

En López Pérez Sócrates, Guerrero Escamilla Juan Bacilio, Bass Zavala Sonia y Vite Vega Jennifer, *Las experiencias de investigación en el análisis territorial 2025*. Naucalpan (México): Lito-Grapo S.A. de C.V..

Economía Regional para la Modernización de la Política Subnacional: Una Propuesta de Aplicación para el Manejo de Aguas Residuales en Veracruz, México.

Lagunes-Gómez, Isabel y Hernández y Orduña, María Graciela.

Cita:

Lagunes-Gómez, Isabel y Hernández y Orduña, María Graciela (2025). *Economía Regional para la Modernización de la Política Subnacional: Una Propuesta de Aplicación para el Manejo de Aguas Residuales en Veracruz, México*. En López Pérez Sócrates, Guerrero Escamilla Juan Bacilio, Bass Zavala Sonia y Vite Vega Jennifer *Las experiencias de investigación en el análisis territorial 2025*. Naucalpan (México): Lito-Grapo S.A. de C.V..

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/isabel.lagunes/2>

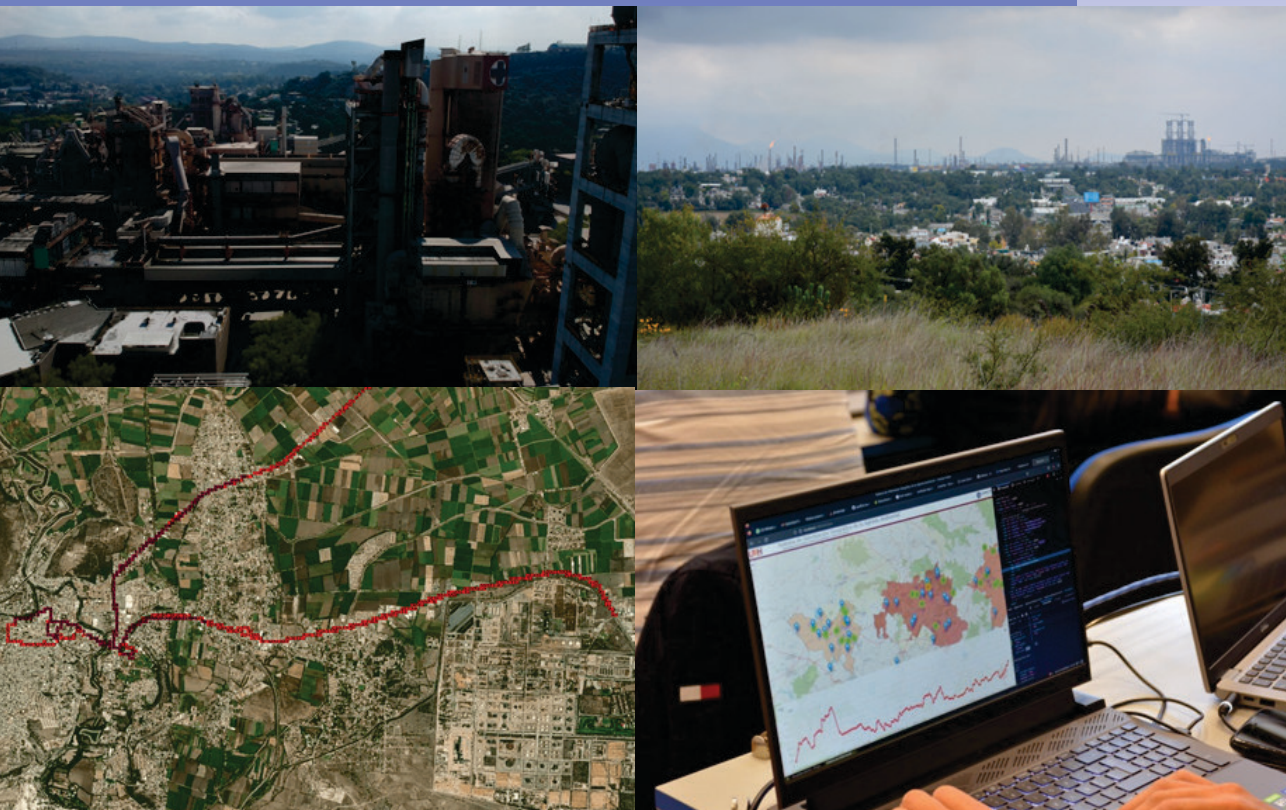
ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/psmA/EvM>

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

Las experiencias de investigación en el análisis territorial 2025

Sócrates López Pérez
Juan Bacilio Guerrero Escamilla
Sonia Bass Zavala
Jennifer Vite Vega

Coordinadores



CONAHCYT

UJO - GRAPO
S.A. de C.V.



Las experiencias de investigación en el análisis territorial 2025

Las experiencias de investigación en el análisis territorial 2025

Sócrates López Pérez
Juan Bacilio Guerrero Escamilla
Sonia Bass-Zavala
Jennifer Vite Vega



CONAHCYT





IMPRESO EN MÉXICO
PRINTED IN MEXICO

Cerros de Tabasco 85
Naucalpan, Edo. de México

Primera edición, junio de 2025

Esta obra fue **revisada por pares ciegos** con un grupo de especialistas del tema y creado específicamente para la presente obra, bajo el formato de dictamen del Laboratorio de Análisis Territorial, del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades de la UAEH. La edición, estuvo a cargo del grupo de investigadoras asociados CONAHCyT del proyecto.

© 2025 Por características tipográficas y de diseño editorial
Lito-Grapo S.A. de C.V.

© 2025 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Abasolo 600, centro. Pachuca Hidalgo, México, C.P. 42000

Derechos reservados conforme a la ley

ISBN: 978-607-5920-16-0

La presente obra es un producto complementario para mejorar el desarrollo urbano de la ciudad y proponer acciones de intervención para asegurar ciudades seguras e incluyentes, del proyecto de investigación.

Los resultados, metodología, elaboración, organización y sistematización de datos, las conclusiones y el contenido específico del estudio es responsabilidad del grupo de investigación de la UAEH.

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA SISTEMA DE FONDOS

Fondo: FOP04 Convocatoria: FOP04-2021-01

Solicitud: 000000000315834 Modalidad: B2

Libro publicado dentro del proyecto: Agenda de intervención para incidir en la mitigación y adaptación del Cambio Climático para mejorar la calidad del aire y la salud en tres Zonas Metropolitanas del estado de Hidalgo.

Proponente 1800184 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

ECONOMÍA REGIONAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA POLÍTICA SUBNACIONAL: UNA PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN VERACRUZ, MÉXICO

ISABEL LAGUNES GÓMEZ¹

MARÍA GRACIELA HERNÁNDEZ Y ORDUÑA²

RESUMEN

El estudio incorpora un enfoque metodológico basado en la economía regional, reconociendo que ciertos fenómenos de interés público y académico se distribuyen de manera desigual en el territorio. Esto aporta conocimiento pertinente y novedoso al análisis socioambiental del desarrollo regional en México, con una base científica sólida y rigurosa. Analiza la gestión de aguas residuales municipales en el estado de Veracruz de 2012 a 2022, evaluando si el problema se extiende más allá de los límites municipales. Emplea un enfoque cuantitativo, correlacional y longitudinal, considerando las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación y los Puntos de Descarga de Aguas Residuales sin Tratamiento como indicadores clave. Se confirma una autocorrelación espacial positiva en las plantas de tratamiento, indicando una propagación del problema entre municipios vecinos. Se incluyen recomendaciones para la toma de decisiones y la formulación políticas basadas en evidencia en el manejo del agua residual en Veracruz, priorizando las áreas críticas. Tam-

¹ Centro de Investigaciones Socioeconómicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah., México. <https://orcid.org/0000-0002-4631-4385>

² Academia de Desarrollo Regional Sustentable, El Colegio de Veracruz. Xalapa, Ver., México /TecNM Campus Mérida. Mérida, Yuc. <https://orcid.org/0000-0003-2958-9907>.

Autora de correspondencia: gracielahernandezorduna@gmail.com

bién se sugiere replicar prácticas exitosas, mejorar la operatividad y el mantenimiento de la infraestructura existente, y explorar opciones sostenibles para incrementar la infraestructura de tratamiento.

Palabras Clave: Aguas residuales; Desarrollo regional y local; Indicadores ambientales; Infraestructura urbana

INTRODUCCIÓN

Considerando que ciertos fenómenos de interés público y académico se distribuyen de manera desigual en el territorio (Giraudy, Moncada, Snyder, et al., 2021, p. 4), este estudio aporta conocimiento pertinente y novedoso al análisis socioambiental del desarrollo regional en México, basado en una metodología sólida y científicamente rigurosa. Utilizando como referente el manejo de Aguas Residuales municipales, demuestra cómo la economía regional puede ayudar a reconocer la diversidad y complejidad de los problemas socioambientales proporcionando una base científica para diseñar estrategias diferenciadas. Esta aproximación puede contribuir a implementar políticas subnacionales basadas en evidencia. Al aplicar métodos económicos a estos desafíos, ofrecemos información valiosa para los responsables de la toma de decisiones, lo que les permite dirigir las intervenciones públicas de manera más precisa, adaptándolas a las diversas realidades territoriales. Decidir la política considerando la información que proporciona la economía regional, ayuda a alejarse de las abstracciones y a ver cómo los sistemas político-institucionales podrían responder a las complejidades de la realidad, como recomienda Miceli (2022).

El acceso a agua limpia y segura es un derecho humano fundamental, reconocido tanto a nivel nacional como internacional. En México, la Constitución Política Federal (Congreso Constituyente, 1917) establece en su artículo 115 que los municipios son los principales responsables del tratamiento de aguas residuales. En concordancia, la Ley de Aguas Nacionales (Congreso de la Unión, 1992) y las leyes estatales en materia de aguas, establecen que el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales es de utilidad pública e imponen obligaciones específicas a los municipios, así

como la responsabilidad concurrente de la federación y las entidades federativas.

