciclos climáticos. Sin embargo, es importante tener presente que la falta o escasez de agua, ya sea a nivel individual o nacional, tiene sus raíces en una distribución desigual del recurso. Esta desigualdad se hace aún más evidente en situaciones de sequía, cuando la escasez se agudiza (Padilla, 2012).

El “día cero” es un concepto que ha sido adoptado socialmente para representar la crisis de escasez de agua y la urgente necesidad de implementar acciones concretas para enfrentar este desafío. Este término destaca la importancia de la colaboración entre todos los sectores de la sociedad para desarrollar soluciones que aseguren tanto la disponibilidad como la calidad del agua en las regiones afectadas.

El origen del término “día cero” se remonta a 2018 cuando Ciudad del Cabo, en Sudáfrica, advirtió que sus reservas de agua se agotarían en abril de ese año debido a los niveles peligrosamente bajos de sus presas. Aunque finalmente no se llegó a esa situación extrema, la alarma generada impulsó cambios significativos en los hábitos de consumo de agua y actuó como un catalizador para tomar medidas inmediatas.

En 2022, Monterrey anunció su propio “día cero” un evento crítico que alertó sobre la posibilidad de que otras ciudades importantes, como Ciudad de México, pudieran experimentar una situación similar debido a la intensa sequía que afectaba al país. Esta situación provocó especulaciones sobre una posible emergencia nacional, dada la gravedad de la crisis hídrica.

Independientemente de si se llega o no al “día cero” es esencial reflexionar sobre las medidas que podemos tomar como ciudadanos. En enero, se registraron 68 protestas en el Estado de México, donde los residentes exigen

su derecho al acceso al agua, según reportes de Solís y otros (2024). En respuesta, la Comisión Nacional del Agua (Conagua) implementó operativos de emergencia para suministrar agua potable en áreas críticas como la Ciudad de México, el Estado de México y San Luis Potosí, atendiendo las peticiones de las autoridades locales (Conagua, 2024).

Además de las protestas, es importante aprender de ejemplos internacionales como el de Ciudad del Cabo, donde el concepto de “día cero” fue un catalizador para tomar acciones urgentes. En un año, la ciudad logró restaurar el 80% de la capacidad de sus presas, gracias a medidas como la reutilización de aguas grises, la aplicación de multas, el aumento de tarifas y el racionamiento del suministro en los hogares. También se redujeron las fugas y se implementaron cuotas en los sectores agrícola y comercial (Edmond, 2019).

Estas acciones subrayan la necesidad de la participación de todos los sectores, desde los responsables políticos y legislativos hasta los organismos de suministro de agua y los propios consumidores, para enfrentar y mitigar los impactos de la escasez de agua.

A nivel global, se prevé que en un futuro cercano aumenten los conflictos relacionados con la gestión y distribución de los recursos hídricos. Investigadores como Padilla Calderón (2012), Unesco (2009) y Toledo (2002) han señalado esta tendencia. Los estudios de Becerra Pérez et al. (2006), Zeitoun y Warner (2006), Sainz y Becerra (2003), López Morales et al. (2017), Pacheco-Vega (2017) y Martínez et al. (2017) también destacan la intensificación de los enfrentamientos por el agua en diversas regiones del mundo.

Necesidad de intervención

Ante el panorama aquí presentado, es fundamental que las autoridades locales y regionales implementen medidas concretas para abordar las desigualdades en el acceso al agua potable y garantizar un suministro seguro y sostenible para todos los habitantes de la ZMP. Esto requiere una acción coordinada y urgente para mejorar la infraestructura hídrica, promover la eficiencia en el uso del agua y asegurar que las políticas y programas sean equitativos y accesibles para toda la población.

Sin embargo, para abordar los desafíos y necesidades en la Zona Metropolitana de Pachuca relacionados con el acceso al agua potable y las desigualdades sociales espaciales, es crucial una acción integral y coordinada que involucre tanto a las autoridades gubernamentales como a la sociedad civil y otros actores relevantes.

Esto permitirá avanzar hacia un futuro donde el acceso al agua potable sea un derecho universal y garantizado para todos los habitantes de la región. Esta situación no es exclusiva de Hidalgo; estudios realizados en la Zona Metropolitana del Valle de México muestran que las familias con mayores niveles de ingresos tienen mejores condiciones de acceso al agua potable.

