

Agua en México: Perspectiva general

Water in Mexico: General perspective

Divulgación

Dulce Guadalupe García-Flores¹, Martha Mariela Zarco-González², Pedro Ávila-Pérez^{1,3}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca, División de Estudios de Posgrado e Investigación: Av. Tecnológico S/N. Colonia Agrícola Bellavista, Metepec, Edo. De México, México C.P. 52149

²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales/ Universidad Autónoma del Estado de México, Carretera Estatal Libre Toluca - Atlacomulco Kilómetro 14.5, San Cayetano Morelos, Toluca, México, CP. 50295

³Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM/Universidad Autónoma del Estado de México: Carretera Toluca-Atlacomulco km. 14.5, Unidad San Cayetano de Morelos, Toluca de Lerdo, Estado de México, C.P. 50200

Autor de contacto: DD23280233@toluca.tecnm.mx, mmzarcog@uaemex.mx, pavilap@toluca.tecnm.mx

Resumen

Este estudio analizó la relación entre las actividades productivas que más demandan agua en México y las regiones con estrés hídrico, así como otras variables relacionadas con la disponibilidad del recurso. Para ello, se elaboró un mapa de sobreposición entre las actividades y las condiciones hídricas del país. A través de estadística descriptiva, se interpretaron los impactos asociados a las actividades productivas, considerando los porcentajes de coincidencia entre ellas y las zonas con escasez de agua. Los resultados revelan que el 43 % de las áreas agrícolas se ubican en regiones con déficit de acuíferos. Además, 43 zonas metropolitanas están asentadas sobre acuíferos deficitarios y 39 en zonas con estrés hídrico alto o extremo. En cuanto a las industrias manufactureras, el 63 % de sus unidades económicas operan en zonas con acuíferos deficitarios, el 62 % en regiones sin disponibilidad de cuencas, y el 47 % en áreas con alto estrés hídrico. Estos datos evidencian una fuerte concentración de actividades económicas en zonas con problemas de disponibilidad de agua, lo que subraya la necesidad de incorporar estos criterios en la planificación del desarrollo y en la gestión del abastecimiento hídrico.

Abstract

This study analyzed the relationship between the productive activities that require the most water in Mexico and regions facing with water stress, as well as other factors related to water availability. A map was developed to illustrate the overlap between these activities and the country's water conditions. Through descriptive statistics, the impacts associated with productive activities were interpreted, focusing on the percentages of overlap between them and areas with water scarcity. The findings indicate that 43% of agricultural areas are in regions with aquifer deficits. Furthermore, 43 metropolitan areas are in regions with aquifer deficits, and 39 are in areas with high or extreme water stress. Regarding manufacturing industries, 63% of their economic units operate in areas with deficient aquifers, 62% in regions lacking watershed availability, and 47% in areas with high water stress. These data demonstrate a significant concentration of economic activities in areas with water availability issues, highlighting the need to incorporate these criteria into development planning and water supply management.

Introducción

El agua cubre más del 70% de la superficie del planeta, con un aproximado de 1, 386 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 97.5% se encuentra en los océanos y mares en forma de agua salada y el 2.5% restante del agua es dulce (Cirelli, 2012). A nivel global existe una preocupación por el crecimiento demográfico, uso agrícola, pecuario e industrial, ya que estas actividades dependen de la disponibilidad de los recursos naturales, al mismo tiempo que representan un alto consumo de tierra, agua y biodiversidad, provocando, entre otras consecuencias, estrés hídrico (Cavrino *et al.*, 2024).

