

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES POR LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN LA ZONA METROPOLITANA DE OAXACA

**WASTEWATER DISCHARGES FROM MUNICIPALITIES
COMPRISING THE METROPOLITAN AREA OF OAXACA**

Erika Sol Osorio Palacios

Universidad Autonoma, México

Erik Martinez Torres

Universidad Autonoma, México

Ana Yanet Espina Esteban

Universidad Autonoma, México

Alicia Sylvia Gijon Cruz

Universidad Autonoma, México

Hipocrates Nolasco Cancino

Universidad Autonoma, México

Jaime Vargas Arzola

Universidad Autonoma, México

Las Descargas de Aguas Residuales por los Municipios que Conforman la Zona Metropolitana de Oaxaca

Erika Sol Osorio Palacios¹

erikasolosorio@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-6731-3767>

Escuela Preparatoria por Cooperación
Rufino Tamayo, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma
Benito Juárez de Oaxaca
México

Erik Martínez Torres²

emartinez.fcq@uabjo.mx

<https://orcid.org/0009-0008-8220-4029>

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma
Benito Juárez de Oaxaca
México

Ana Yanet Espina Esteban

esyane97@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-0111-5614>

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma
Benito Juárez de Oaxaca
México

Alicia Sylvia Gijón Cruz

agijon.cat@uabjo.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5116-3801>

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma
Benito Juárez de Oaxaca
México

Hipócrates Nolasco Cancino

hnolasco.cat@uabjo.mx

<https://orcid.org/0009-0009-1422-3129>

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma
Benito Juárez de Oaxaca
México

Jaime Vargas Arzola

jvargas.fcq@uabjo.mx

<https://orcid.org/0009-0008-9692-8044>

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Autónoma
Benito Juárez de Oaxaca
México

RESUMEN

El crecimiento urbano en la Zona Metropolitana de Oaxaca ha incrementado la generación de aguas residuales y la presión sobre los sistemas hidrológicos regionales. El objetivo de este estudio fue identificar y analizar la distribución espacial de las descargas de aguas residuales registradas en los municipios que conforman esta zona metropolitana. Se empleó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo basado en información secundaria proveniente del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Comisión Nacional del Agua. Los datos fueron integrados en un sistema de información geográfica utilizando el software QGIS, lo que permitió representar cartográficamente las descargas y analizar su distribución territorial en relación con los límites municipales y las cuencas hidrológicas regionales. Los resultados permitieron identificar un total de 90 descargas distribuidas de manera heterogénea entre los municipios. Los mayores registros se concentran en Santa Cruz Xoxocotlán, San Pablo Etla y Oaxaca de Juárez, lo que refleja la relación entre urbanización, densidad poblacional y generación de aguas residuales. Asimismo, el análisis espacial evidenció que varias de estas descargas se localizan dentro de las cuencas del río Atoyac y del río Salado, lo que representa un riesgo potencial para la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. Estos resultados aportan información relevante para la planificación territorial y la gestión del saneamiento en la región.

Palabras clave: aguas residuales; gestión hídrica; sistemas de información geográfica; contaminación urbana; río Atoyac

¹ Autor principal

² Correspondencia: erikasolosorio@gmail.com

Wastewater Discharges from Municipalities Comprising the Metropolitan Area of Oaxaca

ABSTRACT

Urban growth in the Metropolitan Area of Oaxaca has increased wastewater generation and pressure on regional hydrological systems. The objective of this study was to identify and analyze the spatial distribution of wastewater discharges registered in the municipalities that make up this metropolitan area. A quantitative descriptive approach was applied using secondary information obtained from the Public Registry of Water Rights (REPDA) of the National Water Commission. The data were integrated into a geographic information system using QGIS software, which allowed the cartographic representation of discharge points and the analysis of their spatial distribution in relation to municipal boundaries and regional hydrological basins. The results identified a total of 90 wastewater discharges unevenly distributed among the municipalities. The highest number of discharges was recorded in Santa Cruz Xoxocotlán, San Pablo Etlá, and Oaxaca de Juárez, reflecting the relationship between urbanization, population density, and wastewater generation. Spatial analysis also showed that several of these discharges are located within the Atoyac and Salado river basins, representing a potential risk to water quality and aquatic ecosystems. These findings provide relevant information for territorial planning and water sanitation management in the region.