A pesar de estas disposiciones legales y de las consecuencias del manejo deficiente de las aguas residuales a la salud (Cifuentes et al., 1991, 1993; De Anda & Shear, 2008; González González & Chiroles Rubalcaba, 2011; Lesser et al., 2018) mainly of fodder and cereal crops in the Mezquital Valley. A cross-sectional study method is being used to test the impact of exposure to raw wastewater and wastewater from storage reservoirs on diarrhoeal disease and parasitic infections in farmworkers and their families. The study population in the rainy season survey included 1 900 households: 680 households where the farmworker is exposed to untreated wastewater (exposed group y al ambiente (Lesser et al., 2018) groundwater is extracted for human consumption, and there are plans to use this groundwater as a water resource for Mexico City. Thus, this study analyzed 218 organic micro-contaminants in wastewater, springs, and groundwater from Mezquital Valley. Five volatile organic compounds (VOCs, la capacidad de tratamiento de aguas residuales presenta desafíos significativos. Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, s. f.), entre 1998 y 2018 se observó un aumento en el porcentaje de agua residual municipal tratada a nivel nacional del 17.09% al 58.45%, pero de 2018 a 2020 se registró una reducción al 51.72%. En el estado de Veracruz, en 2022 solo 45 de los 212 municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales en operación (INEGI, 2024), y la cantidad de puntos de descarga de aguas residuales sin tratar se incrementó de 201 en 2018 (INEGI, 2020b) a 562 en 2020 (INEGI, 2022).

A nivel internacional, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 busca garantizar el acceso a agua limpia y saneamiento para todos, con metas como reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales no tratadas para 2030 (CEPAL, 2016). A nivel nacional, el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (Secretaría de Gobernación, 2019) y el Programa Nacional Hídrico 2020-2024 (CONAGUA, 2020) buscan promover el tratamiento de aguas residuales en México. Sin embargo, los gobiernos de nivel subnacional pueden no evidenciar el mismo compromiso que el gobierno federal, tal es el caso

del estado de Veracruz, cuyo Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024 (Poder Ejecutivo, 2019) no incluye objetivos específicos en este sentido, incumpliendo la legislación en materia de planeación del desarrollo y del derecho al acceso justo y sostenible al agua.

MARCO TEÓRICO

Casiano Flores (2023) sostiene que la investigación de la política de tratamiento de aguas residuales enfocada en los niveles de gobierno subnacional puede proporcionar información valiosa para mejorar el tratamiento de aguas residuales en México, aunque reconoce que los estudios con este enfoque son limitados. Por otro lado, Acevedo Bohórquez y Velásquez Ceballos (2008), Giraudy et al. (2021), y Harbers e Ingram (2019) coinciden en que analizar disciplinadamente la política subnacional implica evaluar los efectos espaciales, ya que esta información representa un insumo valioso para formular estrategias de corrección basadas en evidencia, congruentes con la manifestación territorial del problema. De ahí que, al comprender mejor cómo se propaga el problema entre unidades espaciales subnacionales, las autoridades locales pueden implementar medidas preventivas y correctivas de manera más efectiva.

En el caso del manejo de aguas residuales municipales, identificar patrones de correlación en municipios permite evaluar la capacidad local y comprender sus efectos regionales, es decir, cómo la capacidad de un municipio puede afectar a sus vecinos. Internacionalmente, el enfoque espacial se ha aplicado al estudio del manejo de aguas residuales en países como China (An et al., 2018; Wang et al., 2021; Yan et al., 2019), Ecuador (García Vélez & Macao Guzhñay, 2023), e Irán (Sadeghfam & Abadi, 2021).

En la revisión de la literatura, se encontró que, aunque hay interés académico en el manejo de aguas residuales municipales en Veracruz, los estudios carecen de un enfoque espacial. Estos se enfocan principalmente en evaluar métodos de tratamiento (Barrera Bernal et al., 2008; López-Ramírez et al., 2022; Menchaca Dávila, 2018; Sandoval Herazo et al., 2023; Sandoval-Herazo et al., 2018), y el funcionamiento de plantas de trata-

miento en operación (Chávez Reyes, 2018; Cruz Lezama et al., 2006), así como en las capacidades gubernamentales para garantizar el acceso al agua y saneamiento, pero sin considerar específicamente el tratamiento de aguas residuales (Domínguez Serrano, 2010). Se identificó un solo estudio en México con un enfoque espacial realizado por Hecker et al. (2020), el cual utilizó un Modelo Autorregresivo Espacial (SAR) para analizar la relación espacial de las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación en los municipios mexicanos en 2010, y encontró que el tratamiento de aguas residuales en un municipio mexicano afecta a los municipios vecinos.

Este estudio aborda esta limitante en el conocimiento al analizar los patrones espaciales del manejo de aguas residuales municipales en Veracruz entre 2012 y 2022 con el fin de ofrecer información que apoye la toma de decisiones en política. A diferencia del estudio de Hecker et al. (2020), este trabajo es de alcance subnacional y utiliza el índice de Moran como técnica de análisis exploratorio espacial. Además, analiza longitudinalmente dos variables [Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) Municipales en operación y Puntos de Descarga de Aguas Residuales (PDARs) sin tratamiento] tomadas del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México en sus ediciones 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 y 2021. En el aparatado final, los hallazgos se utilizan para formular conclusiones y recomendaciones para la acción gubernamental con el objetivo de mejorar la gestión y el tratamiento de las aguas residuales con enfoque regional.

METODOLOGÍA

La primera ley de la geografía de Waldo Tobler afirma que “todo está relacionado con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas lejanas” [“everything is related to everything else but near things are more related than distant things.” (Tobler, 2004, p. 304)]. En el manejo estratégico de aguas residuales, este principio cobra relevancia, pues la contaminación en un municipio puede afectar directamente a los vecinos

debido a la conectividad de las cuencas hidrográficas. Cuando las aguas residuales no se tratan adecuadamente en un municipio, los contaminantes pueden fluir a través de ríos o acuíferos subterráneos, afectando regionalmente la calidad del agua. Por tanto, un enfoque espacial en el manejo de aguas residuales es esencial para comprender cómo se propaga la contaminación entre municipios y para diseñar estrategias de gestión efectivas y colaborativas.

La Autocorrelación Espacial (AE), concepto atribuido a Cliff y Ord, permite estudiar la forma en que un fenómeno se propaga entre unidades espaciales (Celemín, 2009). En este estudio, se investiga el patrón de difusión de la capacidad de manejo de aguas residuales municipales en los municipios de Veracruz (2012-2022). Se emplea un diseño de investigación no experimental longitudinal con enfoque cuantitativo y de alcance correlacional. El método utilizado es el Análisis Subnacional (ASN), con la técnica de Análisis Exploratorio de Datos Espaciales usando el Índice de Moran (de Moran) calculado en el software GeoDa. Las unidades espaciales son los 212 municipios de Veracruz, en el periodo 2012 a 2020.

De acuerdo con Celemín (2009) existen distintos tipos de estadísticos o índices que permiten medir la AE cuya estructura general se muestra en la fórmula [1].

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} C_{ij} \quad (1)$$

Donde n es el total de unidades espaciales, w_{ij} son los elementos de una matriz de pesos espaciales cuyos valores son una función de alguna medida de contigüidad en la matriz de datos originales (*Rook*, *Bishop* o *Queen*). El valor C_{ij} es una medida de la proximidad (distancia) de los valores i y j en alguna dimensión (por ejemplo, distancia euclídea, esférica, de *Manhattan*, etc.), o cualquier distancia definida por el usuario. De esa estructura general se crearon diferentes índices para medir la AE, el primero y el más utilizado es el Índice de Moran (I de Moran).

Siguiendo a Celemín (2009), la estructura de I de Moran se presenta en la fórmula [2].

$$I = (n|S_0) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} z_i z_j / \sum_{i=1}^n z_i^2 \quad (2)$$

Donde $s_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}$ es la suma de elementos de la matriz de pesos. Las observaciones Z son las desviaciones de la media $(x_i - \bar{x})$ o $(x_j - \bar{x})$ donde x_i es el valor de la variable en una unidad espacial determinada y x_j es el valor de la variable en otra localización, normalmente las vecinas a x_i .

Para dar significancia estadística al resultado aplica una prueba de aleatoriedad espacial completa (CSR) en la cual la hipótesis nula (H_0) es la ausencia de AE, mientras que la hipótesis de investigación (H_a) establece que existe AE. En otras palabras, se comprueba H_0 cuando la configuración espacial se produce de manera aleatoria, y se comprueba H_a cuando la configuración espacial no se produce de manera aleatoria. En este estudio, este último caso indicaría una extensión del problema más allá de los límites municipales individuales. A partir de los resultados obtenidos, se ofrecen conclusiones y recomendaciones para la acción gubernamental con el fin de mejorar el manejo de aguas residuales con enfoque regional.

Para estudiar la capacidad de tratamiento de aguas residuales municipales, se emplearon como indicadores las variables Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) Municipales en operación y Puntos de Descarga de Aguas Residuales (PDARs) sin tratamiento. Estos indicadores se sometieron a pruebas de hipótesis. Los datos para el análisis se extrajeron del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México en sus ediciones 2011 (INEGI, 2011), 2013 (INEGI, 2013), 2015 (INEGI, 2015), 2017 (INEGI, 2017), 2019 (INEGI, 2020b) y 2021 (INEGI, 2022). Como base cartográfica se usó el Marco Geoestadístico del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020a).

ANÁLISIS DE CASOS

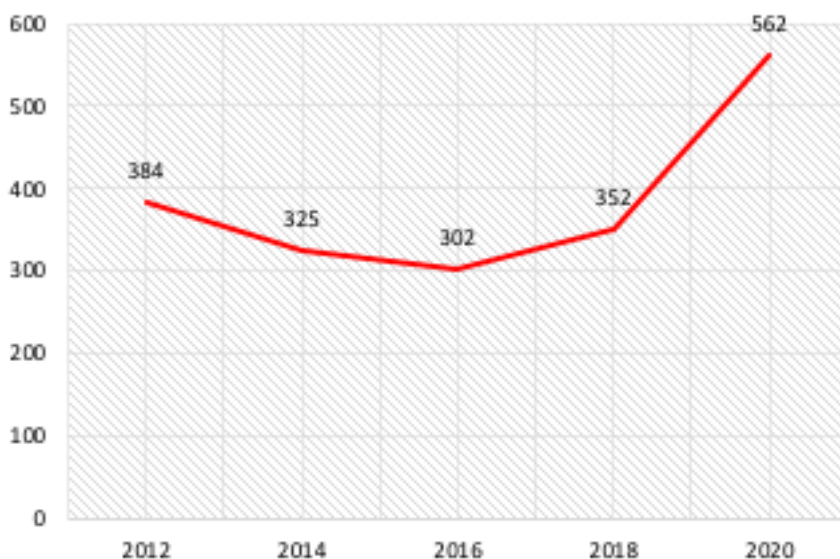
Puntos de Descarga de Aguas Residuales (PDARs) sin tratamiento

Debido a que en el Censo 2010, el 43.3% de los municipios no proporcionaron datos sobre los PDARs sin tratar, marcándolos como “no disponible,” “no aplica” o “-”, se utilizó el Censo de 2012 como punto de partida para la comparación histórica de esta variable. Como punto final se empleó el Censo de 2021, ya que el Censo de 2023 aún no ha publicado estos datos desglosados por municipio.