En Latinoamérica, en países como Chile, Bolivia, Argentina y México, es en las zonas áridas donde se lleva a cabo la mayor parte de las actividades económicas, esto se debe principalmente a la geología favorable y a que existe menos vegetación (Ochoa-Noriega *et al.*, 2020). Por otro lado, en estos países las regulaciones gubernamentales en temas ambientales suelen ser flexibles o con vacíos legales, lo que ha contribuido a la generación de conflictos sociales por la

escasez de agua, especialmente en zonas rurales e indígenas (Pedrozo-Acuña *et al.* 2025). El estrés hídrico se presenta cuando la demanda de agua es superior a la cantidad disponible en un tiempo determinado. De manera particular, en México este problema aumentó de 31.3% en 2017 a 44.5% en 2018, lo que indica que el país está cerca de contar solo con la mitad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de la población (HR Ratings, 2024). Existe una alta demanda de agua por el sector agropecuario que consume el 76% de agua disponible, seguido del abastecimiento público a través de redes de agua potable con el 14% y el sector industrial con el 5%, en este destaca la industria minera como uno de los principales usuarios del recurso, impactando en su disponibilidad a mediano plazo (Pedrozo-Acuña *et al.* 2025).

Existe una distribución desigual del agua en el tiempo y en el espacio, además de un uso ineficiente en los diferentes sectores. Para diseñar una gestión que permita mitigar la sobreexplotación de los cuerpos de agua, la distribución y la contaminación, se requiere información sobre la ubicación de las actividades que demandan la mayor cantidad de agua. Por eso el objetivo de este estudio fue analizar la relación espacial de las actividades productivas con mayor demanda del recurso en México con las regiones con estrés hídrico, así como otras variables relacionadas con la disponibilidad de agua.

Desarrollo

Materiales y Métodos

México cuenta con una extensión de 1.96 millones de km². Se encuentra en el límite entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical; por su ubicación geográfica, cuenta con una amplia variedad de climas y relieve, lo que influye directamente en la disponibilidad del agua. En promedio anualmente recibe 1.449 km³ de agua por precipitación, de los cuales el 71.5% regresa a la atmósfera por evapotranspiración.

Se recopilaron variables que describen las actividades que demandan mayor cantidad de agua en México, en formato vectorial shapefile (.shp), como a continuación se describe:

- Agricultura:
-Superficie agrícola sembrada por municipio para el conjunto de los cultivos en 2022 para riego, temporal y total. Datos del cierre agrícola de 2022 del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consultada en el portal <http://geocomunes.org/>
- Uso público:
-Zonas metropolitanas: se incluyen ciudades con 100 mil o más habitantes de acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2015).
- Industria:
-Número de unidades económicas de las industrias manufactureras por municipio según el censo económico del INEGI de 2019. Consultada en el portal <http://geocomunes.org/>

También se recopilaron cuatro variables que describen la situación hídrica en México, también en formato vectorial (.shp), como a continuación se describe:

- Disponibilidad de acuíferos: Datos de disponibilidad de agua subterránea en cada uno de los 653 acuíferos en México (CONAGUA, 2023).
- Disponibilidad de cuencas: Datos de disponibilidad de agua superficial en cada una de las 757 cuencas hidrológicas en México (CONAGUA, 2023).
- Regiones Hidrológicas: Principales cuencas hidrográficas del país (Arriaga *et al.*, 2002).
- Estrés hídrico: El estrés hídrico de referencia mide la extracción total anual de agua (uso doméstico, industrial, de riego y ganadero) expresada como porcentaje del flujo total anual disponible (Gassert *et al.*, 2014).
- Severidad de sequía: Promedio del producto entre la duración y la intensidad de todas las sequías registradas en un área (Gassert *et al.*, 2014).

El software QGIS, en su versión 3.28.3, desempeña un papel central en el análisis espacial de datos geográficos, al ser una herramienta de código abierto ampliamente utilizada en estudios ambientales, territoriales y de recursos naturales. En el presente análisis, QGIS permitió realizar una intersección espacial entre las capas que representan las actividades con mayor demanda hídrica y aquellas que describen el estado actual de los recursos hídricos en México. Este procedimiento, basado en operaciones de la teoría de conjuntos, posibilitó la identificación precisa de áreas de solapamiento, es decir, zonas en las que convergen presiones económicas sobre el recurso hídrico y condiciones de estrés o vulnerabilidad. La capacidad de QGIS para integrar, procesar y visualizar grandes volúmenes de información espacial fue esencial para la validación de los datos mediante la revisión de atributos, geometrías y generación de mapas de sobreposición. Además, su funcionalidad en el manejo de estadísticas descriptivas facilitó la interpretación de los resultados.