Keywords: wastewater discharge; water management; geographic information systems; urban pollution; Atoyac river

*Artículo recibido 28 febrero 2026
Aceptado para publicación: 28 marzo 2026*



INTRODUCCIÓN

La contaminación de los cuerpos de agua superficiales constituye uno de los principales problemas ambientales asociados al crecimiento urbano y al desarrollo de las ciudades contemporáneas. En particular, las descargas de aguas residuales municipales representan una de las fuentes más significativas de deterioro de la calidad del agua en ríos, lagos y acuíferos, debido a la presencia de materia orgánica, nutrientes, microorganismos patógenos y contaminantes emergentes que afectan tanto los ecosistemas acuáticos como la salud humana (Carey & Migliaccio, 2009).

A nivel global, diversos estudios han documentado que los ríos que atraviesan zonas urbanas presentan mayores niveles de contaminación debido a la descarga directa o indirecta de aguas residuales domésticas e industriales. Este fenómeno se intensifica en regiones donde la expansión urbana supera la capacidad de infraestructura de saneamiento y tratamiento, generando procesos de degradación progresiva de los sistemas fluviales (Tong & Chen, 2002). En consecuencia, los ríos urbanos se convierten en receptores de cargas contaminantes que alteran su dinámica ecológica y reducen su capacidad de provisión de servicios ecosistémicos.

En América Latina, la problemática del saneamiento urbano continúa siendo un desafío relevante para la gestión del agua. De acuerdo con estudios recientes, una proporción considerable de las aguas residuales generadas en las ciudades de la región es descargada sin tratamiento adecuado, lo que incrementa la presencia de contaminantes orgánicos, nutrientes y microorganismos patógenos en los cuerpos de agua superficiales (Morin-Crini et al., 2022). Esta situación genera impactos acumulativos que pueden afectar la biodiversidad acuática, la calidad del agua destinada al consumo humano y el bienestar de las poblaciones que dependen de estos recursos.

En el contexto mexicano, la contaminación de ríos urbanos ha sido ampliamente documentada en diversas regiones del país, donde las descargas de aguas residuales municipales constituyen una de las principales fuentes de presión sobre los sistemas hidrológicos. Investigaciones recientes señalan que las limitaciones técnicas y financieras de los gobiernos locales, así como la falta de coordinación institucional, han reducido la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que contribuye a la persistencia de descargas contaminantes en cuerpos receptores (Rodríguez et al., 2023).



Dentro de este contexto nacional, el estado de Oaxaca presenta retos importantes en materia de saneamiento y gestión de recursos hídricos. La Zona Metropolitana de Oaxaca (ZMO), integrada por 27 municipios, concentra una parte significativa de la población y de las actividades económicas de la región, lo que incrementa la generación de aguas residuales y la presión sobre la infraestructura hidráulica existente. En este territorio, el río Atoyac constituye uno de los principales sistemas hidrológicos que atraviesan la zona urbana y recibe descargas provenientes de diversos municipios, lo que ha generado preocupaciones ambientales y sanitarias en la región.

El río Atoyac forma parte de la cuenca del río Verde–Atoyac y desempeña un papel fundamental en la dinámica ecológica y socioeconómica del valle de Oaxaca. Sin embargo, diversas investigaciones han señalado que la descarga continua de aguas residuales domésticas y urbanas ha provocado un deterioro progresivo de su calidad del agua, evidenciado por altos niveles de materia orgánica, nutrientes y microorganismos indicadores de contaminación fecal (Hernández-Romero et al., 2004).