Como resultado de este ejercicio, entre 2012 y 2020, a nivel global, se registró un preocupante aumento del 146.35% en los PDARs sin tratamiento en la entidad federativa, lo que sugiere un retroceso significativo en las prácticas de gestión de aguas residuales (Figura 1).

Figura 1.

PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO
EN EL ESTADO DE VERACRUZ, 2012 - 2020



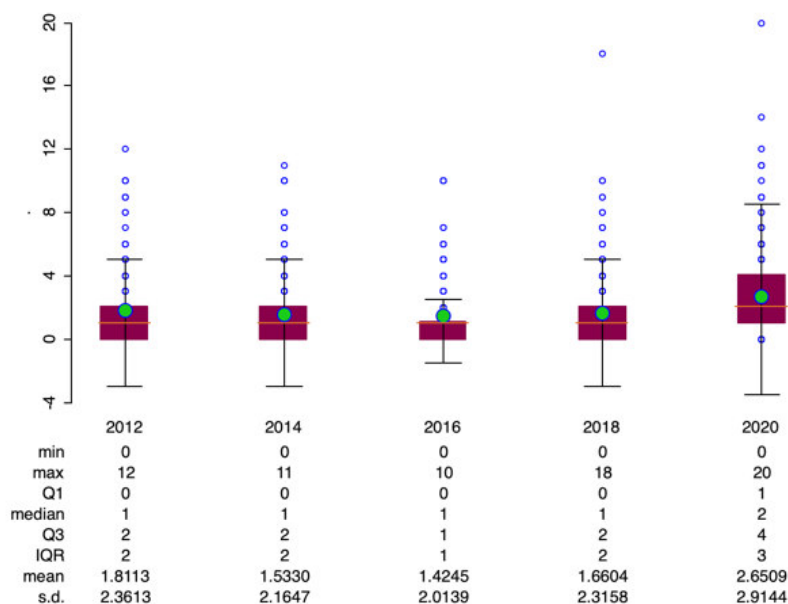
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2013, 2015, 2017, 2020b, 2022)

La mayoría de los municipios (129) experimentó un incremento en sus PDARs sin tratar, mientras que solo un reducido número (17) logró disminuirlos. El número máximo de PDARs sin tratar aumentó de 12 a 20, y el promedio por municipio se elevó de 1.8 a 2.7 (Figura 2). Además, se observó un aumento en la desviación estándar de 2.36 a 2.91 (Figura 2).

Estos datos sugieren un deterioro en las capacidades de manejo de aguas residuales en los municipios de la entidad federativa y mayor desigualdad de capacidades entre ellos.

Figura 2.

GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES DE LOS PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO EN EL ESTADO DE VERACRUZ, 2012-2020

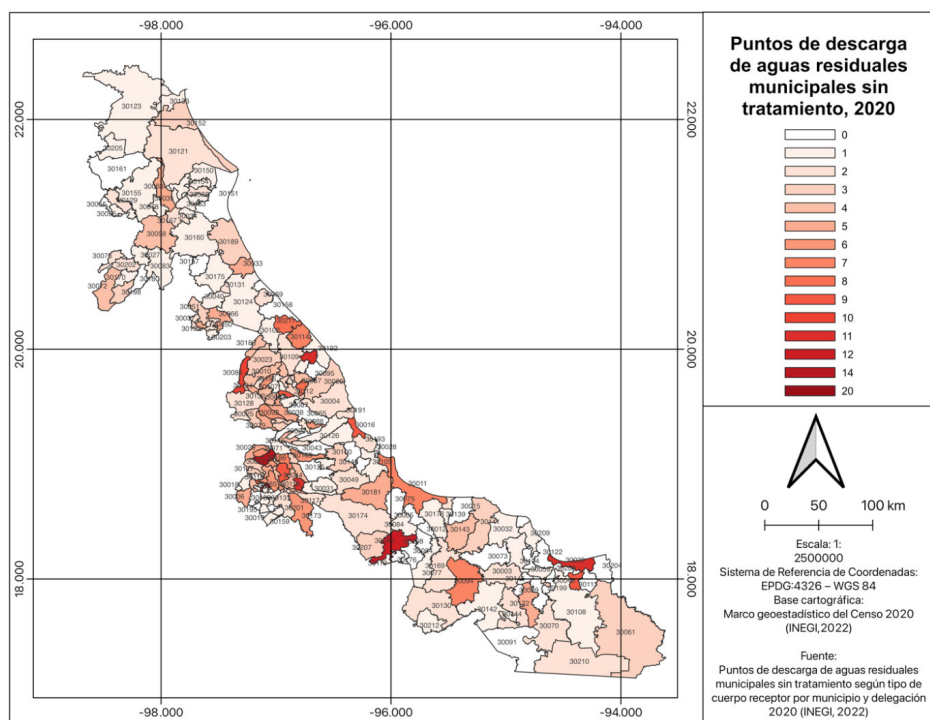


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2013, 2015, 2017, 2020b, 2022)

En la Figura 3 se muestran el mapa de los PDARs sin tratar en 2020. Se utilizó un gradiente de color de blanco a rojo para representar la intensidad de la variable. En este mapa se observa una mayor concentración de tonos rojos en el centro de la entidad, lo que sugiere prácticas de manejo más deficientes.

Figura 3.

MAPA DE PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO, 2020



Nota: Los siguientes municipios no cuentan con servicio de drenaje y alcantarillado de la red pública y por tanto no reportan PDARs sin tratar: Acula (30005), Angel R. Cabada (30015), Comapa (30043), Chacaltianguis (30054), Chiconamel (30056), Hueyapan de Ocampo (30073), Jamapa (30090), Magdalena (30098), Pajapan (30122), Soledad Atzompa (30147), Tempoal (30161), Texhuacán (30171), Tlacojalpan (30176), y Tuxtilla (30190)

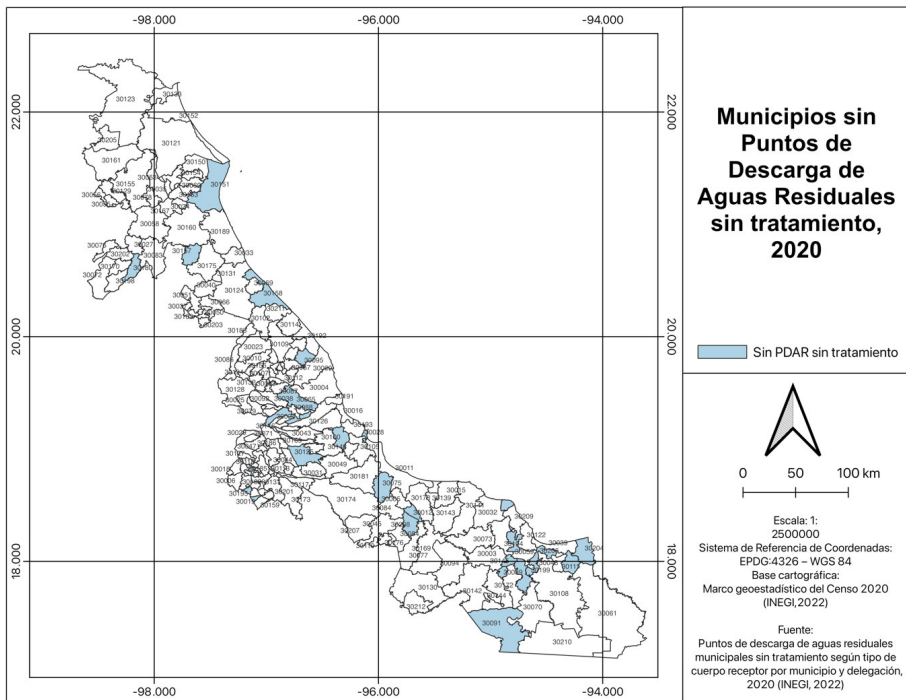
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2022)

Los 14 municipios sin drenaje ni alcantarillado, aunque no se consideran oficialmente con PDARs sin tratar, representan un riesgo ambiental y de salud pública. Es crucial tomar medidas urgentes no solo para reducir los PDARs sin tratar, sino también para mejorar esta infraestructura. Cuando no hay sistemas de drenaje y alcantarillado, es común que las aguas residuales se acumulen en el suelo o se descarguen directamente en cuerpos de agua, aumentando el riesgo de contaminación y propagación de enfermedades. La Figura 4, que excluye estos municipios, permite ofrecer un

panorama más preciso de los 24 municipios que gestionan con eficiencia el problema ya que no cuentan con PDARs sin tratar: Amatlán (30012), Astacinga (30019), Tlaltetela (30024), Boca del Río (30028), Cosoleacaque (30048), Emiliano Zapata (30065), Huiloapan de Cuauhtémoc (30074), Ignacio de la Llave (30075), Jáltipan (30089), Jesús Carranza (30091), Juchique de Ferrer (30095), Manlio Fabio Altamirano (30100), Mecayapan (30104), Moloacán (30111), Oluta (30116), Paso del Macho (30125), Soconusco (30145), Tamiahua (30151), Castillo de Teayo (30157), Tecolutla (30158), Tlachichilco (30180), Xoxocotla (30195), Agua Dulce (30204), y Carlos A. Carrillo (30208).

Figura 4.

MAPA DE MUNICIPIOS SIN PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO, 2020 (SE EXCLUYEN MUNICIPIOS SIN SERVICIO DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO DE LA RED PÚBLICA)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2022)

Para analizar la influencia espacial de la variable, se calculó el de Moran univariante con una matriz de pesos de vecindad contigüidad física Reina (*Queen*) de primer orden (Tabla 1).

Tabla 1.
MATRIZ TIPO REINA DE PRIMER ORDEN

<i>Propiedad</i>	<i>Valor</i>
Tipo	Reina
Simetría	Simétrica
Archivo	30mun.gal
Variable de identificación	CVEGEO
Orden	1
# Observaciones	212
Vecinos mínimos	1
Vecinos máximos	12
Vecinos promedio	5,15
Vecinos mediana	5,00
% No nulo	2,43%

Fuente: Elaborado en GeoDa con base en INEGI (2020a)

Se estableció un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de 0.05 y se realizó una prueba de aleatoriedad espacial completa [*Complete Spatial Randomness (CSR)*](Getis, 2010; Siabato & Guzmán-Manrique, 2019) utilizando la simulación Monte Carlo (Anselin et al., 2010; Celemín, 2009) con 999 permutaciones.

Los resultados de estos cálculos se presentan en la Tabla 2.

