



CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS, URBANOS Y AMBIENTALES

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ACCESO AL AGUA EN LA
PERIFERIA URBANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO (2020) DESDE LA
PERSPECTIVA DE JUSTICIA HÍDRICA**

Tesis presentada por
ANDREA OLAVARRIETA DE LA TORRE

Para optar por el grado de
MAESTRA EN ESTUDIOS URBANOS

Directores de tesis:
DRA. MARÍA PEREVOCHTCHIKOVA
DR. ARTURO RAMOS BUENO

Lector:
DR. MAURICIO GALEANA PIZAÑA

Ciudad de México, 2025

Agradecimientos

Tengo la fortuna de que en mis caminos por la vida siempre he estado acompañada, y mi maestría y la elaboración de esta tesis no han sido la excepción. Cada etapa de esta aventura—desde el propedéutico y las clases de cada semestre hasta la investigación y escritura de mi tesis— ha sido un aprendizaje constante, lleno de desafíos y descubrimientos, que no habría sido igual sin el apoyo y la compañía de quienes me rodean. Este recorrido me ha mostrado que cada logro es también un reflejo de quienes nos acompañan, y por ello, guardo estos dos años de maestría y este trabajo de investigación con especial cariño y gratitud. Quiero agradecer de manera especial a:

Mi comité de tesis, por su presencia constante, su guía, la generosidad con la que compartieron su experiencia y por inspirarme a crecer académica y personalmente; a la Dra. María Perevochtchikova, por acompañarme con confianza y cercanía; y al Dr. Arturo Ramos Bueno y al Dr. Mauricio Galeana, por alentarme y sembrar en mí la curiosidad y el deseo de profundizar en el conocimiento;

A mi madre, por su amor, por apoyar siempre mis sueños, por acompañarme en cada paso y por responder con paciencia a todas mis dudas sobre la estadística;

A Coka y Noche, mis compañeras peludas, por haber trasnochado conmigo a lo largo de mi vida estudiantil y por siempre estar cuando se necesita un abrazo y una buena siesta;

A mi familia, por sus palabras de aliento y respaldo;

A todas mis amistades, por su amor y lealtad y por acompañarme en mis caminos de vida;

A El Colegio de México, por darme la enorme y hermosa oportunidad de seguir aprendiendo, creciendo y descubriendo nuevos horizontes en mi camino académico y personal;

A mis compañeros de la maestría, por todas las risas compartidas y la compañía en este viaje;

A todos los maestros del CEDUA y personal de El Colegio de México que contribuyeron de manera significativa a mi formación y guiaron mis pasos en este camino académico.

Resumen

El acceso al agua potable es un desafío persistente en muchas ciudades latinoamericanas, donde las desigualdades socioespaciales generan barreras significativas para garantizar un suministro equitativo y suficiente. Esta investigación analiza la distribución espacial del acceso al agua en las viviendas ubicadas en la periferia urbana de la Ciudad de México con el objetivo de identificar y comprender las desigualdades territoriales que afectan este derecho. A diferencia de estudios previos que han estudiado el acceso al agua desde perspectivas técnicas o sectoriales, esta tesis integra una mirada crítica y multidimensional que considera las desigualdades socioespaciales que configuran el acceso desigual al servicio del suministro del agua en contextos urbanos periféricos.

El marco teórico se construye a partir de una revisión de la literatura sobre periferias urbanas en América Latina, acceso al agua en diferentes contextos y el concepto de justicia hídrica. A partir de este concepto, se proponen cuatro ejes analíticos: (1) suministro y almacenamiento; (2) distribución y desigualdad hídrica; (3) gobernanza del agua; y (4) riesgos/sensibilidades. Estos ejes permiten operacionalizar variables cuantificables que visibilizan las múltiples dimensiones de la desigualdad hídrica en la periferia urbana de la Ciudad de México.

La tesis emplea un enfoque cuantitativo y espacial que combina análisis estadísticos (descriptivos y regresión lineal múltiple) con herramientas geoespaciales (índices LISA, regresión espacial y análisis de clústeres). Para el estudio de caso, se utiliza el consumo doméstico anual de agua por colonia en 2020 como variable dependiente, bajo la premisa de que este indicador representa de forma aproximada el acceso efectivo al recurso. Los patrones espaciales del consumo se analizan en relación con variables asociadas a condiciones socioeconómicas, infraestructura, tipo de tenencia y gobernanza hídrica.

Los resultados revelan patrones de exclusión y desigualdad en el acceso al agua, relacionados no solo con la infraestructura disponible, sino con factores estructurales e institucionales que reproducen relaciones históricas de marginalidad y precarización. Las viviendas ubicadas en la periferia urbana de la Ciudad de México enfrentan mayores dificultades para acceder al agua de forma segura y continua, lo cual evidencia la necesidad de integrar una perspectiva de justicia hídrica en el análisis territorial y en la formulación de políticas públicas urbanas.

Índice general

Introducción	9
1. Marco teórico para el estudio del acceso al agua en periferias urbanas desde la perspectiva de justicia hídrica	16
1.1 Periferia urbana	16
1.1.1 Periferias urbanas en América Latina.....	18
1.1.2 Características y problemáticas en periferias urbanas.....	19
1.2 Acceso al agua en vivienda ubicada en periferia urbana en América Latina	24
1.3 Revisión de literatura y marcos analíticos para el estudio del acceso al agua	29
1.4 Propuesta de abordaje teórico desde la justicia hídrica	33
1.4.1 Aplicaciones de la justicia hídrica.....	36
1.4.2 Justicia hídrica y el acceso al agua en periferia urbana.....	43
1.4.3 Ejes analíticos propuestos desde la perspectiva de justicia hídrica para abordar el acceso al agua desde un enfoque cuantitativo	44
2. Caso de estudio: periferia urbana de la Ciudad de México	52
2.1 Suelo de Conservación de la Ciudad de México	52
2.1.1 Definición, delimitación e importancia ambiental del Suelo de Conservación	54
2.1.2 Regulación y normatividad ambiental.....	56
2.2 Vivienda formal e informal en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México	58
2.2.1 Impactos de la informalidad en la provisión de servicios	61
2.3 Acceso al agua en viviendas ubicadas en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México	62
2.3.1 Fuentes de abastecimiento	62
2.3.2 Desigualdad en la distribución del agua	67
2.3.3 Regulaciones hídricas en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México	71
2.3.4 Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México.....	77
3. Marco Metodológico	81
3.1 Selección de variables	81
3.2 Caso de estudio como herramienta metodológica	86
3.3 Enfoque cuantitativo y espacial	87
3.4 Métodos de análisis	93

4. Resultados del análisis de la distribución espacial del acceso al agua en la periferia urbana de la Ciudad de México (2020) desde la perspectiva de la justicia hídrica	98
4.1 Estadísticas descriptivas de variables de interés y análisis <i>LISA</i>	98
4.1.1 Estadísticas descriptivas de variables de interés desde la justicia hídrica	98
4.1.2 Análisis <i>LISA</i> univariado: identificación de patrones espaciales en el consumo de agua	100
4.2 Modelo de regresión lineal múltiple	104
4.3 Regresión espacial múltiple	114
4.3 Análisis de agrupamiento (clústeres)	121
5. Conclusiones	127
Referencias	131

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla síntesis: principales perspectivas y contribuciones teóricas en el estudio del acceso al agua	32
Tabla 2. Tabla síntesis: principales aplicaciones de la justicia hídrica	42
Tabla 3. Ejes analíticos propuestos y referencias de variables para el estudio del acceso al agua bajo el concepto de justicia hídrica	48
Tabla 4. Número de colonias en CDMX y Suelo de Conservación con servicio de tandeo	64
Tabla 5. Normas y regulaciones hídricas en Suelo de Conservación de la Ciudad de México ...	74
Tabla 6. Variables e índices para estudiar el análisis espacial del acceso al agua en la periferia urbana desde la justicia hídrica.....	82
Tabla 7. Variables e índices seleccionados para el caso de estudio del Suelo de Conservación de la CDMX en el año 2020.....	84
Tabla 8. Síntesis de los métodos cuantitativos y espaciales empleados.....	96
Tabla 9. Estadísticas descriptivas de variables de interés desde la justicia hídrica.	98
Tabla 10. Promedios de variables por clúster de consumo doméstico anual por colonia (2020)	103
Tabla 11. Matriz de coeficientes de correlación	105
Tabla 12. Valores prueba VIF para Modelo 1 (<i>Variance Inflation Factor</i>).....	107
Tabla 13. Prueba Breusch-Pagan	108
Tabla 14. Errores robustos.....	109
Tabla 15. Coeficientes y errores estándar de cada variable desescalada.....	110
Tabla 16. Interpretación del Modelo 1	110
Tabla 17. Interpretación del Modelo 3	118
Tabla 18. Interpretación del Modelo 4.....	124