Además, estudios sobre ríos urbanos han demostrado que la acumulación de contaminantes provenientes de descargas municipales puede generar impactos ecológicos significativos, incluyendo pérdida de biodiversidad, alteración de procesos biogeoquímicos y reducción de la capacidad de autodepuración de los sistemas fluviales (Paul & Meyer, 2001). Estos efectos se intensifican cuando las descargas se concentran en tramos urbanos donde el caudal del río es limitado y la capacidad de dilución resulta insuficiente. En este escenario, la identificación y análisis espacial de las descargas de aguas residuales constituye una herramienta fundamental para comprender la presión que ejercen las actividades urbanas sobre los cuerpos de agua. El uso de sistemas de información geográfica (SIG) permite integrar información territorial y registros administrativos, facilitando la generación de diagnósticos que contribuyan a mejorar la gestión del agua y la planificación urbana.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo identificar y analizar la distribución espacial de las descargas de aguas residuales registradas en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) dentro de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Oaxaca, con el propósito de generar un diagnóstico territorial que permita comprender su relación con los sistemas hidrológicos urbanos, particularmente con el río Atoyac, y aportar evidencia para el fortalecimiento de las estrategias de saneamiento y gestión metropolitana del recurso hídrico.



METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo, orientado a identificar y caracterizar espacialmente las descargas de aguas residuales generadas por los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Oaxaca (ZMO). El diseño del estudio fue no experimental y transversal, dado que se analizaron datos existentes correspondientes a un periodo determinado, sin manipulación directa de las variables de estudio.

El área de estudio correspondió a la Zona Metropolitana de Oaxaca, integrada por 27 municipios, conforme a la delimitación establecida en el Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Oaxaca (POZMO), instrumento oficial de planeación territorial que define el ámbito espacial de análisis y las dinámicas urbanas y ambientales del territorio metropolitano (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2025).

Se empleó información secundaria de carácter oficial, principalmente registros de descargas de aguas residuales proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), institución responsable de la administración y regulación de las aguas nacionales en México. Los datos utilizados corresponden a registros de puntos de descarga georreferenciados, asociados a cuerpos receptores superficiales y al suelo, disponibles en los sistemas de información hídrica de dicha dependencia (CONAGUA, 2023).

Adicionalmente, se utilizó información cartográfica base proveniente de fuentes oficiales para la delimitación municipal y metropolitana, con el fin de asegurar la consistencia espacial del análisis.

La cartografía de las descargas de aguas residuales se realizó mediante el uso del software de Sistemas de Información Geográfica QGIS, versión de código abierto, ampliamente empleado en estudios ambientales y territoriales por su capacidad para el análisis y visualización de información espacial. Los registros de descargas proporcionados por CONAGUA fueron integrados en una base de datos geográfica, permitiendo su representación como entidades puntuales dentro del sistema de coordenadas correspondiente. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis espacial descriptivo, que consistió en la superposición de los puntos de descarga sobre los límites municipales de la ZMO, con el objetivo de identificar la distribución espacial y la concentración de descargas por municipio. Este procedimiento permitió cuantificar el número de descargas registradas en cada unidad administrativa y reconocer patrones territoriales asociados a los municipios con mayor incidencia.



El uso de herramientas SIG para la identificación y análisis de descargas de aguas residuales ha sido ampliamente documentado en la literatura científica como un método eficaz para el diagnóstico ambiental y la toma de decisiones en materia de gestión hídrica (Tsuzuki & Koottatep, 2010; Bernal et al., 2021).

A partir de la información espacial procesada, se aplicaron métodos de estadística descriptiva, orientados a cuantificar el número total de descargas y su distribución relativa entre los municipios de la ZMO. Los resultados se interpretaron considerando la localización de las descargas respecto a cuerpos de agua superficiales y zonas de infiltración, dado que la literatura señala que estos factores incrementan el riesgo de contaminación del recurso hídrico (Morin-Crini et al., 2022).

El análisis se basó exclusivamente en información secundaria oficial, por lo que los resultados dependen de la actualización y precisión de los registros disponibles. No se realizaron mediciones directas de caudal ni de calidad del agua en campo, por lo que el estudio se limita a la identificación y distribución espacial de las descargas registradas. No obstante, esta aproximación es adecuada para la elaboración de diagnósticos territoriales preliminares y para la identificación de municipios prioritarios en materia de saneamiento.