En esta prueba si la puntuación z-value o el p-value indican una significancia estadística se puede rechazar la hipótesis nula. Puesto que ningún p-value es menor que 0.05 y ningún z-value alcanza el 1.96 necesario para construir una distribución con el valor de confianza y significancia establecidos (Johnson & Kuby, 2008, p. 663); se comprueba para todos los cortes temporales. En consecuencia y de acuerdo con los tres patrones espaciales básicos (Siabato & Guzmán-Manrique, 2019), de forma general

podemos concluir que la variable PDARs sin tratamiento se comporta de manera aleatoria en el espacio. El resultado del análisis es estadísticamente significativo dado un nivel de confianza de 95%.

Tabla 2.
PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

<i>Variable</i>	<i>de Moran</i>	<i>p-value</i>	<i>z-value</i>
PDARs sin tratamiento, 2020	0.059	0.070	1.5496
PDARs sin tratamiento, 2018	-0.011	0.465	-0.1715
PDARs sin tratamiento, 2016	0.059	0.800	1.5177
PDARs sin tratamiento, 2014	-0.067	0.610	-1.4251
PDARs sin tratamiento, 2012	0.009	0.347	0.3380

Fuente: Calculados en GeoDa con base en INEGI (2013, 2015, 2017, 2020b, 2022)

En esta prueba si la puntuación z-value o el p-value indican una significancia estadística se puede rechazar la hipótesis nula. Puesto que ningún p-value es menor que 0.05 y ningún z-value alcanza el 1.96 necesario para construir una distribución con el valor de confianza y significancia establecidos (Johnson & Kuby, 2008, p. 663); se comprueba para todos los cortes temporales. En consecuencia y de acuerdo con los tres patrones espaciales básicos (Siabato & Guzmán-Manrique, 2019), de forma general podemos concluir que la variable PDARs sin tratamiento se comporta de manera aleatoria en el espacio. El resultado del análisis es estadísticamente significativo dado un nivel de confianza de 95%.

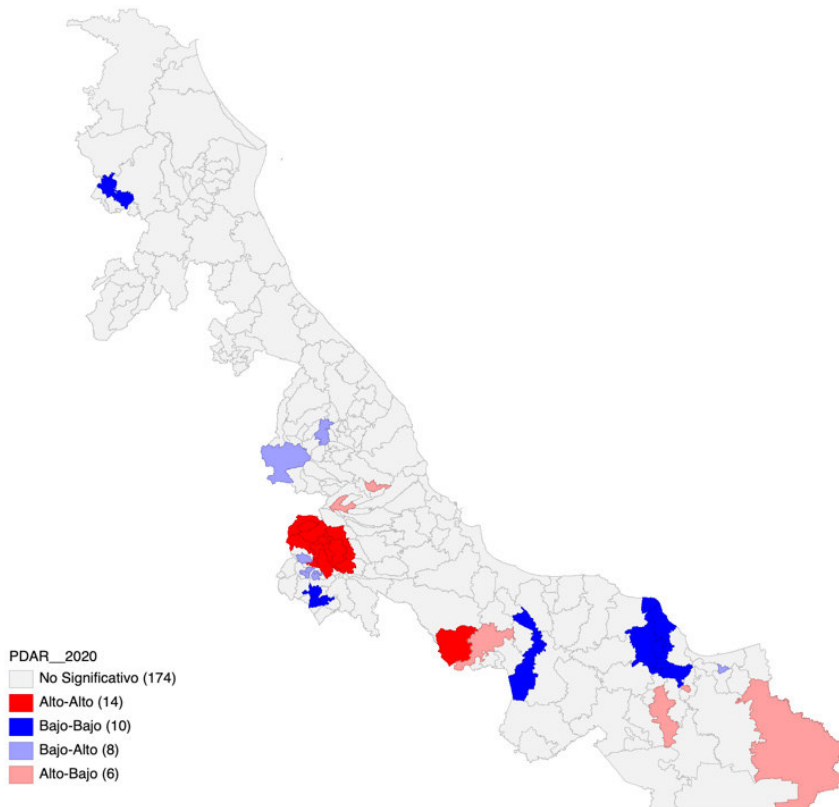
Se aplicó el Análisis de Autocorrelación Espacial Local (LISA) para el año 2020, utilizando una matriz de pesos basada en la contigüidad física *Queen* de primer orden (Tabla 1). Este análisis identificó cuatro conglomerados significativos y 174 municipios no significativos (Figura 5 y Figura 6).

El clúster Alto-Alto, compuesto por 14 municipios con una alta cantidad de PDARs sin tratar rodeados por municipios con esta misma característica representa la mayor amenaza ambiental y para la salud pública. La mayor de concentración de municipios en esta situación se presenta en la región de las Montañas.

El clúster Bajo-Alto, compuesto por 8 municipios con una baja cantidad de PDARs sin tratar, pero rodeados por municipios con una alta cantidad de PDARs sin tratar, evidencia que, a pesar de sus esfuerzos locales, están expuestos a la contaminación de sus vecinos. Esto pone en riesgo la calidad del agua y del suelo en su territorio. Por otro lado, el clúster Alto-Bajo incluye 6 municipios con una alta cantidad de PDARs sin tratar, pero rodeados por municipios con una baja cantidad de PDARs sin tratar, muestra que estos municipios podrían estar contribuyendo a la contaminación de sus vecinos. Ambos casos subrayan la importancia de abordar el problema con un enfoque regional, ya que la contaminación generada en un municipio puede afectar directamente a sus vecinos, independientemente de sus propias prácticas de gestión de aguas residuales. Por lo tanto, en estas zonas es crucial implementar políticas y programas que promuevan una gestión integral y coordinada de las aguas residuales a nivel regional para prevenir la contaminación cruzada y proteger la salud pública y el medio ambiente en todos los municipios involucrados.

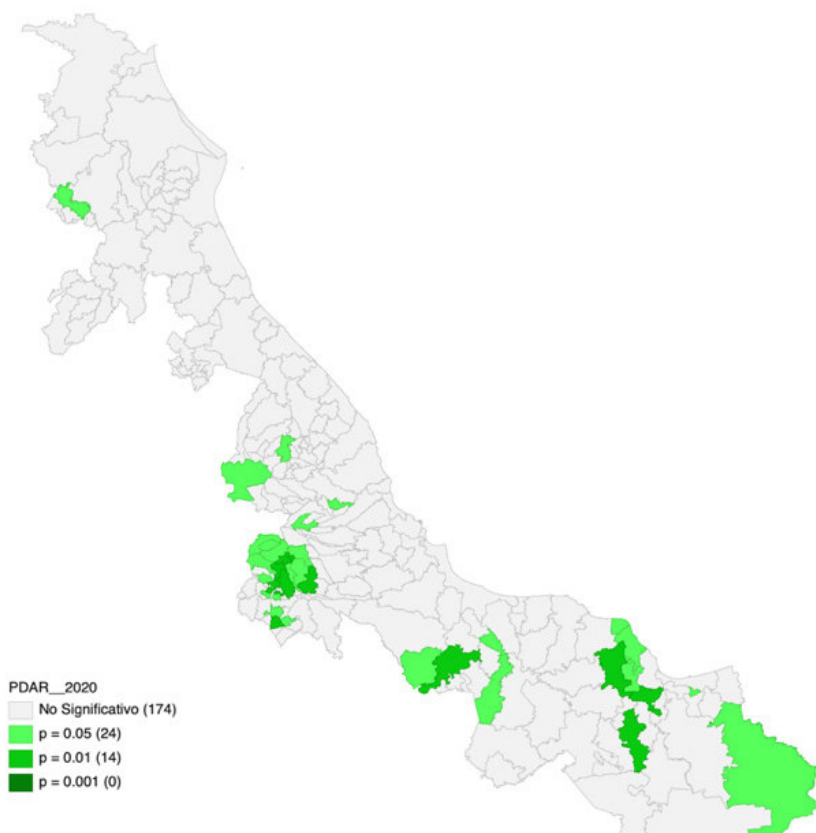
El clúster Bajo-Bajo, que abarca 10 municipios con baja cantidad de PDARs sin tratar y rodeados por municipios con esta misma característica, sugiere una gestión más eficiente del agua residual en comparación con los otros clústeres, de manera que estos municipios se caracterizan por una mejor y más integrada gestión del agua residual.

Figura 5.
MAPA DE CLÚSTERES LISA. PUNTOS DE DESCARGA
DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR 2020



Fuente: Elaborado en GeoDa con base en INEGI (2020a, 2022)

Figura 6.
SIGNIFICANCIA DE CLÚSTERES LISA. PUNTOS DE DESCARGA
DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR 2020



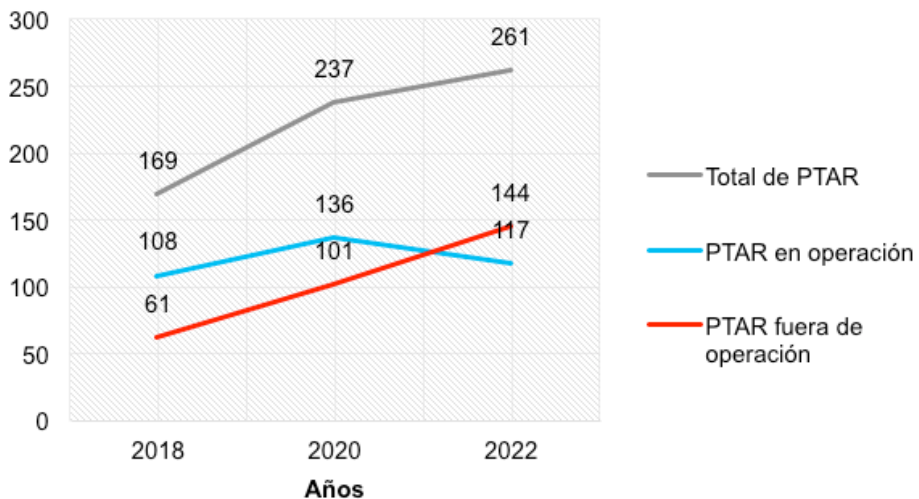
Fuente: Elaborado en GeoDa con base en INEGI (2020a, 2022)

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTARs)

Dado que el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México ofrece información desagregada de las PTARs por municipio a partir de su edición 2019, se utiliza este como punto de partida en la comparación histórica y el Censo de 2023 como punto final.