Los principales desafíos por resolver se pueden agrupar en los siguientes aspectos:

1. La expansión urbana no planificada hacia el sur de la zmp impide la infiltración de aguas pluviales hacia el subsuelo en áreas del valle con mejor permeabilidad.
2. La urbanización creciente y la deforestación en las sierras contiguas aumentan los escurrimientos pluviales contaminados hacia arroyos y calles, sin un plan de aprovechamiento de dichas aguas y sin medidas para aumentar la recarga y recuperación del agua en áreas elevadas.
3. El Río de las Avenidas, que en el pasado alimentaba el valle con sus aguas superficiales, ahora transporta principalmente aguas residuales, contribuyendo a su contaminación entre la zmp y el área de Tizayuca.
4. Las plantas de tratamiento de aguas residuales en la zmp funcionan deficientemente y solo tratan una fracción de las aguas, que luego se descargan sin tratar en el Río de las Avenidas.
5. El acuífero interestatal 1508 Cuautitlán-Pachuca está sobreexplotado y contaminado, según datos de Conagua.
6. La falta de acceso equitativo a servicios básicos en la zmp, con grandes disparidades entre las colonias del norte y del sur, donde la cobertura y eficiencia del suministro son significativamente diferentes.

Para abordar estos desafíos, se pueden considerar diversas soluciones, como:

1. Programas de conservación del agua que promuevan prácticas de uso eficiente y responsable.
2. Campañas de concientización sobre el cuidado del agua y la reducción de la contaminación.
3. Mejoras en la infraestructura hídrica, incluyendo reparaciones y mantenimiento de redes de distribución y sistemas de tratamiento.
4. Fomento de la reutilización del agua tratada para usos no potables.
5. Promoción de la captación de agua de lluvia y la recarga de acuíferos.
6. Establecimiento de políticas de gestión integrada de los recursos hídricos que involucren a todos los actores relevantes y que garantice un uso sostenible y equitativo del agua en la región.

Estrategias propuestas

Problemática: regulación de actividades industriales

Aunque la contaminación de los cuerpos de agua en Hidalgo ha sido en gran parte atribuida a factores industriales, la regulación efectiva ha sido insuficiente. Es fundamental que cualquier estrategia de gestión hídrica en la zona metropolitana de Pachuca (ZMP) considere un marco regulatorio más estricto que incluya no solo sanciones, sino también incentivos para prácticas más limpias.

Propuestas:

Monitoreo continuo y transparente: Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real que detecten vertidos de contaminantes en las aguas residuales industriales. Estos sistemas deben ser gestionados por una entidad autónoma con acceso público a los datos para garantizar la transparencia. Esta acción no solo permitirá a las autoridades actuar rápidamente en caso de infracción, sino que también fortalecerá la confianza de la población en la regulación.

Sanciones severas: Establecer sanciones progresivas que no solo contemplen multas, sino la suspensión de actividades industriales en casos gra-

ves. Las empresas reincidentes deben ser obligadas a reparar los daños ambientales ocasionados, y en situaciones extremas, la revocación de permisos debe considerarse.

Participación de las industrias en la regeneración: Las industrias deben ser parte activa en programas de regeneración de acuíferos, financiando proyectos de recarga artificial que restauren el equilibrio hídrico en la región. A largo plazo, esta medida ayudará a mitigar el impacto de su actividad y contribuirá a la sostenibilidad del recurso.

Reto: mejoras en la infraestructura hídrica

El problema de infraestructura hídrica en la ZMP va más allá de la capacidad limitada de las plantas de tratamiento. También incluye la falta de redes eficientes de distribución y la ausencia de tecnologías avanzadas que aseguren una mayor reutilización del agua.

Propuesta

Modernización de las plantas de tratamiento: Las plantas de tratamiento de aguas residuales en la ZMP deben modernizarse urgentemente. Las tecnologías de filtración por membrana y desinfección mediante ozono pueden mejorar significativamente la calidad del agua tratada, permitiendo su reutilización en actividades industriales y agrícolas, lo que aliviaría la presión sobre los recursos hídricos.

Reto: Captación de agua pluvial y recarga de acuíferos. Es imperativo que se implemente un sistema de captación de agua pluvial a gran escala. Este sistema debe ir más allá de simples tanques de almacenamiento y estar integrado con la infraestructura de la ciudad, permitiendo que el agua captada se infiltre en zonas estratégicas para la recarga de los acuíferos. Esto no solo contribuirá a la disponibilidad de agua en periodos de sequía, sino que también protegerá los ecosistemas locales.