RESULTADOS

El análisis de las descargas de aguas residuales registradas en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) permitió identificar 90 descargas distribuidas en los municipios que integran la Zona Metropolitana de Oaxaca, lo que evidencia una presión considerable sobre los sistemas hidrológicos regionales. (Tabla 1)

Tabla 1.- Número de descargas de aguas residuales registradas por municipio en la Zona Metropolitana de Oaxaca

Municipio	Superficie (ha)	Número de descargas	% del total
Oaxaca de Juárez	8,952.54	8	8.9
San Andrés Ixtlahuaca	2,881.05	0	0
San Jacinto Amilpas	415.64	1	1.1
San Lorenzo Cacaotepec	2,760.42	4	4.4
San Pablo ETLA	4,436.66	11	12.2

Municipio	Superficie (ha)	Número de descargas	% del total
San Pedro Ixtlahuaca	2,571.44	1	1.1
Santa Cruz Amilpas	227.39	1	1.1
Santa Lucía del Camino	943.66	6	6.7
Santa María Atzompa	3,129.98	6	6.7
San Agustín Yatareni	639.69	2	2.2
San Andrés Huayapam	2,757.60	1	1.1
San Sebastián Tutla	732.94	2	2.2
Santa María del Tule	1,680.23	3	3.3
Santo Domingo Tomaltepec	3,054.27	1	1.1
Tlaxiactac de Cabrera	8,152.51	6	6.7
Cuicilápam de Guerrero	4,979.88	4	4.4
San Antonio de la Cal	1,100.05	1	1.1
San Bartolo Coyotepec	3,136.58	6	6.7
Ánimas Trujano	302.03	2	2.2
San Raymundo Jalpan	821.98	5	5.6
Santa Cruz Xoxocotlán	4,131.40	12	13.3
Santa María Coyotepec	653.88	1	1.1
Villa de Zaachila	8,142.34	4	4.4

Fuente: Datos elaborados a partir del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) y cartografía municipal de INEGI. Se observa un total de 90 descargas identificadas.

Los resultados muestran que la distribución de descargas no es homogénea dentro del territorio metropolitano, sino que presenta una concentración en los municipios con mayor desarrollo urbano y densidad poblacional.

El municipio de Santa Cruz Xoxocotlán registra el mayor número de descargas (12), seguido de San Pablo Etlá (11) y Oaxaca de Juárez (8). Estos municipios concentran una parte importante de las actividades urbanas, comerciales y de servicios de la zona metropolitana, lo que se refleja en una mayor generación de aguas residuales.



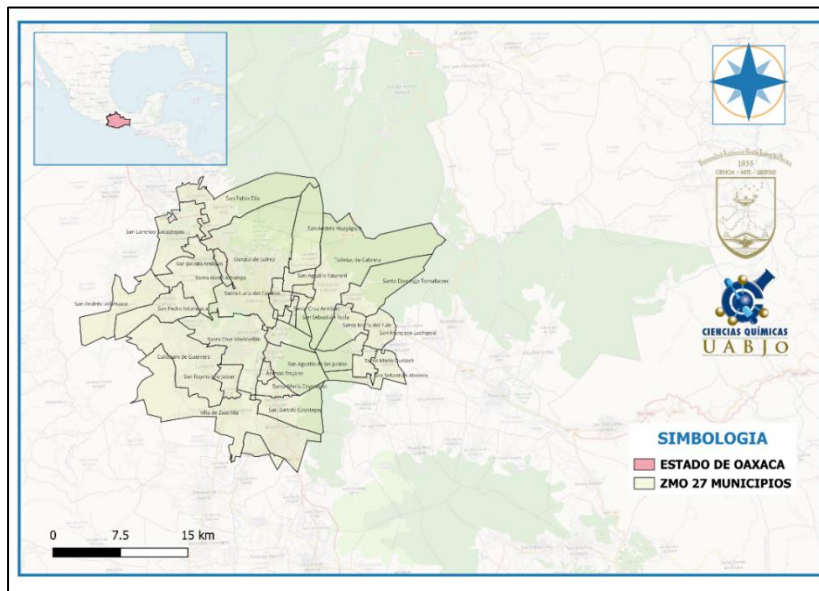
Asimismo, municipios como Santa Lucía del Camino, Santa María Atzompa, Tlaxiaco de Cabrera y San Bartolo Coyotepec presentan seis descargas registradas cada uno, lo que indica una presión hídrica relevante en el corredor urbano que rodea a la ciudad de Oaxaca.