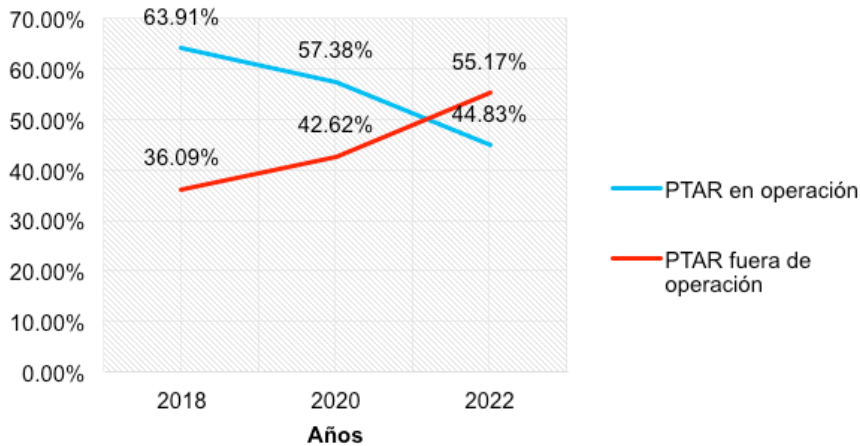
Los datos revelan una tendencia preocupante en la operación de las PTARs en el estado de Veracruz. En 2018, se registraron 169 PTARs (108 operativas y 61 fuera de servicio). Esta situación ha cambiado significativamente, ya que, en 2022, a pesar del aumento en el número total de PTARs, se observa un incremento en la cantidad de PTARs fuera de operación, superando incluso a las operativas (Figura 7 y Figura 8 y Tabla 3).

Figura 7.
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
SEGÚN SU SITUACIÓN DE OPERACIÓN 2018-2022



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b, 2022, 2024)

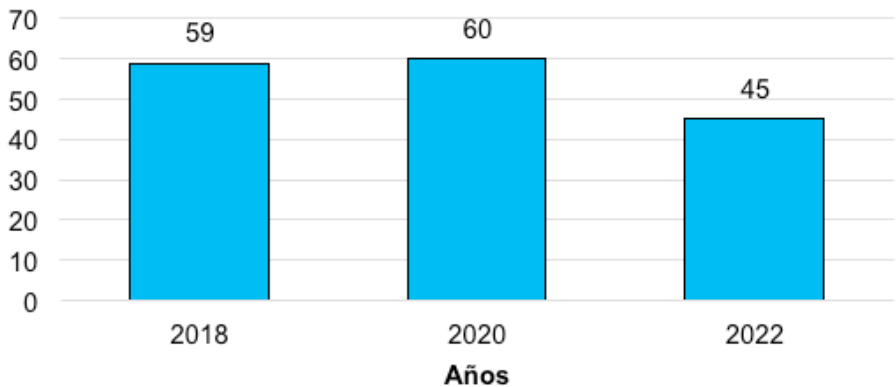
Figura 8.
PORCENTAJE DE PTAR SEGÚN SU SITUACIÓN DE OPERACIÓN 2018-2022



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b, 2022, 2024)

En 2018, 59 municipios contaban con PTARs en operación, pero para 2022 esta cifra disminuyó, quedando solo 45 municipios con PTARs operativas (Figura 9).

Figura 9.
MUNICIPIOS CON PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, 2018-2022



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b, 2022, 2024)

Entre 2018 y 2022, el número máximo de PTARs en operación por municipio aumentó de 13 a 17, y el promedio por municipio se elevó de 0.5094 a 0.5519 (Figura 10). Sin embargo, a pesar de estos incrementos, se observó un aumento en la variabilidad del comportamiento de los municipios en cuanto a esta variable, como lo indica el incremento en la desviación estándar de 1.36 a 1.72 (Figura 10). A lo largo de este periodo, si bien la cantidad total de municipios con PTAR aumentó de 86 a 92, la cantidad de municipios con plantas en operación disminuyó de 59 a 45, y la cantidad de municipios con PTAR fuera de operación creció de 39 a 66 (Tabla 3).

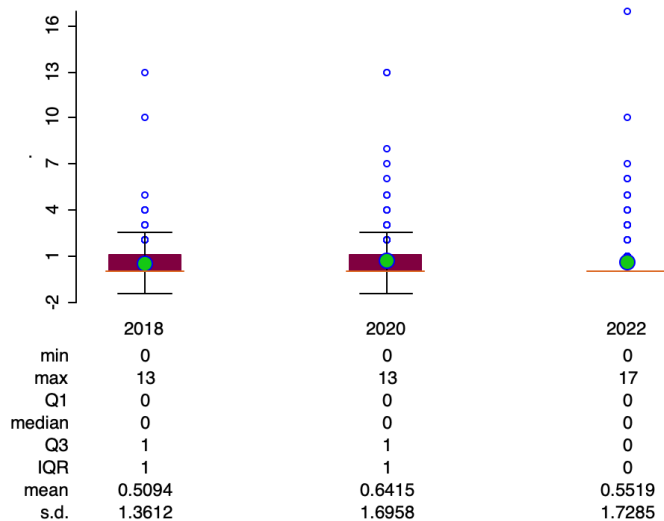
Estos resultados sugieren un retroceso en la infraestructura de tratamiento de aguas residuales y un deterioro en las capacidades de manejo de aguas residuales en los municipios, que se dividen en tres segmentos: municipios sin al menos una PTAR o sin capacidad para mantenerla operando, la mayoría; municipios con una planta de tratamiento de aguas residuales en operación; y municipios que tienden a tener cantidades superiores de PTARs en operación, e incluso pueden incrementarlas (Figura 10). Esta situación plantea desafíos importantes para la gestión ambiental y la salud pública, resaltando la necesidad de medidas urgentes para mejorar la operatividad y el mantenimiento de las PTARs en la entidad, y para reducir las desigualdades en el acceso al servicio básico de saneamiento de aguas residuales municipales.

Tabla 3.
MUNICIPIOS SEGÚN SITUACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES 2018-2022

<i>Situación</i>	<i>2022</i>	<i>2020</i>	<i>2018</i>
Municipios con PTAR	92	101	86
Municipios con PTAR en Operación	45	60	59
Municipios con PTAR fuera de operación	66	59	39

Fuente: Calculados en GeoDa con base en INEGI (2020a, 2020b, 2022, 2024)

Figura 10.
GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN 2018-2022



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b, 2022, 2024)

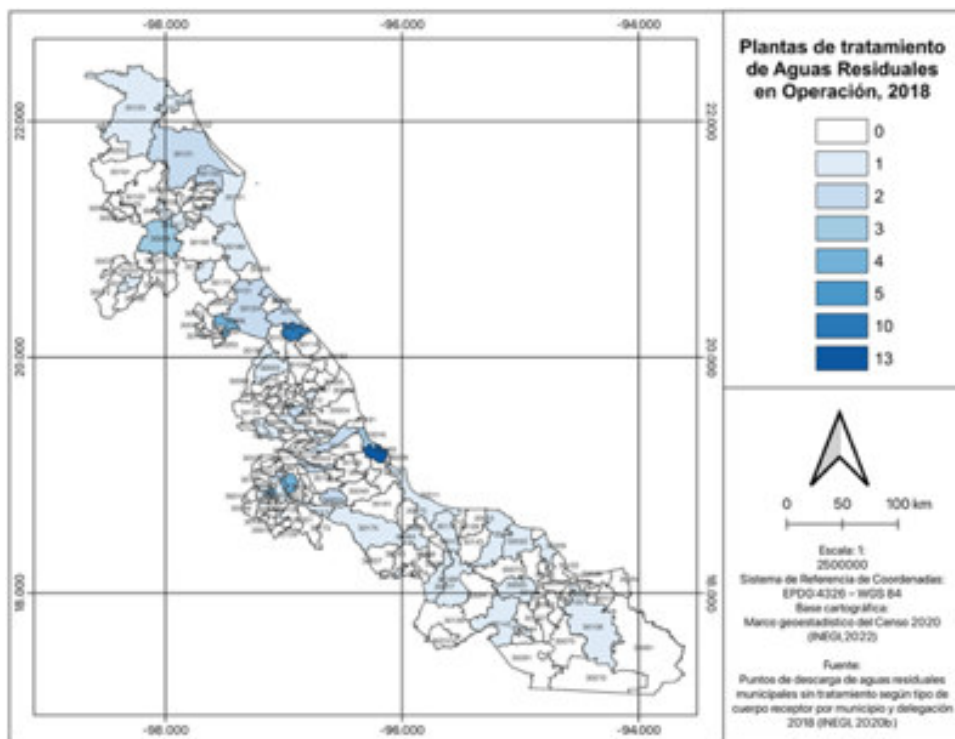
Durante el período de 2018 a 2022, se evidenció una disminución en el número de PTARs en operación en el sur de la entidad, mientras que los municipios del norte que limitan con el Golfo de México se observó una mayor capacidad para mantener la operación de estas plantas (Figura 11, Figura 12 y Figura 13). Para 2022, en los municipios limítrofes con otras entidades federativas, especialmente con Chiapas, Tabasco, Oaxaca, San Luis Potosí e Hidalgo, carecían de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales municipales (Figura 13).

Al último corte de información, 2022 (INEGI, 2024) únicamente los siguientes municipios (Figura 13) contaban con PTAR en operación: Aca-
yucan (30003), Alvarado (30011), La Antigua (30016), Apazapan (30017),
Atzalan (30023), Tlaltetela (30024), Banderilla (30026), Boca del Río (30028),
Calchahualco (30029), Coatepec (30038), Coxquihui (30050), Chalma (30055),
Chumatlán (30064), Emiliano Zapata (30065), Espinal (30066), Fortín

(30068), Huiloapan de Cuauhtémoc (30074), Ixtaczoquitlán (30085), Xalapa (30087), Xico (30092), Medellín de Bravo (30105), Nogales (30115), Orizaba (30118), Ocotlán (30119), Ozuama de Mascareñas (30121), Papantla (30124), Las Vigas de Ramírez (30132), Pueblo Viejo (30133), Los Reyes (30137), Río Blanco (30138), Sochiapa (30146), Sotepan (30149), Tamalín (30150), Tamiahua (30151), Tampico Alto (30152), Castillo de Teayo (30157), Tecolutla (30158), Tepetlán (30166), Tlapacoyan (30183), Tuxpan (30189), Vega de Alatorre (30192), Veracruz (30193), Zozocolco de Hidalgo (30203), Tatahuicapan de Juárez (30209), y San Rafael (30211)