Índice de modelos

Modelo 1. Regresión lineal múltiple de mínimos cuadrados.....	106
Modelo 2. Modelo de rezago espacial (<i>SAR</i>)	116
Modelo 3. Modelo de error espacial (<i>SEM</i>)	117
Modelo 4. Modelo de análisis de <i>clustering</i> con <i>K-Medians</i>	124

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del SC de la CDMX en la República Mexicana y en la CDMX (2020).....	55
Figura 2. Colonias en SC con distribución de agua por tandeo en la CDMX (2020).....	64
Figura 3. Ubicación de Sistema de Captación de Agua de Lluvia en la CDMX (2020)	66
Figura 4. Ubicación de infraestructura hidráulica de soporte en la CDMX (2020).....	66
Figura 5. Cobertura de infraestructura de agua potable (m/hab) por colonia en la CDMX (2020)	68
Figura 6. Consumo habitacional promedio bimestral de agua por colonia (m ³) en la CDMX (2020)	69
Figura 7. Factibilidad Hídrica en la CDMX (2020).....	70
Figura 8. Pueblos originarios en la CDMX (2020).....	71
Figura 9. Mapa análisis <i>LISA</i> de la variable Consumo doméstico anual por colonia (m ³) en la CDMX (2020).....	101
Figura 10. <i>Scatter plot</i> del Índice de Moran de Consumo doméstico anual por colonia (m ³) en la CDMX (2020).	102
Figura 11. Gráfico de residuos vs valores ajustados	108
Figura 12. Clústeres de colonias (k = 5)	122
Figura 13. Análisis de <i>clustering</i> con <i>K-Medians</i> para identificar grupos de colonias	123

Listado de acrónimos

	Acrónimo
Ciudad de México	CDMX
Comisión de Evaluación de Asentamientos Humanos Irregulares	CEAHI
Comisión Nacional de Agua	CONAGUA
Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural	CORENADR
Consejo Nacional de Población	CONAPO
Distrito Federal	DF
Índice de Desarrollo Social	IDS
Índice de Marginación Urbana	IMU
Instituto Nacional de Estadística y Geografía	INEGI
Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva	IPDP
Ley de Aguas Nacionales	LAN
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	LGEEPA
Medición Integrada de la Pobreza	MMIP
Necesidades Básicas Insatisfechas	NBS
Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial	PAOT
Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México	SEDEMA
Secretaría de Gestión del Agua (antes SACMEX)	SEGIAGUA
Sistema de Aguas de la Ciudad de México ¹	SACMEX
Suelo de Conservación	SC
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica	DGCOH
Comisión de Aguas del Distrito Federal	CADF

¹ Durante el desarrollo de esta investigación, el organismo responsable de la gestión hídrica en la Ciudad de México, originalmente denominado Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), cambió su denominación oficial a Secretaría de Gestión Integral del Agua (SEGIAGUA). Dado que gran parte de los datos utilizados fueron generados antes de este cambio institucional, en el cuerpo del texto se utiliza principalmente el nombre SACMEX

Introducción

El acceso al agua potable² y al saneamiento fue reconocido como un derecho humano por la Asamblea General de las Naciones Unidas en julio de 2010. Esta resolución enfatiza que este derecho es fundamental para garantizar una vida digna, la salud y el bienestar de las personas, y es imprescindible para la realización de otros derechos humanos, como el derecho a la alimentación, tanto en la producción de alimentos como en su preparación e higiene. Este reconocimiento destaca la obligación de los Estados de garantizar que toda la población disponga de agua suficiente, segura, aceptable y asequible, así como de instalaciones de saneamiento accesibles, en especial para las comunidades más vulnerables (Naciones Unidas, 2010; Becerra y Salas, 2016).

A nivel nacional, la Constitución Mexicana –en su artículo 4º, párrafo sexto– establece que todas las personas tienen derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para satisfacer necesidades personales y domésticas. Este derecho implica la obligación del Estado mexicano de garantizarlo, junto con la colaboración de los tres niveles de gobierno, para asegurar que su acceso y uso sean equitativos y sostenibles. Además, se establece que el uso del agua debe enfocarse en el beneficio social, mejorar las condiciones de vida, promover el desarrollo y garantizar la conservación del recurso (Becerra y Salas, 2016).

En este contexto, la actual presidenta Claudia Sheinbaum presentó el Plan Nacional Hídrico 2024-2030, cuyo propósito es garantizar un acceso equitativo al agua, tratándola como un derecho humano y un bien nacional. Este plan prioriza el ordenamiento de concesiones, la tecnificación del riego, 16 proyectos de infraestructura hídrica, el saneamiento de ríos críticos y la creación de un plan maestro de largo plazo para consolidar la infraestructura hídrica del país (Gobierno de México, 2024).

A pesar de que el marco constitucional mexicano establece principios para el uso sostenible del agua y existen planes nacionales que buscan mejorar su gestión, la Ciudad de México (CDMX), como en muchas otras ciudades de América Latina, enfrenta serios obstáculos para garantizar el acceso a agua potable en las zonas periurbanas donde la infraestructura es insuficiente y las

² El “‘agua potable’ es la que es apta para beber, cocinar, preparar alimentos y la higiene personal” (*We Are Water*, s/f). En esta investigación, los términos acceso al agua potable y acceso al agua se utilizan como sinónimos, salvo indicación contraria.

condiciones son precarias (Zwarteveen y Boelens, 2011b; Boelens *et al.*, 2011, 2018; Pastrana-Miranda y González-Caamal, 2022).

El espacio periurbano en América Latina se caracteriza por una notable heterogeneidad, donde diversos agentes sociales y procesos espaciales interactúan a través del flujo de personas, la transformación de los usos de suelo, la presencia de múltiples actores y la superposición de dinámicas urbanas y rurales, configurando territorios en constante cambio. A diferencia de los países industrializados, el periurbano latinoamericano ha experimentado un fuerte desarrollo habitacional formal e informal, especialmente en las grandes capitales, donde conviven barrios de altos ingresos junto a zonas marginales y empobrecidas. En estos lugares, la diferencia entre viviendas de materiales precarios y aquellas más formalizadas es notoria (Ávila Sánchez, 2009).

Las desigualdades en las periferias urbanas en América Latina también se manifiestan en el acceso al agua potable: aunque en el discurso institucional se promueve el derecho universal al agua, en la práctica existen grandes brechas en su distribución equitativa (Domínguez y López, 2023). En estos territorios, las condiciones precarias de vida y la ausencia de acceso formal al servicio evidencian las desigualdades territoriales que marcan la provisión del agua (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

En la CDMX, una parte significativa del crecimiento urbano se ha desarrollado hacia el sur extendiéndose sobre el Suelo de Conservación (SC), una zona de gran importancia ecológica y territorial. Esta área se distribuye principalmente en las alcaldías Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan, Tláhuac y Xochimilco, con una pequeña porción también en Gustavo A. Madero al norte de la ciudad (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a). Actualmente, el SC abarca una superficie de 84,236 hectáreas (Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México, 2021).

El SC cumple funciones fundamentales para el equilibrio ambiental de la ciudad. Destaca por su capacidad para captar e infiltrar agua, lo que permite la recarga del acuífero del Valle de México, fuente de más del 50% del agua que se consume en la capital (Gobierno de la Ciudad de México, s/f; SACMEX, 2018). Además, presta servicios ecosistémicos clave como la regulación climática, la conservación de la biodiversidad y la preservación de cuerpos de agua y redes tróficas importantes, especialmente en la Sierra Chichinauhtzin y el sistema lacustre de Xochimilco, Tláhuac. También sostiene actividades agropecuarias, recreativas como el ecoturismo, y es un espacio vital para la reproducción cultural de los pueblos originarios.