En contraste, algunos municipios no presentan registros de descargas en el REPDA, lo cual podría asociarse a una menor densidad poblacional, ausencia de infraestructura registrada o posibles subregistros administrativos.

El análisis espacial representado en los mapas elaborados mediante sistemas de información geográfica evidencia que las descargas se concentran principalmente en el corredor urbano central de la zona metropolitana, donde se localiza la mayor parte de la infraestructura urbana y la red de alcantarillado.

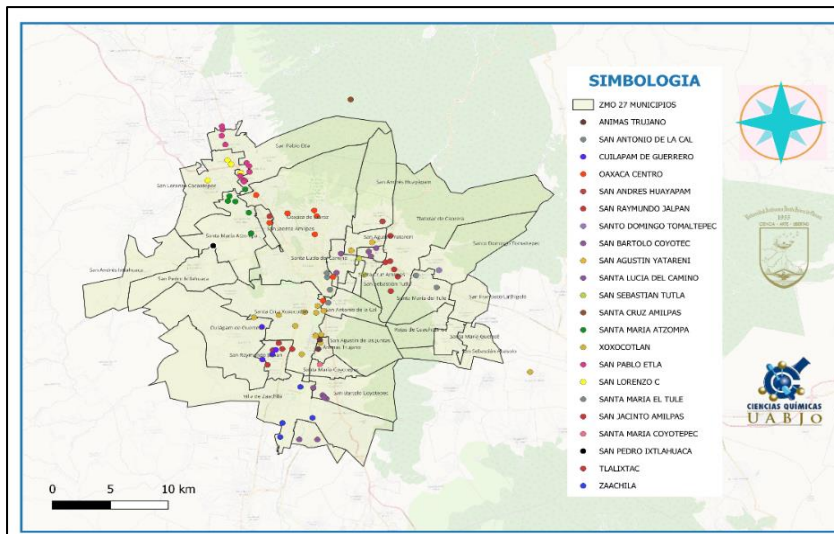
Adicionalmente, la cartografía muestra que varias de estas descargas se encuentran en proximidad directa con los sistemas hidrológicos regionales, particularmente en las cuencas del río Atoyac y del río Salado, lo que incrementa el riesgo de transporte de contaminantes hacia los cuerpos de agua superficiales.(Figura 1,2 y 3)

Figura 1. Localización de la Zona Metropolitana de Oaxaca dentro del estado de Oaxaca y delimitación de los municipios que la integran.



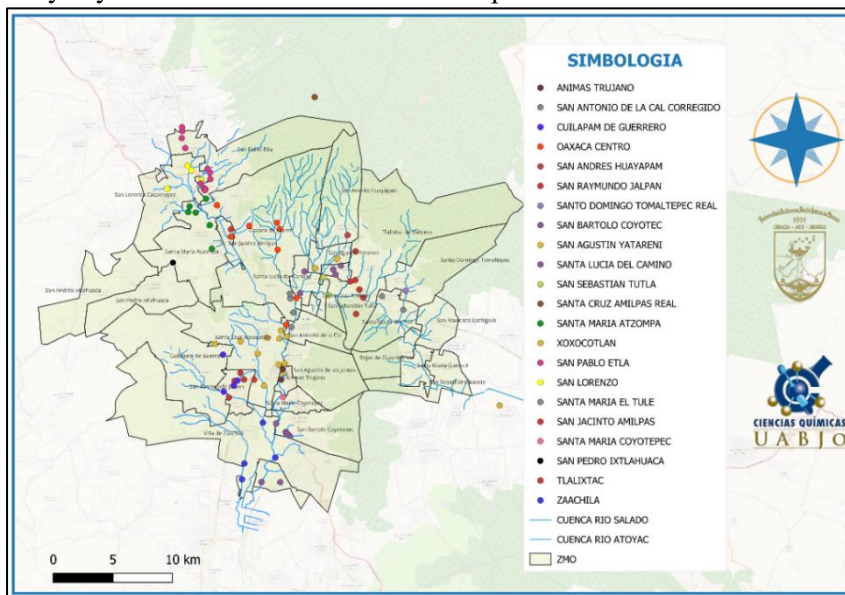
Fuente: M en C Erik Martínez Torres, QGIS, en el mapa se observan los 27 municipios de la ZMO

Figura 2. Distribución espacial de las descargas de aguas residuales registradas en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) dentro de la Zona Metropolitana de Oaxaca.