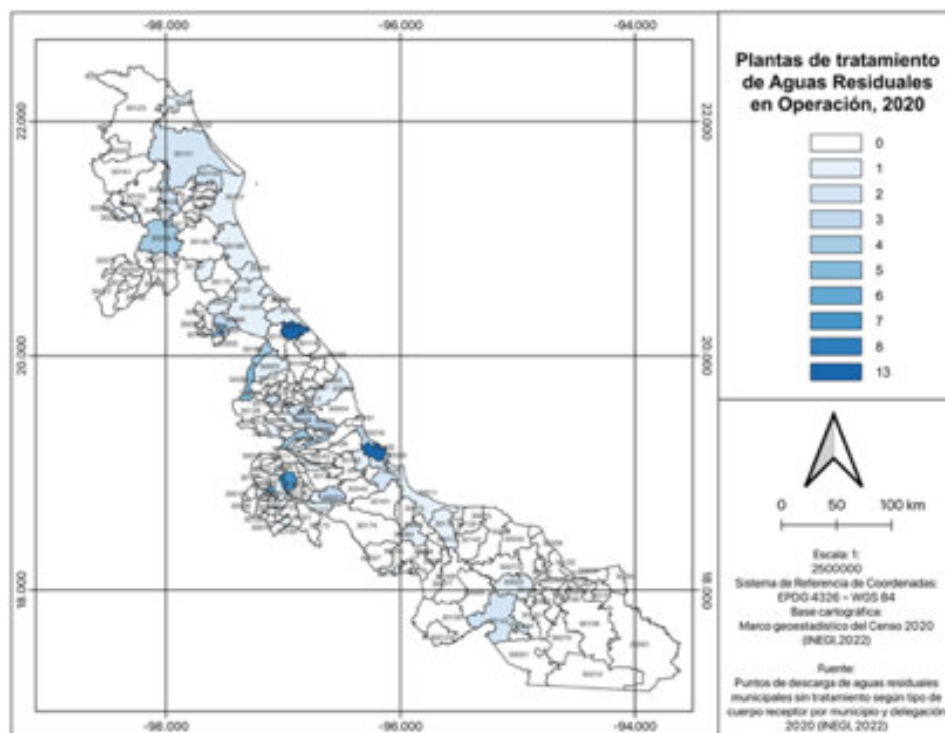
Figura 11.

MAPA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, 2018



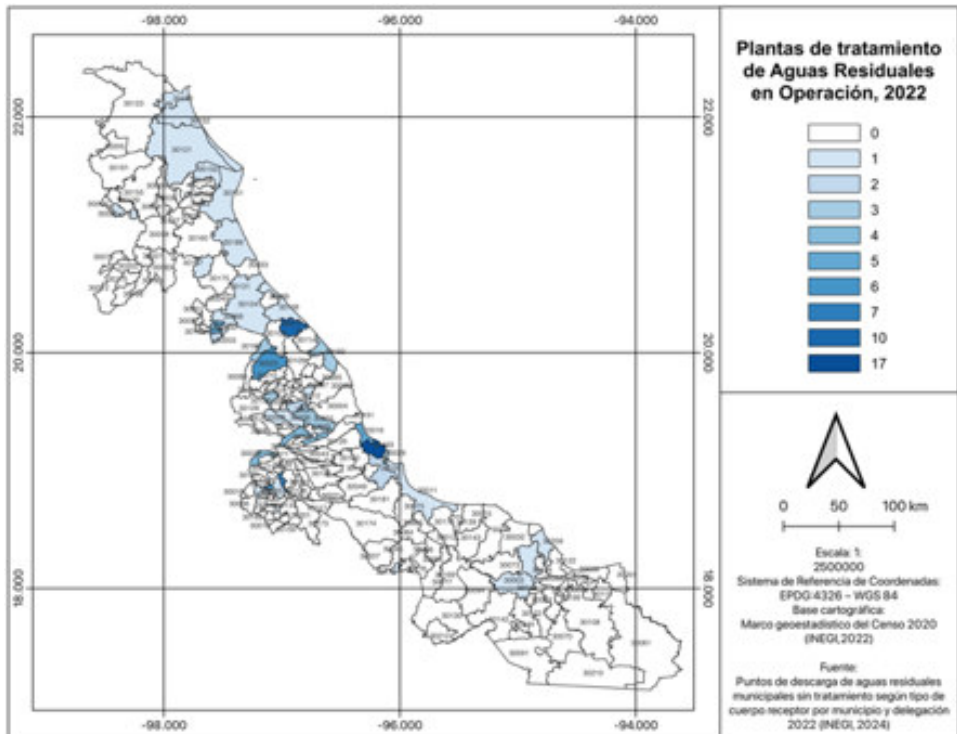
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b)

Figura 12.
**MAPA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
 DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, 2020**



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020b, 2022)

Figura 13.
**MAPA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
 DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, 2022**

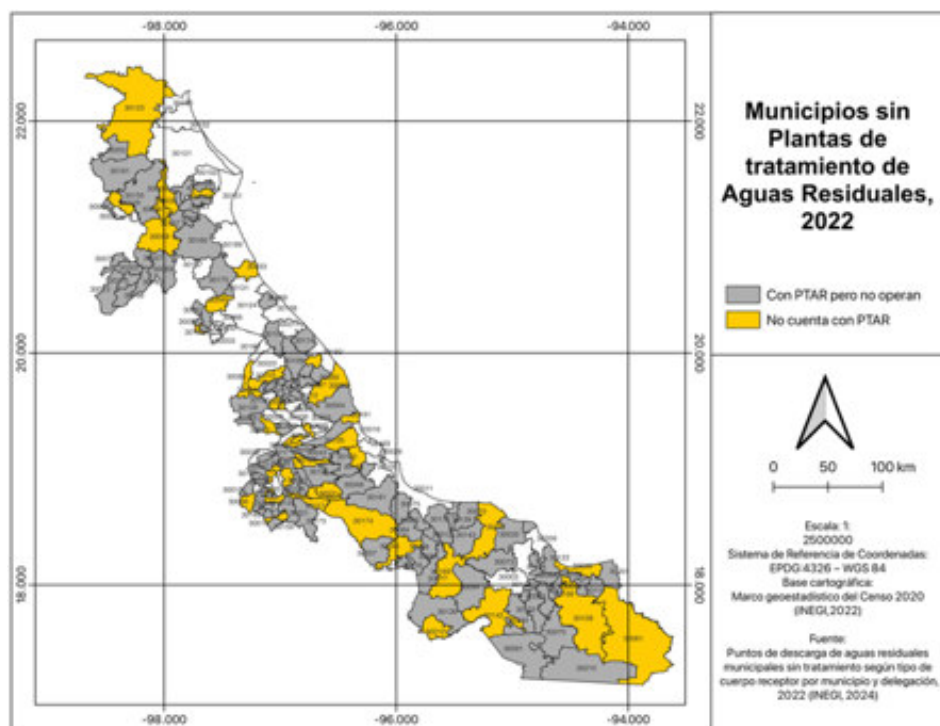


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020b, 2024)

La Figura 14 ofrece una visión territorial de la afectación por deficiencias en la infraestructura de PTARs municipales. En amarillo se muestran los municipios con infraestructura existente pero fuera de operación, mientras que en gris se señalan aquellos que carecen de infraestructura. Esta situación afecta a la mayoría del territorio de la entidad federativa.

Figura 14.

MAPA DE MUNICIPIOS SIN PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES O QUE NO LAS TIENEN EN OPERACIÓN, 2022



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020b, 2024)

Para analizar la influencia espacial de la variable se calculó el de Moran univariante utilizando el software GeoDa y una matriz de pesos con criterio de vecindad contigüidad física *Queen* de primer orden (Tabla 1).

Para darle validez estadística a los resultados se realizó una prueba de aleatoriedad espacial completa (CSR) (Getis, 2010; Siabato & Guzmán-Manrique, 2019) utilizando como distribución de referencia la simulación Monte Carlo con 999 permutaciones (Anselin et al., 2010; Celemín, 2009), dado un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de 0.05

Tabla 4.
PRUEBA DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICA DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

<i>Variable</i>	<i>de Moran</i>	<i>p-value</i>	<i>z-value</i>
PTAR en operación, 2022	0.116	0.017	2.9809
PTAR en operación, 2020	0.078	0.043	1.9163
PTAR en operación, 2018	0.049	0.091	1.3051

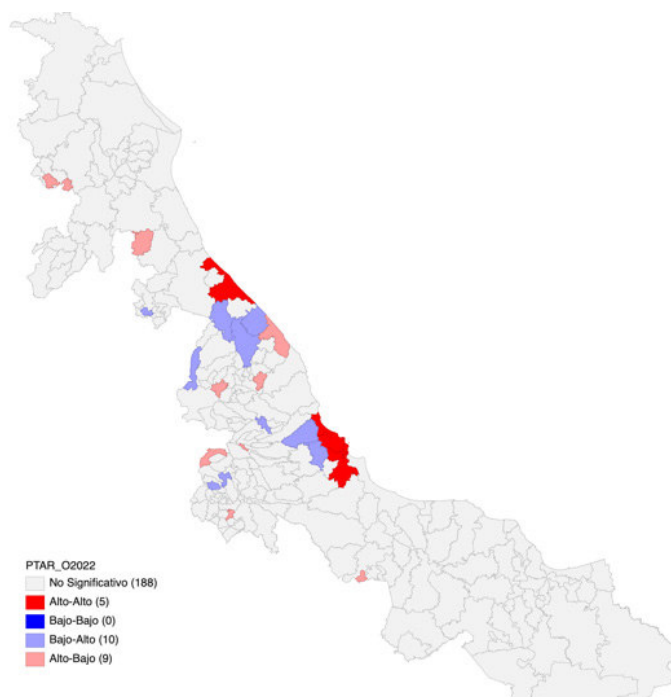
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020a, 2020b, 2022, 2024)

En esta prueba la es igual aleatoriedad espacial y es igual a autocorrelación espacial (Tabla 2). Si la puntuación z-value o el p-value indican una significancia estadística se puede rechazar la hipótesis nula. Dado que el p-value de 2020 y 2022 es menor que 0.05 y que el z-value alcanza el 1.96 necesario para construir una distribución con el valor de confianza y significancia establecido (Johnson & Kuby, 2008, p. 663); se rechaza para estos cortes temporales y se confirma AE. En consecuencia y de acuerdo con los tres patrones espaciales básicos (2019); de forma general podemos concluir que la variable PTARs en operación se comporta en el espacio siguiendo un patrón de correlación espacial positiva baja en 2018 (0.049) y 2022 (0.116). El resultado del análisis es estadísticamente significativo dado un nivel de confianza de 95%.

El análisis de Autocorrelación Espacial Local (LISA) reveló 3 clústeres significativos (Figura 15 y Figura 16) en la variable PTARs en Operación 2022, indicando diferencias en la gestión del agua residual entre áreas geográficas.

El clúster Alto-Alto sugiere una concentración espacial de municipios con altos niveles de PTARs en operación rodeados de municipios que también tienen altos niveles de PTARs en operación. Esta región incluye 4 municipios: La Antigua (30016), Boca del Río (30028), Medellín de Bravo (30105) y Veracruz (30193), denotando una gestión efectiva del agua residual en esa área.