No obstante, el SC enfrenta múltiples amenazas que comprometen su integridad y funcionalidad. Entre ellas destacan la expansión urbana, la tala ilegal, los incendios forestales, el sobrepastoreo y, especialmente, la proliferación de vivienda. Estas dinámicas han reducido considerablemente su superficie original y deteriorado su capacidad ecológica (Escolero *et al.*, 2016; Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

El crecimiento urbano acelerado de la CDMX ha propiciado una ocupación desordenada en el SC, motivada por la alta demanda de vivienda, la marginación económica y la falta de alternativas habitacionales adecuadas. Esta expansión no regulada ha transformado áreas protegidas en asentamientos informales, con pérdidas significativas de valor ambiental. A la par, estas zonas presentan altos niveles de exclusión social y escasez de servicios básicos, lo que obliga a las familias a vivir en condiciones precarias. La instalación de infraestructura resulta costosa, mientras que la superposición de competencias entre organismos públicos genera ineficiencias administrativas. Todo ello incrementa la vulnerabilidad social, política y ambiental de las comunidades, con riesgos que van desde afectaciones materiales hasta la pérdida de vidas humanas.

Según el diagnóstico elaborado por el Gobierno de la Ciudad de México (2020a), las viviendas ubicadas en el SC presentan condiciones habitacionales diversas, determinadas por su grado de consolidación. En general, predomina la precariedad: muchas viviendas se construyen con materiales frágiles o mediante procesos de autoconstrucción con recursos limitados. Los asentamientos carecen de trazado urbano definido, accesos adecuados e infraestructura básica. La obtención de servicios como agua o electricidad suele depender de conexiones informales, tandeo o pipas, mientras que las aguas residuales se desechan en fosas sépticas, zanjas o barrancas. De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda 2020, se estimó que alrededor de 1,900,000 personas (aproximadamente el 20% de la población de la Ciudad de México) residían en el SC (INEGI, 2020a).

En la literatura, se han propuesto aproximaciones al estudio del acceso al agua desde la ecología política urbana (Ávila-García, 2015), el análisis espacial (Ramos Bueno *et al.*, 2021) y la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento (Martínez *et al.*, 2015), entre otros. No obstante, la mayoría de los estudios sobre acceso al agua en periferias urbanas de América Latina han sido de carácter cualitativo (Cruz Almaraz, 2004), y se han llevado a cabo principalmente entre finales

de los años noventa y principios del siglo XXI, o bien, no abordan de forma específica el caso de la Ciudad de México.

Ante la limitada atención que ha recibido el caso específico de la periferia urbana en la CDMX dentro de los estudios sobre acceso al agua, esta investigación propone abordarlo desde el concepto de la justicia hídrica, complementado con herramientas cuantitativas de análisis espacial. La justicia hídrica es un marco analítico y normativo que permite comprender el acceso al agua más allá de su disponibilidad física, integrando dimensiones sociales, políticas y territoriales. Desde esta perspectiva, el agua no solo es un recurso, sino también un derecho, cuyo acceso se ve condicionado por relaciones de poder, desigualdades estructurales y procesos históricos de exclusión. La justicia hídrica plantea interrogantes sobre quién controla el agua, quién decide su distribución y quiénes son sistemáticamente marginados del acceso a este recurso esencial. Así, el concepto permite analizar tanto las dinámicas materiales del acceso (infraestructura, calidad, cantidad) como los conflictos, las instituciones y los marcos legales que lo regulan (Boelens *et al.*, 2018).

El propósito central de la investigación es analizar cuáles son los factores que influyen en la distribución espacial del acceso al agua las colonias de la Ciudad de México, tomando como caso de estudio la periferia urbana de la CDMX, la cual está ubicada sobre el SC de la CDMX. Para ello, el análisis se organiza en torno a cuatro ejes propuestos en esta tesis, construidos a partir del marco conceptual de la justicia hídrica, con base en los planteamientos de Boelens, Perreault y Vos (2018): (1) suministro y almacenamiento; (2) distribución y desigualdad hídrica; (3) gobernanza del agua; y (4) riesgos/sensibilidades. Estos ejes se operacionalizan mediante variables que permiten cuantificar y visibilizar las desigualdades hídricas en el territorio. Esta estructura no solo orienta el análisis empírico, sino que constituye un aporte conceptual al campo de la justicia hídrica, al ofrecer un esquema metodológico concreto que permite operacionalizar sus principios en el estudio de la desigualdad socioespacial del acceso al agua.

A partir del concepto de la justicia hídrica y ante la limitada atención que ha recibido el caso de la periferia urbana de la CDMX en los estudios sobre acceso al agua, esta investigación se propone analizar cómo se distribuye espacialmente este recurso esencial en los márgenes urbanos. Se parte de una pregunta central: ¿cómo es la distribución espacial del acceso al agua en la periferia urbana de la CDMX (2020), desde una perspectiva de justicia hídrica? A esta le siguen tres interrogantes específicas: (1) ¿qué variables explican la distribución espacial del acceso al agua en

las periferias urbanas desde la perspectiva de la justicia hídrica?; (2) ¿cuáles son las características del acceso al agua en la periferia urbana de la CDMX desde la perspectiva de la justicia hídrica?; y (3) ¿qué patrones muestra la distribución espacial de las variables explicativas del acceso al agua en la periferia urbana de la CDMX desde la perspectiva de justicia hídrica?

Estas preguntas guían un enfoque que no se limita a la medición de la cobertura hídrica, sino que busca problematizar las condiciones estructurales, territoriales y políticas que producen y reproducen la desigualdad en el acceso. Así, se plantea como hipótesis central que: la distribución espacial del acceso al agua en las periferias urbanas, desde la perspectiva de la justicia hídrica, presenta características de exclusión y desigualdad que se manifiestan de forma diferenciada en el territorio. Esta exclusión se expresa en la falta o limitación sistemática del acceso formal para determinados sectores, en particular aquellos que habitan asentamientos informales fuera del reconocimiento institucional. La desigualdad, por otro lado, alude a las diferencias en la calidad, cantidad, frecuencia y formas de acceso al recurso, las cuales están fuertemente determinadas por factores como el tipo de infraestructura, la gestión pública, la tenencia del suelo y las condiciones socioeconómicas. Estos elementos interactúan en el espacio de manera desigual, perpetuando relaciones históricas de poder y consolidando brechas socioespaciales.

De manera general, esta investigación tiene como objetivo analizar la distribución espacial del acceso al agua en la periferia urbana de la Ciudad de México (2020) desde la perspectiva de justicia hídrica. De forma específica, se propone: (1) determinar las variables que explican la distribución espacial del acceso al agua en la periferia urbana desde una perspectiva de justicia hídrica; (2) presentar las características del acceso al agua en la periferia urbana de la Ciudad de México desde la perspectiva de justicia hídrica; y (3) detectar los patrones de la distribución espacial de las variables explicativas del acceso al agua en la periferia urbana de la Ciudad de México desde la perspectiva de justicia hídrica.

Este planteamiento no solo permite complejizar el entendimiento del acceso al agua en zonas periféricas, sino que contribuye también a visibilizar las formas en que la desigualdad se territorializa en la ciudad, además de poner en cuestión las narrativas de cobertura universal que muchas veces ocultan las brechas reales en la distribución del recurso (Swyngedouw, 2004).

Para llevar a cabo este análisis y dar respuesta a las preguntas, hipótesis y objetivos planteados, la investigación emplea métodos cuantitativos y espaciales que permiten identificar y explicar las desigualdades en el acceso al agua en la periferia urbana de la CDMX. Se utilizan:

estadísticas descriptivas; modelo *LISA* para detectar patrones espaciales; y regresión lineal múltiple y regresión lineal espacial para buscar factores explicativos entre el consumo de agua por colonia en 2020 (como variable independiente que representa el acceso al agua) y variables agrupadas de acuerdo con los cuatro ejes analíticos propuestos: (1) suministro y almacenamiento; (2) distribución y desigualdad hídrica; (3) gobernanza del agua; y (4) riesgos/sensibilidades. Finalmente se realiza un análisis de clústeres para sintetizar las zonas con características socioeconómicas, infraestructurales o de consumo de agua similares en la Ciudad de México. Este enfoque cuantitativo, fundamentado en el concepto de justicia hídrica, permite identificar patrones espaciales de exclusión y desigualdad, proporcionando un análisis riguroso y detallado que puede sustentar la formulación de políticas públicas más justas, inclusivas y territoriales.