Reto: Conservación del Agua. El problema del desperdicio de agua en la ZMP también se relaciona con una falta de incentivos para la conservación del recurso. La conservación del agua no debe ser vista solo como una res-

ponsabilidad individual, sino como una obligación colectiva que incluye tanto a las industrias como a los gobiernos.

Propuestas

Incentivos económicos: Se deben introducir incentivos económicos para las empresas y hogares que adopten tecnologías de ahorro de agua, como dispositivos de bajo flujo o sistemas de reutilización de aguas grises. Estos incentivos pueden incluir deducciones fiscales o subsidios para la instalación de dichos sistemas.

Campañas de concientización: Para que estas medidas sean efectivas, es fundamental lanzar campañas masivas de concientización sobre el uso responsable del agua. Estas campañas deben estar orientadas a todos los sectores de la sociedad y deben subrayar que la conservación del agua no es solo un problema de las futuras generaciones, sino una necesidad inmediata.

Reconocer el impacto de las malas prácticas agrícolas e industriales

Aunque la Refinería Miguel Hidalgo y Tecnosilicatos han sido identificadas como grandes contaminantes en la región de Hidalgo, su impacto directo sobre el acuífero Cuautitlán-Pachuca y la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP) requiere un análisis más riguroso. Sin embargo, es innegable que las prácticas industriales en Hidalgo, particularmente en zonas como Tula y el Valle del Mezquital, están contribuyendo a la degradación general del recurso hídrico.

Es importante subrayar que, aunque el impacto poblacional es relevante, la magnitud de la crisis hídrica en Hidalgo está más directamente vinculada a las malas prácticas agrícolas e industriales que a los hábitos de consumo individuales.

Las malas prácticas de empresas como Tecnosilicatos, cuyos vertidos contienen sustancias altamente contaminantes, y de la Refinería Miguel Hidalgo, cuya operación genera altos niveles de residuos tóxicos, están deteriorando la calidad del agua de manera alarmante.

Enfoque en soluciones más contundentes: Fortalecimiento de las regulaciones industriales: Es esencial que las industrias en Hidalgo cumplan con normativas ambientales más estrictas. El monitoreo constante de los vertidos y la responsabilidad de las empresas de reducir su huella hídrica debe estar en el centro de cualquier solución a largo plazo.

Sanciones ejemplares: Las sanciones deben ser aplicadas con mayor rigor a las industrias que violen los límites de vertidos. Se debe reforzar el marco legal para asegurar que las empresas reincidentes reciban sanciones ejemplares que disuadan futuras infracciones.

Rehabilitación ambiental obligatoria: Las industrias que han contaminado los cuerpos de agua deben ser obligadas a participar en programas de rehabilitación ambiental que incluyan la limpieza de acuíferos y la restauración de ecosistemas afectados.

Conclusiones

La distribución y disponibilidad de agua dulce a nivel global plantea un desafío significativo, ya que solo una pequeña fracción de este recurso está disponible para satisfacer las diversas necesidades vitales y económicas. A pesar de las advertencias sobre el aumento de la demanda y la reducción de la oferta de agua, la concentración urbana y el modelo económico neoliberal han acelerado la explotación de los recursos hídricos.

Esto se debe a los métodos convencionales de producción y la apropiación privada de recursos comunes, así como a los altos niveles de consumo y contaminación generados por estos procesos.

La falta de acceso equitativo al agua potable es otro problema importante en la zona metropolitana de Pachuca, con disparidades significativas entre las colonias más marginadas y las de mejor situación socioeconómica. Esto refleja la necesidad de políticas y acciones dirigidas a mejorar la cobertura y el saneamiento del agua, así como a abordar las desigualdades sociales espaciales en la región.

El crecimiento urbano acelerado en la región, impulsado por migraciones desde la zona metropolitana del Valle de México, ha exacerbado estas problemáticas. Este crecimiento ha generado una mayor demanda de agua,

afectando la disponibilidad del recurso y aumentando la presión sobre los acuíferos subterráneos. Además, la falta de planificación urbana adecuada ha contribuido a la contaminación del agua y a la disminución de las áreas de recarga de los acuíferos.

La escasez de agua es, en gran medida, una consecuencia de falta de planificación y de cuantificación de los recursos con los que se cuenta para satisfacer, de esa forma una demanda racional.