El agua es un bien público, con una relevancia clave en el desarrollo socioeconómico, ambiental, en la producción de alimentos, y el saneamiento de las comunidades. Es de vital importancia considerar la distribución de las actividades económicas para definir la distribución para el abastecimiento de agua.

Se reporta un total de 20,567,481 hectáreas agrícolas sembradas para el año 2022 a lo largo del territorio mexicano, de las cuales el 33% se encuentra en zonas sin disponibilidad de cuencas en la zona norte y centro del país y el 43% en zonas de acuíferos con déficit (Figura 1a). El 43% del área sembrada se encuentra dentro de las principales cuencas hidrológicas como la Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón, la cual es una región afectada por la agricultura intensiva y el azolvamiento acelerado por actividades agrícolas, de igual manera, la región Chapala-Cajititlán-Sayula, impactada por las prácticas agrícolas, industriales y de uso doméstico (Arriaga *et al.*, 2002).

Con el crecimiento demográfico se ha previsto que la producción del sector pecuario, forestal y agrícola deberá duplicarse en los próximos 30 años para garantizar la seguridad alimentaria (Torres-Torres y Rojas-Martínez, 2018). Sin embargo, de acuerdo con los resultados, el sector agrícola puede verse afectado por la creciente escasez de los recursos de tierra y agua, que pueden causar pérdidas de cultivos y disminución de producción (FAO, 2018). Estudios recientes han documentado los efectos de la agricultura intensiva sobre la calidad de los acuíferos, destacando que la producción convencional puede deteriorar rápidamente la recarga natural que las prácticas orgánicas (Llorente & Suárez, 2025).

De manera natural, México es un país vulnerable a la sequía, el 49% del territorio presenta climas áridos y semiáridos (López-Lambrano *et al.*, 2020). El 43% del área sembrada se encuentra en zonas con alto a extremadamente alto estrés hídrico y el 7% en zonas con alta y extremadamente alta severidad de sequía (Figura 1b). La producción de alimentos requiere grandes cantidades de agua, bajo estas condiciones, se presentan daños de bajos a extremos en los cultivos y riesgos de incendios forestales, debido a la escasez de agua (CONAGUA, 2023).