Esta tesis ofrece tres aportes principales. En el plano teórico, propone una estructura analítica que traduce los principios de la justicia hídrica en variables cuantificables y medibles, organizadas en cuatro ejes –(1) suministro y almacenamiento; (2) distribución y desigualdad hídrica; (3) gobernanza del agua; y (4) riesgos/sensibilidades– que permiten operacionalizar empíricamente un concepto que suele ser aplicado con mayor frecuencia en métodos cualitativos. En el plano metodológico, se introduce el uso combinado de técnicas cuantitativas y herramientas de análisis espacial (como regresiones espaciales y análisis de clústeres) que permiten captar patrones territoriales de desigualdad en el acceso al agua, más allá del análisis descriptivo tradicional. Finalmente, en el plano práctico y legislativo, se plantea la incorporación del análisis espacial como insumo para la formulación de políticas públicas sensibles al territorio, y se sugiere una actualización del marco normativo local, como la Ley de Aguas de la Ciudad de México, que actualmente no considera esta dimensión en sus criterios técnicos ni de planificación.

Para facilitar la comprensión del desarrollo y los hallazgos de esta investigación, la tesis se estructura en cinco capítulos principales. En el primer capítulo se presenta el marco teórico, donde se revisan las características de las periferias urbanas en América Latina y se propone usar el concepto de la justicia hídrica para el análisis del acceso al agua, integrando los ejes analíticos propuestos que guían esta investigación.

El segundo capítulo está dedicado al caso de estudio: la periferia urbana de la Ciudad de México, ubicada en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México. En esta sección se describen las características ecológicas, sociales y regulatorias de la periferia urbana de la ciudad, así como las condiciones de vivienda formal e informal y el acceso al agua en esta área. El tercer capítulo

detalla el marco metodológico, describiendo la selección de variables, el enfoque cuantitativo y espacial, y los métodos de análisis utilizados para examinar la distribución espacial del acceso al agua.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados del análisis espacial aplicado a la periferia urbana de la Ciudad de México en el año 2020. Finalmente, el quinto capítulo ofrece las conclusiones, reflexionando sobre las implicaciones de los hallazgos para el estudio del acceso al agua en las periferias urbanas desde una perspectiva de justicia hídrica.

1. Marco teórico para el estudio del acceso al agua en periferias urbanas desde la perspectiva de justicia hídrica

Este marco teórico tiene como objetivo proporcionar una base conceptual para analizar el acceso al agua en las periferias urbanas de América Latina desde la perspectiva de la justicia hídrica. Se parte del reconocimiento de que estos territorios, marcados por procesos de urbanización acelerada, exclusión social y precariedad habitacional, enfrentan condiciones estructurales que limitan la provisión de servicios básicos como el agua potable. La expansión desigual de infraestructura y servicios públicos ha generado fragmentaciones en la ciudad que afectan de manera particular a las zonas periféricas, donde el abastecimiento hídrico suele depender de soluciones informales o costosas, comprometiendo su calidad, continuidad y asequibilidad.

A través de la revisión de literatura y marcos analíticos previos, se examinan las dinámicas que influyen en el acceso al agua en contextos urbanos vulnerables, integrando tanto enfoques técnicos como sociales. En este sentido, el concepto de justicia hídrica se plantea como una herramienta clave para analizar las desigualdades en la distribución del agua, incorporando dimensiones políticas, económicas y sociales. Casos documentados en la región muestran cómo este concepto ha permitido no solo visibilizar injusticias, sino también promover políticas públicas más inclusivas, estrategias comunitarias y acciones colectivas orientadas a la defensa del derecho humano del acceso al agua.

Finalmente, se proponen cuatro ejes analíticos desde la justicia hídrica para abordar de manera cuantitativa las desigualdades en el acceso al agua: (1) suministro y abastecimiento, (2) disponibilidad y desigualdad hídrica, (3) gobernanza del agua, y (4) riesgo/sensibilidad. Estos ejes permiten estructurar el análisis de forma integral, considerando desde el acceso físico y regular al recurso, hasta la participación en su gestión y la vulnerabilidad frente a eventos externos. De esta forma, el marco teórico no solo ofrece herramientas para comprender el fenómeno, sino también para proponer alternativas más justas y sostenibles.

1.1 Periferia urbana

La periferia urbana, según Hernández y Campos (2023), comprende la zona de transición entre lo rural y lo urbano. El proceso de periurbanización, caracterizado por la expansión de las ciudades y la integración progresiva de las áreas rurales circundantes, comenzó entre las décadas de 1940 y 1970 en los países desarrollados. Durante ese periodo, los gobiernos impulsaron la

descentralización de la industria y otras actividades productivas hacia zonas rurales cercanas, con el objetivo de reducir la alta densidad poblacional en los núcleos urbanos (Soares y Salazar, 2017).

En contraste, durante la década de 1980, las ciudades de los países en desarrollo, especialmente en América Latina, experimentaron un crecimiento acelerado. Este proceso estuvo marcado tanto por un incremento poblacional como por una expansión física del suelo urbano, impulsado en gran medida por la migración constante desde las zonas rurales hacia los principales centros urbanos y motivada por la expectativa de modernización y las oportunidades laborales en las industrias (Soares y Salazar, 2017).

Las periferias urbanas se diferencian de los espacios urbanos consolidados y los espacios rurales por su ubicación intermedia. Este territorio se caracteriza principalmente por su discontinuidad física, resultado de los procesos de difusión urbana y la alteración espacial del medio rural (Hernández y Campos, 2023).

Comprender las periferias urbanas requiere un enfoque integral que combine aspectos cualitativos y cuantitativos para captar su complejidad y dinamismo (Ávila Sánchez, 2009). Estas áreas deben concebirse como espacios de transición donde convergen y coexisten dinámicas rurales y urbanas³, lo que las convierte en una nueva forma de crecimiento dentro de la estructura metropolitana con impactos significativos a escala regional (Aguilar y López, 2014). Es esencial reconocer que las periferias urbanas se configuran a partir de la interacción entre una población social y económicamente heterogénea y un mercado de tierras caracterizado por la coexistencia de dinámicas formales e informales (Ávila Sánchez, 2009).

En este contexto, la interrelación entre el campo y la ciudad cobra especial relevancia, ya que las áreas rurales proveen recursos esenciales como alimentos, materiales y servicios ecosistémicos, mientras que las ciudades aportan bienes manufacturados y tecnología. Sin embargo, esta relación también genera otros impactos negativos, como el deterioro ambiental y la sobreexplotación de los recursos hídricos. A pesar de su importancia, las dinámicas territoriales y socioeconómicas de las periferias suelen quedar invisibilizadas en las estadísticas oficiales, que tienden a separar rígidamente lo urbano y lo rural. Por ello, es necesario adoptar un enfoque más amplio e integrador que permita analizar la compleja articulación entre economía local, estructura

³ Según Palacios Alfaro *et al.* (2014), algunos ejemplos de dinámicas rurales y urbanas en contextos periurbanos incluyen: la tecnificación del sector agropecuario; el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura forestal; la revalorización de los centros históricos frente a la dispersión urbana; la metropolización extendida; la influencia de la globalización; y la suburbanización campesina.

metropolitana y procesos de transición urbano-rural ya que permiten entender estos territorios no solo como espacios físicos de expansión urbana, sino como escenarios dinámicos donde interactúan múltiples procesos estructurales y sociales (Aguilar y López, 2014).

1.1.1 Periferias urbanas en América Latina

Las periferias urbanas en América Latina han sido objeto de un amplio debate académico debido a su complejidad y a las diversas realidades que engloban. En términos generales, diversos autores como Schteingart (1989), Bazant (2004), Tomás (1997) y Hernández y Campos (2023) las definen como el espacio de expansión entre la zona urbana y la rural, caracterizado por un desarrollo desigual, la falta de infraestructura y una marcada segregación socioeconómica.

Según Ávila Sánchez (2009), la periferia urbana en América Latina se distingue por la heterogeneidad de la población y los procesos territoriales, así como por su movilidad e influencia en la construcción territorial. En estos espacios, predominantemente habitacionales, se observa una diferenciación en la apropiación y uso del suelo, con barrios de altos ingresos colindando con zonas marginales de bajos recursos.