La planeación debe incluir la digitalización de fuentes y fugas, la distribución equitativa y adecuada de los recursos, programas de mantenimiento y conservación de las redes de distribución y saneamiento que minimicen la necesidad de rehabilitaciones. Esta situación, junto con la falta de respuesta oportuna a los problemas relacionados con el agua, hace que las poblaciones más desfavorecidas sean las más vulnerables ante cualquier cambio climático.

La gestión integrada del agua en la zona metropolitana de Pachuca enfrenta múltiples desafíos que requieren acciones coordinadas y sostenibles por parte de los responsables de las políticas públicas, las instituciones, la sociedad civil y el sector privado.

Es fundamental adoptar medidas efectivas para garantizar un suministro seguro y sostenible de agua para todos los habitantes y para proteger los recursos hídricos a largo plazo.

Mientras no haya una intervención más decidida por parte de los responsables de las políticas públicas, la construcción de viviendas y otras infraestructuras urbanas seguirá consumiendo las reservas de agua y obstaculizando la recarga de los acuíferos, lo que eventualmente llevará a la insostenibilidad urbana.

Aunque la investigación puede proporcionar nuevas perspectivas para abordar estos problemas, es fundamental que los administradores públicos, las universidades y el sector privado lideren la planificación y el desarrollo territorial con el objetivo de promover el bienestar colectivo.

Bibliografía

- Arellano, S. (2016). Problemática del agua en la Zona Metropolitana de Pachuca. *Revista Electrónica Agua y Saneamiento*.
- Arrojo, P. (2009). El reto ético de la crisis global del agua. *Relaciones Internacionales*, 1(12), 33-53. <https://revistas.uam.es/relacionesinternacionales/article/view/4979/5442>
- Bautista, K. (2024). El "Día Cero": Entre la cobertura mediática y la realidad cotidiana. <https://agua.org.mx/actualidad/el-dia-cero-entre-la-cobertura-mediatica-y-la-realidad-cotidiana/>
- Becerra, M., Sáinz, J. y Muñoz, C. (2006). Los Conflictos por agua en México: Diagnóstico y análisis. *Gestión y política pública*, 1(15), 111-143. <https://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v15n1/1405-1079-gpp-15-01-111.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca (1508). https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/edomex/DR_1508.pdf
- Comisión Nacional del Agua. (2024). Informe semanal del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas. *Sesión informativa 1929*. Gobierno de México.
- Contreras, C. (2016). *Oblitopías: recuperación del espacio abierto contaminado en asentamientos humanos ubicados sobre depósitos de jales mineros*. México, UNAM. <http://132.248.9.195/ptd2016/enero/0739671/Index.html>
- Edmond, C. (2019). Cape Town almost ran out of water. Here is how it averted the crisis. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2019/08/cape-town-was-90-days-away-from-running-out-of-water-heres-how-it-averted-the-crisis/>
- Granados, J. A. (2007). Las corrientes migratorias en las ciudades contiguas a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: el caso de la aglomeración urbana de Pachuca. *Estudios demográficos urbanos*, 22(3), pp. 619-649. <https://www.scielo.org.mx/pdf/educm/v22n3/2448-6515-educm-22-03-619.pdf>
- Huizar, R. (1993). Carta hidrogeológica de la cuenca del Río de las Avenidas, de Pachuca, Hgo., México. *Investigaciones Geográficas*, 1(27), 95-131. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n27/n27a4.pdf>
- Huizar-Álvarez, R. (1997). Hydrochemistry of the aquifers in the Rio las Avenidas basin, Pachuca, Hidalgo, Mexico. *Water Air Soil Pollution*, 1(96), 185-201. <https://doi.org/10.1007/BF02407204>
- IMCO (2023) Escasez de agua y sequía en México: Crisis actual. <https://imco.org.mx/escasez-de-agua-y-sequia-en-mexico-crisis-actual/>
- INEGI (2020). *Censo de población y Vivienda*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#documentacion>
- Izazola, H. y Carmo, R. L. (2004). México e São Paulo: expansão metropolitana, desigualdade social e a questão da água. *I Congresso da Associação Latino-americana de População*. https://files.alapop.org/alap/images/PDF/ALAP2004_258.pdf
- Légorreta, J. (1997). Agua de lluvia, la llave del futuro en el Valle de México. *La Jornada Ecológica*, año 5 número 58, 28 de julio, México, D.F.