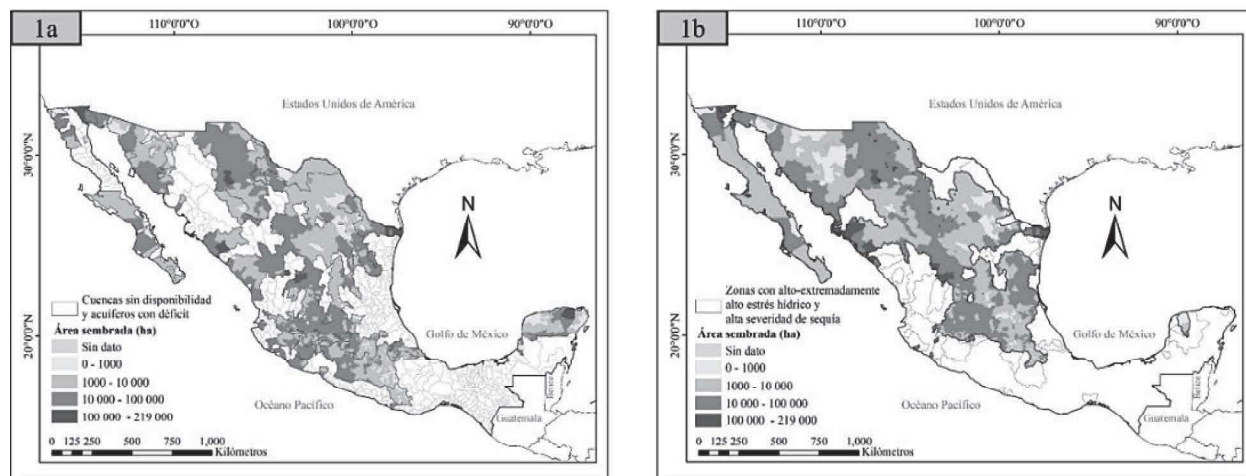


Figura 1. Sobrelapamiento espacial de la superficie agrícola sembrada con las variables que describen la situación hídrica en México.

Para el uso público, de las 59 zonas metropolitanas analizadas, 43 se encuentran en regiones con acuíferos que tienen déficit de agua y 34 sin disponibilidad de cuencas (Figura 2a). La región Río Bravo Internacional abarca cinco zonas metropolitanas y presenta problemas de desecación y ensalitramiento debido a los asentamientos humanos y prácticas agropecuarias. La región Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala y Río Tecolutla abarcan cuatro zonas metropolitanas, también presentan desecación, deforestación y fragmentación del hábitat (Arriaga *et al.*, 2002). 39 zonas metropolitanas se encuentran en regiones con un alto a extremadamente alto estrés hídrico y 19 con severidad de sequía (Figura 2b). Las zonas metropolitanas son de gran importancia debido a que es donde ocurre principalmente la actividad económica, política y cultural. La expansión de las zonas metropolitanas debido al incremento y concentración de habitantes implica un incremento en la demanda de servicios, entre ellos la disponibilidad de agua potable (CONAPO, 2015).

González-Zurita y Oswald-Spring (2024) indican que más del 60% de las zonas metropolitanas del centro-sur del país enfrentan un desequilibrio grave entre la disponibilidad natural de agua y la demanda urbana. Este desbalance

se ha intensificado por la deforestación, la impermeabilización del suelo y la falta de sistemas efectivos de recarga artificial. Actualmente México ya enfrenta efectos negativos debido a la escasez de agua; de acuerdo con datos del Instituto Mexicano para la Competitividad, se estima que para el año 2030 la disponibilidad de agua se encontrará por debajo de los 3 mil m³ por habitante al año (IMCO, 2023). Es urgente crear planes para la distribución y monitoreo del agua, así como proyectos de optimización de aprovechamiento en los sectores que demandan mayores cantidades.