Para Pradilla Cobos (2014), la configuración de las periferias urbanas en América Latina responde a múltiples factores. En primer lugar, el fuerte desequilibrio en la expansión urbana concentra el desarrollo en aglomeraciones predominantes. Como resultado, la oferta de empleo y servicios es insuficiente para absorber el crecimiento poblacional, lo que exacerba la desigualdad territorial⁴. Las poblaciones de bajos ingresos suelen asentarse en áreas expuestas a contaminación, riesgos naturales y carencias de infraestructura, mientras que las clases altas acceden a entornos más seguros y mejor equipados. Estas desigualdades también se reflejan en los patrones de consumo: mientras las élites disfrutan de bienes y servicios de alta calidad, los sectores populares dependen de opciones limitadas y, en muchos casos, informales. A esto se suma el proceso de desindustrialización de las grandes ciudades latinoamericanas, acompañado de una creciente polarización económica hacia el sector terciario, caracterizado por el trabajo precario y las actividades de subsistencia.

⁴ Para Paolasso (2020) la desigualdad territorial es la expresión espacial de las capacidades dispares que poseen los actores para construir el territorio, reflejada en la diferenciación socioespacial y en la distribución desigual de recursos y oportunidades. Incluye dimensiones materiales, simbólicas y existenciales, y se manifiesta como fragmentación cuando las brechas persisten y se profundizan.

Dado que la periferia urbana en América Latina ha adoptado diversas formas difíciles de clasificar, Aguilar y López (2014) proponen identificar estas áreas a partir de su fragmentación, la dispersa concentración de población, la presencia de actividades económicas heterogéneas⁵ de baja intensidad, la mezcla de usos de suelo y la escasez de equipamiento urbano.

Hasta finales de los años setenta, estos territorios dependían en gran medida de los centros urbanos y se caracterizaban por su lejanía y largos desplazamientos, la limitada accesibilidad y la falta de servicios básicos (Ávila Sánchez, 2009). Sin embargo, en las últimas décadas, en las periferias urbanas de América Latina, ha prevalecido un modelo de desarrollo polinuclear con mayor densidad y equipamiento, transformando su dinámica y relación con la ciudad. Actualmente, la ocupación en estas periferias presenta patrones dispersos y discontinuos, con una expansión periférica fragmentada, desarrollos lineales o en corredores, ocupaciones aisladas y terrenos vacíos intermedios (Aguilar y López, 2014). Esta transformación plantea nuevos desafíos en términos de planificación urbana, acceso a servicios, recursos y sostenibilidad en el crecimiento de las ciudades latinoamericanas.

1.1.2 Características y problemáticas en periferias urbanas

A pesar de que la vivienda puede ser estudiada desde diversas perspectivas –como un receptáculo del hogar en donde se desarrollan la vida cotidiana y los lazos afectivos, como un espacio a ser habitado, con implicaciones sobre la apropiación, el derecho a la ciudad y la calidad de vida o como un objeto de transferencia, sujeto a intercambios temporales o permanentes a través de procesos como la renta, la compraventa o la herencia (Salazar Cruz, 2024)– esta investigación está enfocada en la vivienda como un objeto de producción dentro de un sistema económico de mercado, donde su gestión está influenciada por las dinámicas de oferta, demanda y regulación (González Sánchez y Kunz Bolaños, 2005; Salazar Cruz, 2024). Este enfoque, que permite distinguir entre viviendas formales e informales, toma en cuenta cómo las condiciones del mercado, las políticas públicas y las prácticas informales impactan en su creación, distribución y acceso. Así, la distinción entre ambos tipos de vivienda es definida en función de los mecanismos que rigen su construcción, su reconocimiento jurídico y su acceso a servicios básicos (Salazar Cruz, 2024).

⁵ En las periferias urbanas o zonas periurbanas, las actividades económicas suelen ser diversas y abarcan los sectores agrícola, secundario y terciario. Se observa una diversificación que incluye labores agrícolas combinadas con actividades industriales, comerciales y de servicios (Palacios Alfaro *et al.*, 2014).

En la literatura especializada sobre vivienda en América Latina, el concepto de vivienda formal hace referencia a aquellas viviendas producidas tanto por el Estado como por el mercado inmobiliario, que cumplen con las normativas urbanísticas, técnicas de construcción adecuadas y los derechos de propiedad establecidos. Estas viviendas suelen estar legalmente registradas y contar con acceso a servicios básicos como agua, electricidad y drenaje (Schteingart, 1989; González Sánchez y Kunz Bolaños, 2005; Salazar Cruz, 2024).

De acuerdo con Aguilar y López, (2014) y Gilbert (2017), las clases medias y altas que están ubicadas en la periferia urbana han impulsado la expansión de desarrollos cerrados, urbanizaciones privadas, centros comerciales y parques urbanos. Estos grupos han ejercido una presión directa sobre los cambios en el uso del suelo habitacional, buscando acceder a terrenos más grandes a precios más bajos. Estos conjuntos habitacionales, al contar con seguridad privada y acceso restringido, refuerzan la segregación espacial al limitar la interacción entre distintos grupos socioeconómicos y consolidar barreras físicas dentro del tejido urbano. Debido a que la vivienda formal también puede localizarse en zonas con infraestructura limitada, pueden generar una sobrecarga en la provisión de servicios públicos.

Además de fortalecer la fragmentación urbana, estos desarrollos son presentados dentro del mercado de la vivienda como espacios seguros y autosuficientes, atrayendo a nuevos residentes con la promesa de protección frente a la violencia y una mejor calidad de vida. Su diseño incorpora una variedad de servicios y equipamientos como supermercados, tiendas departamentales, oficinas y áreas recreativas, lo que aumenta su autonomía respecto al resto de la ciudad. Ejemplos de comunidades cerradas se encuentran en barrios como Santa Fe, en la CDMX, y Barra da Tijuca, en Río de Janeiro, donde la presencia de habitantes de clase baja es mínima y los desarrollos residenciales privados siguen en expansión. En Bogotá, la creciente demanda del mercado inmobiliario ha impulsado la incorporación de muros perimetrales y seguridad privada como elementos clave en los nuevos desarrollos. Incluso la nueva vivienda social de este último país ha comenzado a integrar sistemas de control de acceso y vigilancia en sus entradas principales (Gilbert, 2017).

Por el contrario, la vivienda informal alude a aquellas viviendas desarrolladas por los habitantes, principalmente en contextos de pobreza, a través de procesos como la autoproducción y autogestión. En las periferias urbanas latinoamericanas, las viviendas informales son desarrolladas de manera progresiva, con materiales precarios, carecen de servicios públicos como

alcantarillado o electricidad, no cumplen con las regulaciones urbanísticas ni las normas técnicas de construcción y, en muchas ocasiones, carecen de una definición clara de los derechos de propiedad. Este tipo de vivienda surge, en su mayoría, debido a la falta de acceso a opciones habitacionales formales, la precariedad laboral y los bajos salarios que limitan el acceso a créditos hipotecarios y a una vivienda digna dentro del mercado formal (Schteingart, 1989; Gilbert, 2017).

Las viviendas informales pueden estar ubicadas en suelo público, pero también en suelo de importancia ecológica y ambiental, lo que agrava las condiciones de vulnerabilidad de sus habitantes ante riesgos socioambientales y pone en riesgo su vida (Schteingart, 1989; González Sánchez y Kunz Bolaños, 2005; Fernandes, 2011; Aguilar y López, 2014; Gilbert, 2017; Salazar Cruz, 2024). Además de acelerar el proceso de expansión urbana desordenada, la informalidad representa un alto costo para los gobiernos locales que, ante esta situación, deben implementar programas de mejora además de generar gastos indirectos significativos derivados de su impacto en la salud pública, la violencia criminal y otras problemáticas sociales asociadas (Fernandes, 2011; Gilbert, 2017).

La falta de políticas públicas efectivas en materia de vivienda ha llevado a que los gobiernos toleren la expansión informal y la autoconstrucción⁶ de vivienda en la periferia. En muchos casos, esta permisividad responde a la incapacidad del Estado para ofrecer alternativas habitacionales accesibles, lo que termina por normalizar la ocupación informal del suelo y la precarización de las condiciones de vida en estas zonas (Gilbert, 2017).