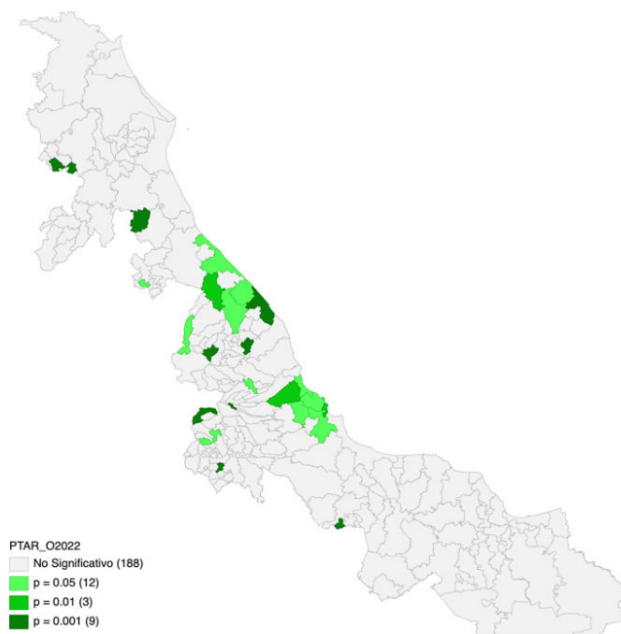
Figura 15.
 MAPA DE CLÚSTERES LISA. PLANTAS DE TRATAMIENTO
 DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN 2022



Fuente: Elaborado en GeoDa con base en INEGI (2020a, 2024)

El clúster Bajo-Alto abarca 10 municipios con baja cantidad de PTARS en operación rodeados por municipios con alta cantidad de PTARS en operación, lo que sugiere que estos municipios podrían estar contribuyendo a la contaminación de sus vecinos al no contar con un tratamiento adecuado de sus aguas residuales. El clúster Alto-Bajo incluye 9 municipios con alta cantidad de PTAR en Operación, pero rodeados por municipios con baja cantidad de PTAR en Operación. Estas áreas, requieren una atención prioritaria debido a las disparidades significativas en el tratamiento de aguas residuales. Las desigualdades encontradas deben orientar el diseño de políticas para mejorar el manejo del agua residual, con un enfoque regional e integral ya que solo de esta forma se abordará el problema eficazmente.

Figura 16.
SIGNIFICANCIA DE CLÚSTERES LISA. PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN 2022



Fuente: Elaborado en GeoDa con base en INEGI (2020a, 2024)

RESULTADOS

El análisis realizado para el período 2012-2020 en el Estado de Veracruz reveló los siguientes fenómenos:

1. Deterioro en la infraestructura de tratamiento de aguas residuales;
2. Aumento significativo de los puntos de descarga de aguas residuales sin tratamiento
3. Mayor variabilidad en el número de puntos de descarga de aguas residuales sin tratar y en las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación, lo que sugiere una mayor desigualdad de capacidades entre municipios.

4. Autocorrelación Espacial positiva en las Plantas de tratamiento de Aguas Residuales Municipales en Operación, que indica una extensión del problema más allá de los límites municipales individuales. Aunque este efecto es de baja intensidad, se observa que la situación de una planta de tratamiento en un municipio afecta a los municipios vecinos. Estos resultados indican un retroceso en las capacidades de manejo de aguas residuales municipales y plantean desafíos importantes para la gestión ambiental y la salud pública en Veracruz. Además, advierten sobre efectos regionales, ya sean adversos o positivos, del manejo de las aguas residuales, subrayando la necesidad de acciones estratégicas para mejorar la gestión del agua residual en Veracruz, con el objetivo de reducir los impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública.

Estos hallazgos aportan información valiosa para generar política basada en evidencia y destacan la necesidad urgente de promover estrategias con un enfoque regional e integral. Por un lado, la identificación de áreas con mejores prácticas de manejo de Aguas Residuales Municipales establece un referente positivo en la entidad federativa y por otro, la identificación de las zonas de alto contraste visibiliza territorios que pueden mejorar el manejo del agua residual a través de un enfoque regional integrado. Las desigualdades encontradas deben orientar el diseño de políticas para mejorar la gestión del agua residual con enfoque territorial y de equidad social.

DISCUSIÓN

La variabilidad observada en el contexto subnacional del estado de Veracruz confirma el comportamiento de espectro amplio observado por Chernicharo & Bressani Ribeiro (2023) en América Latina y la Autocorrelación Espacial positiva en las Plantas de tratamiento de Aguas Residuales Municipales en Operación confirma los resultados de Hecker et al. (2020) a nivel subnacional en la entidad federativa

Las disparidades encontradas en las capacidades de gestión del agua residual entre municipios resaltan la importancia de abordar la equidad y la justicia ambiental en la formulación de políticas. Se deben diseñar medidas específicas para reducir estas disparidades y garantizar un acceso equitativo a servicios de gestión del agua residual, de acuerdo con Cherricharo & Bressani Ribeiro (2023) ante escenarios como este es indispensable que las iniciativas de ampliación de la cobertura de recolección de aguas residuales se basen en “establecer tecnologías de tratamiento apropiadas, considerando los múltiples contextos socioeconómicos y de capacidad técnica de la región” (p. 223).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es urgente establecer una nueva política de manejo de aguas residuales que actúe como un instrumento de equidad social, orientado a corregir las desigualdades en el acceso y disfrute del derecho al agua y a un medio ambiente sano para toda la población. Para lograrlo, es esencial que las acciones públicas se sustenten en evidencia científica y se adapten a las particularidades territoriales. Esto permitirá no solo optimizar la inversión de los recursos públicos, sino también implementar políticas públicas focalizadas y aplicar un enfoque de trato especial y diferenciado, con el objetivo de reducir las brechas de desigualdad existentes.

Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa para los tomadores de decisiones en los niveles de gobierno municipal, estatal y federal. Al comprender la magnitud territorial del problema y sus implicaciones regionales, las autoridades pueden diseñar políticas y programas más informados y efectivos para mejorar el manejo de las aguas residuales en Veracruz.

A continuación, se proponen una serie de recomendaciones basadas en estos resultados:

Atención prioritaria a áreas críticas. El estudio identificó áreas con altos niveles de puntos de descarga de aguas residuales sin tratar y con deficiencias en la operación de las plantas de tratamiento. Estas áreas deben

recibir atención prioritaria en la asignación de recursos y la implementación de medidas correctivas.

Referentes de buena gestión. Se identificó un área espacialmente contigua que demostró mayor capacidad para mantener e incluso ampliar la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales integrada por los municipios de La Antigua, Boca del Río, Medellín y Veracruz. Exceptuando La Antigua, esta área registra una cantidad de puntos de descarga por debajo de la media estatal. Se recomienda documentar y compartir las experiencias y prácticas exitosas de esta región, de modo que sirvan como modelo para otras localidades.

Enfoque de desarrollo regional. Dado el efecto de diseminación territorial comprobado, es crucial priorizar intervenciones con un enfoque regional. Se deben definir zonas prioritarias para la construcción de nuevas plantas de tratamiento o la mejora de la infraestructura existente, considerando la distribución geográfica de los puntos de descarga sin tratar y el enfoque de cuenca hidrológica. Esto es vital, ya que la falta de tratamiento adecuado en un municipio puede impactar negativamente la calidad del agua en otras localidades a través de ríos o acuíferos subterráneos.

Ampliación y mantenimiento de infraestructura sostenible. Es urgente implementar medidas para mejorar la operatividad y el mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Ante la notable pérdida de operatividad de la infraestructura actual, es fundamental invertir en la exploración de opciones más sostenibles, como la incorporación de tecnologías innovadoras y modelos de economía circular. Además, se recomienda realizar estudios comparativos que permitan identificar y replicar prácticas exitosas de sostenibilidad implementadas en otros contextos. Este enfoque no solo garantizará la operatividad a largo plazo de las PTAR, sino que también permitirá un uso más eficiente y responsable de los recursos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al bienestar de las comunidades.

TRABAJO FUTURO

Para una comprensión más profunda de las causas subyacentes de la capacidad de manejo de aguas residuales, se recomienda llevar a cabo estudios complementarios que empleen enfoques tanto cualitativos como cuantitativos. Estos estudios deben centrarse en analizar las desigualdades existentes, los factores explicativos y en analizar las experiencias exitosas. Además, resultaría beneficioso realizar un análisis exhaustivo de los datos abiertos disponibles sobre la calidad del agua en la entidad federativa, con el fin de obtener una visión más completa y detallada de la situación actual.

Finalmente, sugiere llevar a cabo estudios prospectivos. Estos estudios serían fundamentales para diseñar estrategias y políticas de largo plazo que puedan hacer frente de manera efectiva a los desafíos futuros en el manejo de aguas residuales.

BIBLIOGRAFÍA:

- Acevedo Bohórquez, I., & Velásquez Ceballos, E. (2008). Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales. *Revista Ecos de Economía*, 9-34.
- Anselin, L., Syabri, I., & Kho, Y. (2010). Geoda: An introduction to spatial data analysis. En M. M. Fischer & A. Getis (Eds.), *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications* (pp. 73-89). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7_5
- Barrera Bernal, C., Vázquez, G., Barceló Quintal, I., & Laure Bussy, A. (2008). Microalgal dynamics in batch reactors for municipal wastewater treatment containing dairy sewage water. *Water, Air, and Soil Pollution*, 190(1), 259-270. <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9598-3>
- Casiano Flores, C. (2023). Toward a contextualized research agenda: Governance challenges of the wastewater treatment policy in Mexico and the role of sub-national governments. *WIREs Water*, 10(1), e1617. <https://doi.org/10.1002/wat2.1617>
- Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18, 11-31.