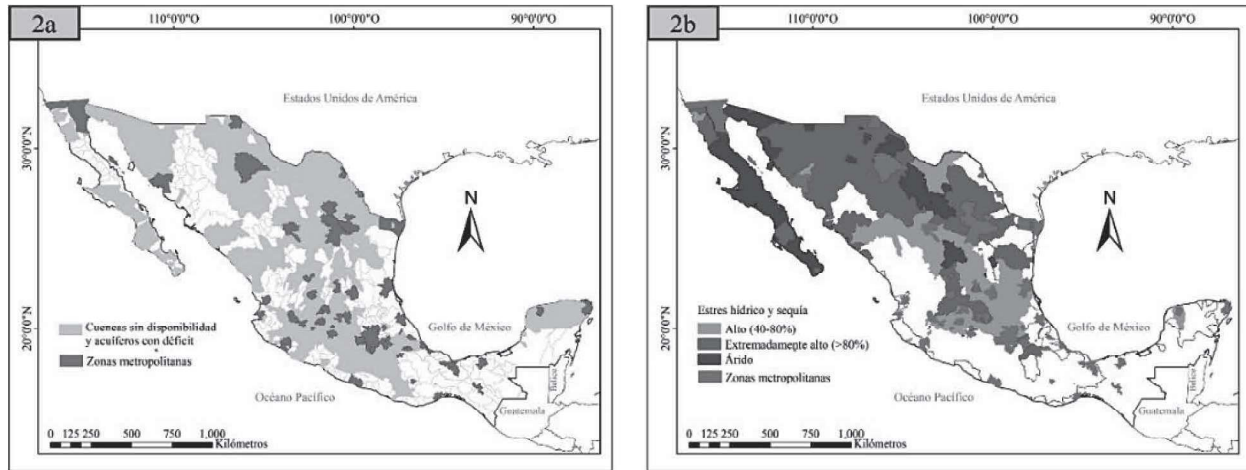


Figura 2. Sobrelapamiento espacial de las zonas metropolitanas con las variables que describen la situación hídrica en México.

El desarrollo industrial demanda una proporción cada vez mayor y significativa de agua. El 63% de las unidades económicas de las industrias manufactureras se distribuyen en zonas con acuíferos que presentan déficit de agua, 62% en zonas sin disponibilidad de cuencas (Figura 3a). La región Remanentes del Complejo Lacustre de la Cuenca de México alberga el 8% de las unidades económicas; esta región se ve comprometida por la descarga de aguas residuales provenientes de la zona urbana e industrial.

El 47% de las unidades económicas se encuentra en zonas con alto estrés hídrico y el 34% en zonas con severidad de sequía (Figura 3b). La distribución desigual y el ineficiente uso de agua representan un reto; irónicamente, la actividad económica y las mayores tasas de crecimiento se concentran en el centro y norte de México, regiones con baja precipitación natural, por lo que tienden a experimentar condiciones áridas y sequías con mayor frecuencia (López de Llergo, 2003).

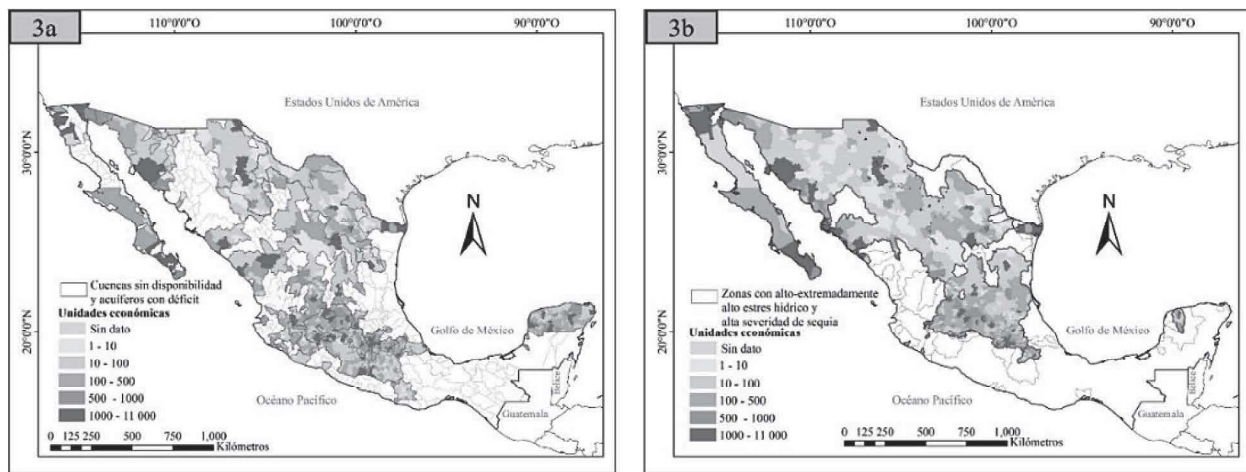


Figura 3. Sobrelapamiento espacial de las unidades económicas de las industrias manufactureras con las variables que describen la situación hídrica en México.