La vivienda autoconstruida suele ser estigmatizada tanto por los gobiernos como por la población urbana, que la asocia con prejuicios como la desorganización social, bajos niveles educativos, desnutrición, alta incidencia de enfermedades, inestabilidad laboral, alcoholismo y violencia familiar. No obstante, la autoconstrucción ha sido una solución clave para millones de familias, proporcionando acceso a una vivienda en contextos donde ni el Estado ni el mercado inmobiliario han garantizado alternativas habitacionales asequibles (González Sánchez y Kunz

⁶ De acuerdo con Schteingart (1989), la autoconstrucción se refiere a una forma de producción habitacional en la cual el consumidor es simultáneamente el productor directo, ejerciendo control económico y técnico sobre el proceso constructivo. Este tipo de vivienda se edifica mediante el uso de fuerza de trabajo no vendida al capital (como la propia o la de miembros del hogar), con medios elementales de producción y materiales de bajo costo, muchas veces fuera del mercado formal. Aunque el objetivo inicial es el autosuministro de un bien de uso, la vivienda resultante puede posteriormente ingresar al mercado. Esta modalidad es característica de los sectores populares, que, ante la exclusión de los sistemas formales de producción habitacional, recurren a estrategias propias y progresivas de acceso a la vivienda. En la práctica, suelen observarse formas combinadas entre la autoconstrucción y la contratación parcial de mano de obra técnica.

Bolaños, 2005; Gilbert, 2017; Salazar Cruz, 2024). De acuerdo con Vergara-Perucich *et al.* (2022), un tercio de la población en América Latina habita en vivienda informal autoconstruida.

Una de las principales problemáticas derivadas de la división socioespacial en la periferia en América Latina es la deficiente infraestructura hidráulica que generalmente afecta más a la población que habita en viviendas informales. Esto se debe, en gran parte, a la ubicación de viviendas en zonas con pendientes pronunciadas, donde la instalación de la red hidráulica resulta compleja y costosa. En estas áreas, el abastecimiento de agua potable suele depender de fuentes no tratadas o sistemas precarios como el suministro mediante pipas o camiones cisterna, la extracción ilegal de agua de pozos, la compra a intermediarios o el uso de hidrantes públicos. Sin embargo, estos métodos no garantizan la continuidad ni la calidad del agua (Allen *et al.*, 2006a; Aguilar y López, 2014; Hernández y Campos, 2023), lo cual limita el acceso al agua y constituye una obligación constitucional del Estado.

A ello se suma la ausencia de un sistema de drenaje adecuado. Como resultado, muchas comunidades recurren a prácticas de desagüe insalubres, como el uso de fosas sépticas, barrancas o grietas naturales para la descarga de aguas residuales. Estas soluciones improvisadas degradan el entorno, agravan las condiciones de habitabilidad y representan un riesgo para la salud pública, al incrementar la exposición a enfermedades de origen hídrico –como infecciones gastrointestinales y respiratorias– y otros problemas sanitarios. En consecuencia, estas deficiencias perpetúan la pobreza y la marginación de las comunidades más vulnerables (Allen *et al.*, 2006a; Aguilar y López, 2014; Hernández y Campos, 2023).

La heterogeneidad en la ocupación del suelo periférico también está reflejada en la diversidad de usos que coexisten en estas áreas. En cuanto al uso habitacional, la periferia alberga tanto vivienda formal como vivienda informal y asentamientos informales⁷, configurando un paisaje urbano fragmentado y de contrastes marcados. Predominan, asimismo, los espacios destinados a la producción agropecuaria, la recreación, la protección ecológica y la disposición de desechos sólidos, así como infraestructura clave como aeropuertos, centros cooperativos y

⁷ Los asentamientos informales surgen cuando un conjunto de viviendas informales se concentra en un mismo territorio sin respetar las regulaciones de uso de suelo y urbanización. Estas urbanizaciones populares de origen irregular pueden evolucionar con el tiempo hacia asentamientos informales o hacia asentamientos formales que se consolidan mediante procesos de autogestión comunitaria y la búsqueda de acceso a servicios e infraestructura. No obstante, a pesar de alcanzar ciertos niveles de consolidación física y social, estos asentamientos consolidados enfrentan obstáculos persistentes en términos de regularización legal e integración plena a la estructura urbana formal (Cortés Lara, 2018).

comerciales, zonas industriales y sitios de extracción de materiales para la construcción (Ávila Sánchez, 2009; Aguilar y López, 2014).

El rápido cambio en el uso del suelo en las áreas periurbanas ha provocado escasez de tierras que afectan especialmente a los pobres de estas zonas. Estos procesos generan una gran incertidumbre en los medios de vida, especialmente entre los más pobres, que tienen poca resiliencia económica frente a los cambios. La pobreza periurbana es multidimensional, ya que los pobres enfrentan más impactos negativos debido a la periurbanización, cambios en la producción y comercialización agrícola y la disponibilidad de recursos naturales (Allen *et al.*, 2006a).

Otra complicación relevante en la convergencia de los usos de suelo radica en la proximidad entre las actividades agropecuarias y los diferentes usos urbanos, ya que ambas están bajo una fuerte presión de intereses inmobiliarios que promueven la venta de tierras y su conversión para otros fines. A esta situación se suman diversos desafíos ambientales, como el impacto de los desechos sólidos y líquidos en ríos y tiraderos, la contaminación atmosférica, los efectos sobre los mantos freáticos, los conflictos con otros usos de suelo y la falta de apoyos económicos para el mantenimiento de estos espacios. La ausencia de una planificación y regulación efectivas compromete el papel de estos territorios como barreras para contener el crecimiento urbano, exponiéndolos a una continua reconfiguración espacial. La utilización de materiales, como el cemento en la ampliación de infraestructuras viales, altera la infiltración de agua, reconfigura los cauces naturales de los ríos y reduce la densidad vegetal existente. En algunos casos es impulsado el uso de fertilizantes y pesticidas que afectan las propiedades del suelo y contribuyen al deterioro ambiental (Aguilar y López, 2014).

La periurbanización en América Latina también es un proceso que impacta directamente a las comunidades y modifica su forma de vida. El incremento de complejos residenciales y centros comerciales intensifica la dependencia del transporte público y de vehículos particulares, lo que contribuye al aislamiento entre distintos grupos de población, pero también a una mayor emisión de gases contaminantes. Agricultores, habitantes informales, empresarios industriales y miembros de la clase media urbana que viajan al trabajo pueden vivir en un mismo territorio, pero con intereses, prácticas y percepciones diferentes y, a menudo, en competencia (Allen *et al.*, 2006a).

Igualmente, la transformación del paisaje natural genera la pérdida de identidad en las comunidades locales. En las periferias urbanas con presencia de pueblos originarios, este cambio se traduce en un deterioro del vínculo con el entorno y en el debilitamiento del sentido de

pertenencia al territorio (Allen *et al.*, 2006a; Aguilar y López, 2014). Las familias de bajos recursos en estas áreas suelen carecer de ingresos regulares, tener acceso limitado a recursos naturales, una alta dependencia de migraciones temporales y una mayor incidencia de hogares encabezados por mujeres (Allen *et al.*, 2006a).

En contraste con las zonas centrales, la población que habita en viviendas informales en la periferia enfrenta mayores dificultades para acceder a empleos en el sector formal, educación superior e infraestructura tecnológica en el hogar, como el uso de computadoras. Estas limitaciones perpetúan las condiciones socioeconómicas y educativas desfavorables de las familias (Aguilar y López, 2014; Gilbert, 2017).

Además de las desigualdades en el acceso a empleos, educación y tecnología, la periferia enfrenta desafíos estructurales en su administración y gestión. La gobernabilidad de los espacios periféricos está caracterizada por tener una fragmentación entre múltiples gobiernos municipales. El crecimiento de las zonas metropolitanas ha impulsado la incorporación de nuevos municipios; sin embargo, persiste la ausencia de una autoridad metropolitana unificada que gestione la región de manera integral (Allen *et al.*, 2006a; Aguilar y López, 2014). A diferencia de los gobiernos urbanos, los gobiernos locales en la periferia disponen de recursos limitados, lo que dificulta la integración de servicios urbanos. En algunos casos, recurren a estancias fiscales extraordinarias que, lejos de ofrecer soluciones estructurales, solo atienden de manera temporal a problemas que se consideran inmediatos (Aguilar y López, 2014).

Las desigualdades en las periferias urbanas en América Latina están relacionadas con la disminución progresiva de ciertos factores clave a medida que se alejan del centro urbano, como son la solidez institucional, el involucramiento comunitario, la disponibilidad de fuerza de trabajo calificada y el acceso a redes tecnológicas robustas (Copus, 2001; Aguilar y López, 2014).