- CEPAL. (2016). *Horizontes 2030: La igualdad en el centro del desarrollo sostenible*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40159-horizontes-2030-la-igualdad-centro-desarrollo-sostenible>
- Chávez Reyes, A. B. (2018). *Determinación de impactos ambientales a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales II de Xalapa, Veracruz a través del análisis de ciclo de vida* [Tesis de Especialización]. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Región Xalapa. <https://cdigital.uv.mx/>
- Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz-Palacios, G., & Bennett, S. (1991). Health impact evaluation of wastewater use in Mexico. *Public Health Reviews*, 19(1-4), 243-250.
- Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz-Palacios, G., Bennett, S., Quigley, M., Peasey, A., & Romero-Alvarez, H. (1993). The health problems associated with irrigation with wastewater in Mexico. *Salud Publica De Mexico*, 35(6), 614-619.
- CONAGUA. (2010). *Inventario de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2010*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133330/Inventario_2010.pdf
- CONAGUA. (2020). *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. DOF; https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0.
- Congreso Constituyente. (1917). *Constitución Política*. DOF. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_060320.pdf
- Congreso de la Unión. (1992). *Ley de Aguas Nacionales. Última reforma publicada en el DOF el 8 de mayo de 2023*. Diario Oficial de la Federación (DOF). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>
- Cruz Lezama, J. L., Domínguez Prieto, E., & Villagrán Maldonado, P. (2006). *Propuesta para optimizar la planta de tratamiento de aguas residuales del rastro municipal de Tuxpan, Veracruz, México* [Tesis de Especialidad]. <https://cdigital.uv.mx/>
- De Anda, J., & Shear, H. (2008). Challenges facing municipal wastewater treatment in Mexico. *Public Works Management & Policy*, 12(4), 590-598. <https://doi.org/10.1177/1087724X08317256>
- Domínguez Serrano, J. (2010). El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. *Gestión y política pública*, 19(2), 311-350.
- Getis, A. (2010). Spatial autocorrelation. En M. M. Fischer & A. Getis (Eds.), *Handbook of Applied Spatial Analysis* (pp. 255-278). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7_14

- Giraudy, A., Moncada, E., & Snyder, R. (2021). El análisis subnacional: Aportes teóricos y metodológicos a la política comparada. *Revista de Ciencia Política, ahead*. <https://doi.org/10.4067/S0718-090X2021005000107>
- Giraudy, A., Moncada, E., Snyder, R., Giraudy, A., Moncada, E., & Snyder, R. (2021). El análisis subnacional: Aportes teóricos y metodológicos a la política comparada. *Revista de ciencia política (Santiago)*, 41(1), 1-34. <https://doi.org/10.4067/S0718-090X2021005000107>
- González González, M. I., & Chiroles Rubalcaba, S. (2011). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(1), 0-0.
- Harbers, I., & Ingram, M. C. (2019). Politics in Space: Methodological Considerations for Taking Space Seriously in Subnational Research. En A. Giraudy, E. Moncada, & R. Snyder (Eds.), *Inside Countries: Subnational Research in Comparative Politics* (pp. 57-91). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108678384.002>
- Hecker, L. P., Wätzold, F., & Markwardt, G. (2020). Spotlight on Spatial Spillovers: An Econometric Analysis of Wastewater Treatment in Mexican Municipalities. *Ecological Economics*, 175, 106693. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106693>
- INEGI. (2011). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011* [Página oficial]. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. CNGDM; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.
- INEGI. (2013). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013* [Página oficial]. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. CNGDM; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2013/default.html#Tabulados>
- INEGI. (2015). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015* [Página oficial]. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. CNGDM; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.
- INEGI. (2017). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017* [Página oficial]. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. CNGDM. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/default.html#-Tabulados>
- INEGI. (2020a). *Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>

- INEGI. (2020b, febrero 27). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019* [Página oficial]. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/default.html#Documentacion>
- INEGI. (2022, febrero 28). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021* [Página oficial]. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/>
- INEGI. (2024, febrero 28). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2023* [Página oficial]. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2023/>
- Johnson, R., & Kubly, P. (2008). *Estadística elemental: Lo esencial* (Décima). Cengage Learning Editores.
- Lesser, L. E., Mora, A., Moreau, C., Mahlknecht, J., Hernández-Antonio, A., Ramírez, A. I., & Barrios-Piña, H. (2018). Survey of 218 organic contaminants in groundwater derived from the world's largest untreated wastewater irrigation system: Mezquital Valley, Mexico. *Chemosphere*, 198, 510-521. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.154>
- López-Ramírez, M. A., Argüelles-López, C., Aguilar-Rodríguez, M. R., Barragán-Díaz, J., Castellanos-Onorio, O. P., & Lango-Reynoso, F. (2022). *The effect of moringa oleifera as a primary treatment in urban wastewater in Martínez de la Torre, Veracruz. \textbar nature environment & pollution technology \textbar ebscohost*. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i01.027>
- Menchaca Dávila, S. (2018). Tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales: Una propuesta para las zonas rurales. *UVserva*, 3. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i3.2544>
- Miceli, M. L. (2022, agosto 30). *El pueblo homogéneo y algunas cegueras de las tradiciones de pensamiento político – Debates Públicos*. <https://debatespublicos.uca.edu.ar/el-pueblo-homogeneo-y-algunas-cegueras-de-las-tradiciones-de-pensamiento-politico/>
- Poder Ejecutivo. (2019). *Plan Veracruzano de Desarrollo 2019-2024*. [http://repositorio.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/4/files/transp/pvd_2019_2024/Gac2019-224_Miercoles_05_TOMO_II_Ext_\(PLAN_VERACRUZANO_2019_2024\).pdf](http://repositorio.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/4/files/transp/pvd_2019_2024/Gac2019-224_Miercoles_05_TOMO_II_Ext_(PLAN_VERACRUZANO_2019_2024).pdf)
- Sandoval Herazo, L. C., Marín-Muñiz, J. L., Alvarado-Lassman, A., Zurita, F., Marín-Peña, O., & Sandoval-Herazo, M. (2023). Full-scale constructed wetlands planted with ornamental species and pet as a substitute for filter media

- for municipal wastewater treatment: An experience in a mexican rural community. *Water*, 15(12), 2280. <https://doi.org/10.3390/w15122280>
- Sandoval-Herazo, L. C., Alvarado-Lassman, A., Marín-Muñiz, J. L., Méndez-Contreras, J. M., & Zamora-Castro, S. A. (2018). Effects of the use of ornamental plants and different substrates in the removal of wastewater pollutants through microcosms of constructed wetlands. *Sustainability*, 10(5), 1594. <https://doi.org/10.3390/su10051594>
- Secretaría de Gobernación. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mex188915.pdf>
- SEMARNAT. (s. f.). *Agua Indicador básico 2.2-12*. Recuperado 10 de abril de 2024, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores17/conjuntob/indicador/02_agua/2_2_12.html
- Siabato, W., & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 1-22. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Tobler, W. (2004). On the First Law of Geography: A Reply. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(2), 304-310. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.09402009.x>

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	5
INTRODUCCIÓN	9
LA EDUCACIÓN AMBIENTAL: ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROGRAMAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN 15 MUNICIPIOS DEL ESTADO DE HIDALGO Sócrates López Pérez, Lydia Raesfeld, Maritza Librada Cáceres Mesa	15
DESARROLLOS MATEMÁTICOS Y MODELOS DE CIENCIA DE DATOS Juan Bacilio Guerrero Escamilla, Sonia Bass Zavala	47
ANÁLISIS GEOGRÁFICO DESDE UNA PERSPECTIVA CLIMÁTICA EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS PARA LA REGIÓN DE TULA DE ALLENDE, HIDALGO Mónica García Munguía, Fabio Alexander Castro Llanos, Sócrates López Pérez, Perla Valeria Munguía Fragoso	65
EL DELITO DEL SECUESTRO EN HIDALGO: UNA APROXIMACIÓN INSTITUCIONAL Y ECONÓMICA A LA INCIDENCIA DEL FENÓMENO EN EL TERRITORIO ESTATAL Arquímedes Avilés Vargas, Ángel Emmanuel Evangelio Miranda	99

REHABILITACIÓN DE ESPACIOS AGRÍCOLAS

EN EL MUNICIPIO DE ESPINAL DEL ESTADO DE VERACRUZ

Nestor Carmona Mercado,

Jennifer Vite Vega,

Sonia Bass Zavala

125

ECONOMÍA REGIONAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA POLÍTICA SUBNACIONAL:

UNA PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

EN VERACRUZ, MÉXICO

Isabel Lagunes Gómez,

María Graciela Hernández y Orduña

151

LAS UNIONES TEMPRANAS Y FORZADAS EN ATLAPEXCO, HIDALGO.

RELACIONES ENTRE GÉNERO, MATRIMONIO INFANTIL Y LA TERRITORIALIDAD

Gloria Contreras Jiménez,

Jennifer Vite Vega

187

CONDICIONES FÍSICAS Y EDUCATIVAS DE LAS ESCUELAS DE EDUCACIÓN INDÍGENA

EN EL ESTADO DE HIDALGO

Juan Pablo Martínez López,

Sócrates López Pérez,

Maritza Librada Cáceres Mesa,

Octaviano García Robelo

213

PLANEACIÓN Y GOBERNANZA LOCAL,

DESAFÍOS PARA ALCANZAR LOS ODS DE LA AGENDA 2030

José Daniel Sousa Oliva,

Darío Fabián Hernández González,

Danú Fabre Platas

247

LA ESCUELA COMO MICROTERRITORIO Y SU REPERCUSIÓN

EN LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DE LA JUVENTUD

SOBRE EL ABORTO EN SECUNDARIAS TÉCNICAS DE PACHUCA, HIDALGO

Mónica García Cravioto

287

DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO

Silvia Montiel Palma,
Ramiro Cadena Uribe,
Claudia Romo Gómez,

305

TRANSFORMACIONES TERRITORIALES Y EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD

DE APIZACO, TLAXCALA: IMPACTOS SOCIALES SOBRE EL TERRITORIO (2000-2023)

María Guadalupe Cerón Candia,
Rafael de Jesús López Zamora

331

CAMBIOS EN LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y SU ASOCIACIÓN

CON LA FRECUENCIA DE NACIMIENTOS PREMATUROS COMO

INDICADORES PARA MEJORAR EL DESARROLLO AMBIENTAL EN MÉXICO

Héctor Hugo Siliceo Cantero,
Sócrates López Pérez,

Silvia Soledad Moreno Gutiérrez

357

LA ESTRUCTURA SOCIAL PA IPAI COMO SISTEMA SOCIOAMBIENTAL.

ANÁLISIS DE DOS SITUACIONES DE RECOLECCIÓN

EN UN PUEBLO YUMANO DE BAJA CALIFORNIA

Martín Cuitzeo Domínguez Núñez

383

ÁREAS VERDES INDISPENSABLES PARA UN ESTILO DE VIDA URBANO SALUDABLE

Ana Fernanda Coria López,
Salvador García Espinosa

407

ESTRATEGIA DE CONTROL PARA RESIDUOS DE EMBALAJE (BOPP)

José Víctor Galaviz Rodríguez,
Sergio Hernández Ramírez

425

APORTES, IMPACTO Y ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO:

EL CASO DEL MUNICIPIO DE PACHUCA, ESTADO DE HIDALGO.

Beatriz Adriana Cruz Gómez

447

Las experiencias de investigación en el análisis territorial 2025, se terminó en la ciudad de México durante el mes de junio de 2025. La edición digital, estuvo al cuidado de oficina litotipográfica de la casa editora.