Conclusión

El 33 % de las áreas sembradas en México se encuentra en zonas de cuencas sin disponibilidad de agua y el 43 % en zonas de acuíferos con déficit de agua. 43 zonas metropolitanas se encuentran en zonas con acuíferos que tienen déficit de agua y 34 se encuentran en zonas sin disponibilidad de cuencas, 39 en zonas que presentan un alto a extremadamente alto estrés hídrico y 19 en zonas con severidad de sequía. 63 % de las unidades económicas de las industrias manufactureras se distribuyen en zonas con acuíferos que presentan déficit de agua, el 62% en zonas sin disponibilidad de cuencas, el 47% en zonas con alto estrés hídrico y el 34% en zonas con severidad de sequía. Lo anterior implica que se deben aplicar medidas urgentes para replantear el futuro desarrollo urbano en México y realizar una mejor gestión de los recursos hídricos del país.

Referencias

- Arriaga, L., Aguilar, V., & Alcocer, J. (2002). *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. CONABIO.
- Cirelli, A. F. (2012). El agua: un recurso esencial. *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Estadísticas del agua en México 2023*. CONAGUA-Sistema Nacional de Información del Agua
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2015). Delimitación de las zonas metropolitanas de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/delimitacion-de-las-zonas-metropolitanas-de-mexico-2015>.
- Cravino, A., Perelló, A., & Brazeiro, A. (2024). Livestock–wildlife interactions: Key aspects for reconnecting animal production and wildlife conservation. *Animal Frontiers*, 14(1), 13–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfad069>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). *The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050* (Summary version). FAO. <https://www.fao.org/3/CA1553EN/ca1553en.pdf> (*Enlace sugerido si aplica*)
- Gassert, F., Landis, M., Luck, M., Reig, P., & Shiao, T. (2014). *Aqueduct global maps 2.1* (Working Paper). World Resources Institute. <https://www.wri.org/research/aqueduct-global-maps-21>
- González-Zurita, J., & Oswald-Spring, U. (2024). Modeling water availability under climate change scenarios: A systemic approach in the metropolitan area in Morelos, México. *Frontiers in Water*, 6, Article 1466380. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1466380>
- HR Ratings. (2024). *Estrés hídrico y sus principales causas en México*. https://www.hrratings.com/pdf/EstrAs_HAdrico_y_sus_principales_causas_en_MAxico.pdf
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). (2023). *Situación del agua en México*. <https://imco.org.mx/situacion-del-agua-en-mexico/>
- Llorente, Marta & Suárez, Marta. (2025). Evaluating the Effects of Organic vs. Conventional Farming on Aquifer Water Quality. 10.48550/arXiv.2504.12152.
- López de Llergo, R. (2003). Principales rasgos geográficos de la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas*, (50), 26–41. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112003000100007
- López-Lambraño, A. A., Martínez-Acosta, L., Gámez-Balmaceda, E., Medrano-Barboza, J. P., López, J. F. R., & López-Ramos, A. (2020). Supply and demand analysis of water resources: Case study—irrigation water demand in a semi-arid zone in Mexico. *Agriculture*, 10(8), 333. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080333>
- Ochoa-Noriega, C. A., Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., & Álvarez-Bejar, A. (2020). The Use of Water in Agriculture in Mexico and Its Sustainable Management: A Bibliometric Review. *Agronomy*, 10(12), 1957. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121957>
- Pedrozo-Acuña, A., Breña-Naranjo, J. A., Ramírez-Salinas, N., Bustos-Montes, J. C., Soriano-Monzalvo, J. C., Zetina-Robleda, E. F., & López-López, M. R. (2025). Environmental Impact of Mining Activities on Water Availability, Quality and Sediments in the Sonora River, Mexico. *Water Air & Soil Pollution*, 236(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08150-4>
- Torres-Torres, F., & Rojas-Martínez, A. (2018). El suelo agrícola en México: Retrospección y prospectiva para la seguridad alimentaria. *Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 9(3). <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2019/01/25/suelo-agricola-en-mexico-retrospeccion-prospectiva-la-seguridad-alimentaria/>