1.2 Acceso al agua en vivienda ubicada en periferia urbana en América Latina

En julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el acceso al agua potable⁸ y el saneamiento como derechos humanos⁹. Esta resolución enfatiza que ambos derechos son

⁸ El “‘agua potable’ se refiere a la que es apta para beber, cocinar, preparar alimentos y la higiene personal” (*We Are Water, s/f*). En esta investigación, los términos acceso al agua potable y acceso al agua se utilizan como sinónimos, salvo indicación contraria.

⁹ “Los derechos humanos son derechos inherentes a todos los seres humanos, sin distinción alguna de nacionalidad, lugar de residencia, sexo, origen nacional o étnico, color, religión, lengua, o cualquier otra condición. Todos tenemos

fundamentales para garantizar una vida digna, la salud y el bienestar de las personas, y son imprescindibles para la realización de otros derechos humanos, como el derecho a la alimentación tanto en su producción como en su preparación e higiene (Naciones Unidas, 2010; Becerra y Salas, 2016).

El reconocimiento establece como acceso al agua que toda persona debe tener acceso a una cantidad suficiente de agua para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros por persona al día), que sea segura, aceptable (en términos de sabor, olor y apariencia), físicamente accesible (la fuente debe estar a menos de 1,000 metros de la vivienda y su recolección no debe superar los 30 minutos) y asequible (el costo del agua no debe superar el 3% de los ingresos del hogar) (*United Nations, s/f*).

Este marco normativo destaca la obligación de los Estados de garantizar que toda la población disponga de agua suficiente, segura, de buena calidad y asequible, así como de instalaciones de saneamiento accesibles, en especial para las comunidades más vulnerables (Naciones Unidas, 2010; Becerra y Salas, 2016).

A pesar del reconocimiento internacional del acceso al agua potable y saneamiento como derechos humanos, las periferias urbanas en América Latina carecen de políticas públicas hídricas integrales, redistributivas y sociales, así como de infraestructura urbana y ambiental necesaria para garantizar el acceso al agua potable y al saneamiento (Soares y Salazar, 2017; Ojeda *et al.*, 2019).

La gobernanza del acceso al agua enfrenta numerosos problemas a diferentes niveles de gobierno. Como señala la OCDE (2012), en América Latina existe una fragmentación institucional que dificulta la regulación y fiscalización del servicio, la implementación de tarifas diferenciadas y la promoción de la participación comunitaria. Estos vacíos también afectan las relaciones entre entidades públicas y privadas, complicando la gobernanza del recurso, especialmente en contextos de alta pobreza y capacidad de pago limitada.

Por otro lado, los gobiernos municipales y locales carecen de los recursos institucionales, técnicos y presupuestales necesarios para cumplir con estas funciones (Soares y Salazar, 2017). En la mayoría de los países, las empresas municipales y los concesionarios, además de contar con pocos incentivos económicos, no están autorizados para conectar a la red hidráulica a los habitantes

los mismos derechos humanos, sin discriminación alguna. Estos derechos son interrelacionados, interdependientes e indivisibles.” (CNDH México, *s/f*)

que no cuentan con título de propiedad o están asentados en zonas ilegales (Allen *et al.*, 2006a; *Water and Sanitation Program* y Banco Mundial, 2008; OECD, 2012).

Los camiones cisterna constituyen el método de abastecimiento más común, con capacidad para suministrar agua diariamente a entre 70 y 350 familias –lo que equivale a entre 400 y 1,500 personas–. Algunas redes organizadas de camiones cisterna operan de manera continua, permitiendo un suministro más amplio y sostenido para un mayor número de viviendas informales (*Water and Sanitation Program* y Banco Mundial, 2008).

Otras formas en las que los habitantes ubicados en suelo periurbano acceden al agua incluyen la extracción de agua de pozos, tandeo, la captación de agua de lluvia, así como prácticas ilegales como el robo de agua o las tomas clandestinas (Allen *et al.*, 2006a; Hernández y Campos, 2023). Debido a la falta de infraestructura hídrica dentro de las viviendas informales, al recibir el agua, los habitantes suelen almacenarla en cubetas o tinacos. Estas prácticas, en donde el agua carece de un tratamiento adecuado y es extraída de manera directa, tienen repercusiones tanto en el ambiente –ya que pueden contaminar los depósitos de agua superficiales y subterráneos–, como en la salud de la población, al propiciar la proliferación de enfermedades de origen hídrico como el cólera o la tifoidea (Allen *et al.*, 2006a; Hernández y Campos, 2023).

Las aguas negras provenientes de las periferias urbanas son desechadas en barrancas o canales a cielo abierto. En algunos casos son utilizadas para regar y fertilizar suelos agrícolas lo que también provoca contaminación ambiental y problemas para la salud (Hernández y Campos, 2023). En las viviendas informales, el reúso de aguas grises es una práctica habitual. El agua proveniente del aseo personal, el lavado de ropa y la limpieza de utensilios es reutilizada para descargas en el inodoro y la limpieza de espacios en la vivienda, calles o jardines (Hernández y Campos, 2023).

Según Allen *et al.* (2006a) los hogares periurbanos informales destinan una parte significativa de sus ingresos para acceder al agua, comprándola a proveedores informales a precios mucho más altos que los precios de la red pública. A nivel global, las personas que compran agua por balde a camiones cisterna, operadores de pozos, kioscos o vendedores ambulantes pueden pagar hasta 100 veces más por litro en comparación con quienes la reciben mediante el servicio público. Además del costo monetario, muchas familias periurbanas enfrentan costos adicionales, como el tiempo invertido en recolectar agua y la compra de combustible para hervir agua no segura, lo que agrava su carga económica.

A pesar de esta disposición a pagar, el alto costo del agua en el sector informal obliga a muchas familias a reducir otros gastos esenciales –como la alimentación– lo que puede derivar en problemas de salud. La falta de acceso al agua potable segura también aumenta el riesgo de enfermedades, con altos costos médicos (Allen *et al.*, 2006a).

De acuerdo con *Water and Sanitation Program* y el Banco Mundial (2008), la ciudad de Arequipa, Perú, es un ejemplo del acceso al agua en periferias urbanas donde las viviendas informales en estos espacios no cuentan con tomas domiciliarias, por lo que el abastecimiento del agua es a través de camiones cisterna; en Lima, Perú, alrededor de dos millones (IntraMed, 2024) de personas no tienen servicio de agua potable en su vivienda; en Managua, Nicaragua, los habitantes de estas zonas han establecido conexiones ilegales a las redes existentes lo que ha ocasionado grandes pérdidas económicas debido a las fugas de agua y al servicio no cobrado; en Medellín, Colombia, así como en la CDMX, México, la cobertura de red hídrica no incluye a los habitantes ubicados en asentamientos irregulares; en Santa Cruz, Bolivia, el servicio en la periferia urbana ha sido solucionado a través de la creación de conexiones a la red mediante facilidades de pago pero el mayor problema que enfrentan las zonas marginadas es el saneamiento del agua, en comparación con la provisión y acceso al agua.

De acuerdo con Fernandes (citado en Ojeda *et al.*, 2019), la falta de acceso al agua potable y al saneamiento en las periferias urbanas es causada por cuatro factores principales: (1) la incapacidad estructural sistémica del Estado para abordar el déficit de vivienda; (2) los criterios elitistas de la planificación urbana, que ignoran la realidad socioeconómica de los territorios; (3) la autonomía limitada de los municipios para implementar acciones de impacto sistémico; y (4) una legislación urbana conservadora que prioriza el derecho a la propiedad individual sobre lo colectivo. A estas problemáticas se suma el hecho de que muchas de estas viviendas están ubicadas en zonas con pendientes pronunciadas lo que dificulta la implementación de infraestructura hidráulica para las viviendas. La falta de infraestructura urbana refleja la interacción de limitaciones normativas, económicas y políticas del Estado, las cuales dificultan el suministro de agua (Ojeda *et al.*, 2019).