Fuente: M en C Erik Martinez Torres, QGIS, en el mapa se observan las descargas de AR de los municipios de la ZMO

Figura 3. Relación espacial entre las descargas de aguas residuales y las cuencas hidrológicas del río Atoyac y del río Salado en la Zona Metropolitana de Oaxaca.



Fuente: M en C Erik Martinez Torres, QGIS, en el mapa se observan la correlación de las descargas de AR de los municipios de la ZMO con las cuenca del rio salado y atoyac.

Analisis

Los resultados obtenidos permiten identificar una clara relación entre el crecimiento urbano y la generación de descargas de aguas residuales en la Zona Metropolitana de Oaxaca.

La mayor concentración de descargas en municipios urbanos confirma que el aumento de la población y de las actividades económicas genera una mayor producción de aguas residuales, lo que incrementa la presión sobre la infraestructura de saneamiento y los cuerpos receptores.

Además, la proximidad espacial de varias descargas con los sistemas hidrológicos regionales sugiere que los ríos metropolitanos podrían estar recibiendo una carga significativa de contaminantes provenientes de actividades urbanas. Este patrón es consistente con lo observado en otras ciudades, donde los ríos que atraviesan zonas urbanizadas tienden a concentrar mayores niveles de contaminación debido a la descarga continua de aguas residuales domésticas e industriales.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio indican que una parte importante de las descargas de aguas residuales identificadas en la Zona Metropolitana de Oaxaca se localizan dentro de las cuencas del río Atoyac y del río Salado, lo que sugiere que estos sistemas fluviales podrían estar recibiendo una carga considerable de contaminantes provenientes de las actividades urbanas.

Diversas investigaciones han documentado que los ríos urbanos se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables frente a los procesos de contaminación asociados al crecimiento de las ciudades. En este sentido, Paul y Meyer (2001) señalan que la urbanización genera alteraciones significativas en los sistemas fluviales, debido a la descarga continua de aguas residuales, escorrentía urbana y contaminantes derivados de las actividades humanas.

De manera similar, Carey y Migliaccio (2009) destacan que los efluentes provenientes de descargas municipales pueden incrementar significativamente las concentraciones de nutrientes, materia orgánica y microorganismos en los cuerpos de agua, lo que afecta la calidad del agua y altera los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos.

En el contexto latinoamericano, el problema de la contaminación de ríos por descargas urbanas ha sido ampliamente documentado. Morin-Crini et al. (2022) señalan que en muchas ciudades de la región una parte considerable de las aguas residuales se descarga sin tratamiento adecuado, lo que genera impactos acumulativos en los ecosistemas acuáticos y en la salud pública.

En México, varios estudios han identificado que los ríos que atraviesan zonas urbanas presentan altos niveles de contaminación debido a las descargas de aguas residuales municipales. Este fenómeno se relaciona con el crecimiento acelerado de las ciudades y con las limitaciones en la infraestructura de tratamiento de aguas residuales, lo que provoca que una parte importante de los efluentes termine descargándose en cuerpos de agua superficiales.



En el caso de la Zona Metropolitana de Oaxaca, la concentración de descargas identificada en este estudio confirma la presión que el crecimiento urbano ejerce sobre los sistemas hidrológicos regionales. La proximidad de varias descargas al río Atoyac, uno de los principales cuerpos de agua del valle de Oaxaca, sugiere la necesidad de fortalecer las estrategias de gestión y saneamiento para reducir los impactos ambientales asociados a estas descargas.

CONCLUSIONES

El análisis de las descargas de aguas residuales registradas en el Registro Público de Derechos de Agua permitió identificar la distribución espacial de estas fuentes de contaminación en la Zona Metropolitana de Oaxaca.