- Legorreta, J. (2006). *El agua y la Ciudad de México: de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. UAM-Azcapotzalco. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5077>
- López, C., Zambrano, L., Ruíz, R., Guzmán, M., Pérez, R., Sandoval, R., Hatch, G., Pineda, N., Pacheco-Vega, R. y Caldera, A. (2017). *El Agua en México: Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica*. Fundación Friedrich-Stiftung, México. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/14377.pdf>
- Manetta, A. y Serrano-Avilés, T. (2020). *Desigualdades y acceso al agua potable entubada en la Zona Metropolitana de Pachuca*, México, 2015. *Antropología Americana* 4(8), pp.117-136. <https://doi.org/10.35424/anam82019%fc>
- Martínez, J. L., Murillo, D. y Paré, L. (2017). *Conflictos por el agua y alternativas en los territorios indígenas de México*. <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1839?locale-attribute=en>
- Neri-Ramírez, E., Rubiños-Panta, J. E., Palacios-Vélez, O. I., Oropeza-Mota, J., Flores-Magdaleno, H. y Ocampo-Flores, I (2017). Evaluación de la sustentabilidad del acuífero Cuautitlán-Pachuca mediante el uso de la metodología MEMSIS. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 273-285. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v19n2/v19n2a9.pdf>
- Pacheco, R. (2017). Conflictos intratables por el agua en México: el caso de la disputa por la presa El Zapotillo entre Guanajuato y Jalisco. *Argumentos, Estudios críticos de la Sociedad*, 27(74), 219-257. Recuperado de <https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/article/view/181>
- Padilla, E. (2012). La construcción social de la escasez de agua. Una perspectiva teórica anclada en la construcción territorial. *Región y Sociedad*, núm. 3, 2012, pp. 91-116. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10223024003>
- Pérez, C. R. (2018). Expansión de la ciudad en la zona metropolitana de Pachuca: procesos desiguales y sujetos migrantes e inmobiliarios. *Territorios*, 1(38), pp. 41-65. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.5577>
- Ramírez, M. F. y Yepes, M. J. (2011). Geopolítica de los recursos estratégicos: conflictos por agua en América Latina. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 6(1), pp. 149-165. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-30632011000100008&lng=en&tlng=es
- Rodarte, R., Galindo, E., Díaz, F. y Fernández, G. (2012). *Gestión del agua y reconstrucción de la naturaleza en el Valle del Mezquital*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5058/libro_gestion_agua.pdf
- Sainz, J. y Becerra, M. (2003). Los conflictos por el agua en México. *Gaceta Ecológica*, 1(67), 61-68. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906705.pdf>
- Secretaría de Gobernación (2016). Zonas Metropolitanas de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309818/2_Anexo_cartografico_primera_parte_correcciones_23_de_febrero.pdf
- Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Hidalgo (s.f.). Zonas Metropolitanas del Estado de Hidalgo. <https://cambioclimatico.semarnath.gob.mx/webFiles/pagesFiles/14ZonasM.pdf>

- Secretaría del Medio Ambiente del Ambiente de Hidalgo (2019). Zonas Metropolitanas del Estado de Hidalgo. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/compendio_2019/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet29ca.html
- Servicio Meteorológico Nacional. (2024). Monitor de sequía de México al 15 de enero de 2024. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20240115.pdf>
- Solís, F., Hernández, A. y Venegas, P. (2024). Edomex registró 68 manifestaciones en enero por la falta de agua. *El Sol de Toluca*. <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/edomex-registro-68-manifestaciones-en-enero-por-la-falta-de-agua-11392968.html>
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta ecológica*, 1(64), 9-18. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906402.pdf>
- Unesco. (2009). Water in a changing world: the United Nations world water development report. <https://unesdoc.unesco.org/images/0018/%20001819/181993e.pdf>
- (2016). Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244103>
- Vargas, P. (2011). La Conflictividad en el proceso de metropolización de la ciudad de Pachuca. *Papeles de población*, 17(68), 127-146. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/pp/v17n68/v17n68a6.pdf>
- Warner, J. F. y Meissner, R. (2021). Cape Town's "Day Zero" water crisis: ¿A manufactured media event? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1(64), 102481.
- Zeitoun, M. y Warner, J. (2006). Hydro-hegemony: a framework for analysis of trans-boundary water conflicts. *Water policy*, 8(5), 435-460. Recuperado de: <https://doi.org/10.2166/wp.2006.054>