Los resultados muestran que las descargas se concentran principalmente en los municipios con mayor nivel de urbanización, particularmente en Santa Cruz Xoxocotlán, San Pablo Etla y Oaxaca de Juárez, lo que refleja la relación entre crecimiento urbano y generación de aguas residuales.

El análisis espacial evidenció además que varias de estas descargas se encuentran dentro de las cuencas del río Atoyac y del río Salado, lo que representa un riesgo potencial para la calidad del agua de estos sistemas fluviales.

Los hallazgos obtenidos aportan información relevante para la gestión del agua en la región, ya que permiten identificar áreas prioritarias para la implementación de estrategias de saneamiento, monitoreo ambiental y planificación territorial.

Finalmente, el uso de herramientas geospaciales combinado con bases de datos oficiales como el REPDA demuestra ser una metodología útil para analizar la distribución de descargas de aguas residuales y apoyar la toma de decisiones en materia de gestión ambiental y recursos hídricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bernal, D., Restrepo, I., & Grueso-Casquete, S. (2021). Key criteria for considering decentralization in municipal wastewater management. *Heliyon*, 7(3), e06375. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06375>
- Carey, R. O., & Migliaccio, K. W. (2009). Contribution of wastewater treatment plant effluents to nutrient dynamics in aquatic systems. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 617–623. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.08.015>



- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). Sistema Nacional de Información del Agua: descargas de aguas residuales. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-del-agua>
- Gobierno del Estado de Oaxaca. (2025). Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Oaxaca (POZMO). <https://www.oaxaca.gob.mx/sinfra/wp-content/uploads/sites/14/2025/07/Documento-POZMO.pdf>
- Hernández-Romero, A. H., Tovilla-Hernández, C., Malo, E. A., & Bello-Mendoza, R. (2004). Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. *Ecological Indicators*, 4(4), 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2003.11.001>
- Jhansi, S., & Mishra, S. K. (2013). Wastewater treatment and reuse: Sustainability options. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 10, 1–15.
- Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Fourmentin, M., Ribeiro, A. R., Noutsopoulos, C., Mapelli, F., ... & Crini, G. (2022). Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2311–2338. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01297-6>
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
- Rizo-Decelis, L. D., & Andreo, B. (2016). Water quality assessment of the Santiago River downstream Guadalajara City, Mexico. *River Research and Applications*, 32, 1505–1516. <https://doi.org/10.1002/rra.2985>
- Rodríguez, C., Mendoza, A., & Hernández, L. (2023). Why are municipal wastewater treatment plants abandoned in Mexico? *Water Resources and Economics*, 41, 100226. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2023.100226>
- Rojas-Caldelas, R., Peña-Salmon, C., Corona-Zambrano, E., Arias-Vallejo, A., & Leyva-Camacho, O. (2013). Environmental sustainability agenda: Metropolitan Area of Mexicali, Mexico. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 173, 267–277. <https://doi.org/10.2495/EID130231>
- Sepúlveda-Jauregui, A., Hoyos-Santillan, J., Gutiérrez-Mendieta, F., Torres-Alvarado, R., Dendooven, L., & Thalasso, F. (2013). The impact of anthropogenic pollution on limnological characteristics



- of a subtropical reservoir in Mexico. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 2013(408), 04. <https://doi.org/10.1051/kmae/2013067>
- Sosa-Rodríguez, F. S., Chaparro-Herrera, D. J., Vázquez-Arenas, J., Arias, A. N., & Alva-Martínez, A. F. (2024). Construction of wetlands in La Piedad Lagoon: A strategy to mitigate climate change in Mexico. *Blue-Green Systems*. <https://doi.org/10.2166/bgs.2024.022>
- Tong, S. T. Y., & Chen, W. (2002). Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Water Research*, 36(14), 3463–3472. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00392-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00392-4)
- Tsuzuki, Y., & Koottatep, T. (2010). Water pollutant discharge indicator estimation and water quality prediction in Bangkok, Thailand. *Journal of Water and Environment Technology*, 8(1), 51–75. <https://doi.org/10.2965/jwet.2010.51>