Según Ojeda *et al.* (2019) el acceso al agua potable y al saneamiento puede analizarse a través de seis dimensiones, que pueden ser complementarias o independientes: (1) provisión, (2) conexión, (3) calidad del agua, (4) regularidad del suministro, (5) calidad del servicio e (6) infraestructura. Sin embargo, disponer de provisión y conexión no garantiza un acceso seguro y

equitativo, ya que la falta de control y gestión adecuada puede derivar en prácticas ineficientes de almacenamiento y contaminación del agua. Estudios en ciudades de América Latina han demostrado que los esfuerzos por mejorar el acceso al agua en las periferias urbanas se han centrado principalmente en la provisión y la conexión, dejando de lado aspectos clave como la calidad y la regularidad del servicio (Ojeda *et al.*, 2019). En las periferias urbanas el saneamiento del agua también es una de las dimensiones menos atendidas (Hernández y Campos, 2023) mientras que la visión predominante en ingeniería y gestión urbana privilegia las soluciones centralizadas, considerándolas las más adecuadas en términos de costo-beneficio, gestión y control de calidad (Allen *et al.*, 2006a). En muchos casos, la implementación de este tipo de soluciones no fomenta la intervención del sector público o privado, sino que están ligadas a estrategias de autogestión comunitaria y del apoyo de instituciones externas que median en la negociación con actores gubernamentales y privados (Ojeda *et al.*, 2019).

En las periferias urbanas de América Latina, el acceso al agua potable y al saneamiento sigue estando marcado por desigualdades estructurales, legales e institucionales. A pesar del reconocimiento del acceso al agua como un derecho humano, las personas que habitan en zonas periurbanas continúan enfrentando múltiples barreras para acceder a servicios seguros, asequibles y de calidad. La ausencia de políticas públicas redistributivas, la fragmentación institucional, la falta de infraestructura adecuada, y los marcos normativos excluyentes refuerzan patrones de exclusión que afectan especialmente a quienes viven en asentamientos informales o sin título de propiedad. Ante este escenario, las soluciones al abastecimiento suelen recaer en mecanismos alternativos e informales, que implican altos costos económicos, riesgos sanitarios y una gran carga de trabajo para los hogares. Esta realidad pone en evidencia que garantizar el derecho al agua no solo requiere ampliar la cobertura, sino transformar los modos en que se concibe, gobierna y gestiona el recurso en contextos urbanos marcados por la desigualdad.

Para comprender con mayor profundidad las causas, expresiones y consecuencias de estas desigualdades en el acceso al agua, así como para proponer alternativas más justas y sostenibles, resulta indispensable recurrir a marcos analíticos y enfoques interdisciplinarios que permitan visibilizar las dinámicas de poder, exclusión territorial y gestión diferenciada del recurso hídrico. En la siguiente sección se revisan distintas corrientes teóricas y estudios recientes que han abordado esta problemática desde perspectivas como la ecología política urbana, el análisis espacial, la gestión integrada del agua y los estudios de caso en diversas ciudades del Sur Global.

Esta revisión tiene como fin establecer las bases conceptuales y metodológicas para el análisis del acceso al agua en las periferias urbanas, con énfasis en la Ciudad de México (CDMX).

1.3 Revisión de literatura y marcos analíticos para el estudio del acceso al agua

El acceso al agua ha sido un tema ampliamente estudiado desde diversas disciplinas debido a su importancia crucial para la salud pública, el bienestar social y el desarrollo económico. A lo largo de los años, una variedad de marcos analíticos y publicaciones han permitido explorar en la comprensión de las desigualdades en el acceso al agua, especialmente en contextos urbanos.

La literatura sobre el acceso al agua ha permitido analizar las desigualdades en su distribución desde diversas perspectivas, incluyendo la ecología política urbana y el análisis espacial. Estos enfoques han sido fundamentales para comprender cómo las dinámicas socioeconómicas y políticas influyen en la provisión del recurso.

Dentro de los estudios sobre ecología política urbana y el acceso al agua, destacan autores como Patricia Ávila-García, quien ha investigado la neoliberalización de la naturaleza y del agua en América Latina, analizando el papel del Estado y los actores privados en la privatización de los recursos hídricos¹⁰ y los conflictos socioambientales que surgen a partir de ello. Otra autora relevante es Karen Bakker (2007), que ha explorado la ecología política de la privatización del agua, examinando cómo estas dinámicas afectan la distribución y el acceso a este recurso vital. Además, Joan Martínez-Alier ha hecho valiosas contribuciones al estudio de los conflictos ecológico-distributivos, fundamentales para entender las luchas por el acceso al agua (Ávila-García, 2015).

Otros autores se han enfocado en analizar el acceso al agua con la ayuda de análisis espacial. El análisis espacial puede ser una herramienta valiosa para estudiar el acceso al agua en las ciudades al permitir una comprensión más completa de la distribución y demanda de agua en diferentes áreas urbanas. En el caso de la CDMX, por ejemplo, autores como Ramos Bueno *et al.*, (2021) han utilizado el análisis espacial para estimar la demanda doméstica de agua y sus

¹⁰ Avendaño (2016) define la privatización del agua como un proceso respaldado por instituciones estatales que permite la participación progresiva de operadores privados y asociaciones público-privadas en la gestión del agua, aplicando sistemas tarifarios que afectan a gran parte de la población. Este proceso implica una transformación del agua de un derecho fundamental a un bien comercial, donde el acceso depende de la capacidad económica de los usuarios, y se busca la eficiencia empresarial y generación de ganancias, lo que conlleva a la renuncia al patrimonio hídrico de los ciudadanos.

determinantes a escala de colonias, considerando factores socioeconómicos, densidad urbana y acceso al agua. Este tipo de análisis ayuda a identificar áreas prioritarias para implementar estrategias de gestión integrada del agua urbana (GIAU), lo cual es crucial para la toma de decisiones informadas sobre la gestión del recurso hídrico en contextos urbanos.

Por otro lado, investigadores como Escolero *et al.*, (2016) han abordado la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua, haciendo hincapié en la necesidad urgente de que la CDMX centre sus esfuerzos en estrategias de gestión de la demanda de agua, en lugar de seguir priorizando proyectos de importación de agua para aumentar la oferta. Su trabajo proporciona un diagnóstico detallado de las principales fuentes de agua de la ciudad, como manantiales, pozos y sistemas de captación, señalando los desafíos que enfrentan debido a problemas de infraestructura, degradación ambiental y conflictos socio-administrativos. El análisis revela que el sistema de abastecimiento de agua, especialmente el Sistema Cutzamala, presenta vulnerabilidades significativas derivadas de la sedimentación, el deterioro de infraestructuras y las tensiones sociales en torno a la distribución del agua.

Además del análisis académico y técnico sobre las condiciones de acceso al agua en la CDMX, existen también evaluaciones institucionales que permiten comprender cómo las políticas públicas han abordado este derecho. El estudio “Evaluación de la política de acceso al agua potable en el Distrito Federal” (Jiménez Cisneros *et al.*, 2011), ofrece un análisis detallado de los programas implementados entre 2000 y 2006, sus limitaciones y los retos en torno a la cobertura, calidad y asequibilidad del servicio. Esta evaluación pone en evidencia las tensiones entre los marcos normativos, la implementación local y las condiciones sociales en territorios marcados por desigualdades estructurales.

En el estudio del acceso al agua en periferias urbanas de América Latina, algunas de las investigaciones han adoptado un enfoque cualitativo, poniendo énfasis en las experiencias comunitarias, las dinámicas sociales y los conflictos derivados de la distribución desigual del recurso. Gran parte de estos estudios fueron publicados entre finales de la década de los noventa y principios del siglo XXI, destacando trabajos como la tesis de Maestría de Cruz (2004), que analiza tres casos de poblados en el SC de la CDMX y su relación con la falta de servicios de agua potable y drenaje; la publicación de García-Estrada y Hernández-Guerrero (2019), que explora el ciclo hidrosocial y el acceso al agua en la periferia de Morelia, Michoacán, México; el estudio de Guerrero (2012), que examina los movimientos sociales y urbanos ambientales en la lucha por el

acceso al agua en Tandil, Argentina; y el artículo de Giatti *et al.* (2019) que, a través del concepto del "nexo urbano", investigan las interacciones entre agua, energía y alimentos en contextos de escasez, destacando las prácticas sociales en Guarulhos, Brasil, y la necesidad de integrar conocimientos locales en políticas públicas para abordar las desigualdades y la sostenibilidad.

Existen trabajos sobre el acceso al agua en las periferias urbanas de distintas ciudades del mundo como el de Ranganathan y Balazs (2015) que buscan reconsiderar los límites epistemológicos y geográficos que han separado los estudios sobre pobreza hídrica¹¹ y política del agua en el Norte y el Sur Global, a través de la comparación de dos casos en la periferia urbana de California e India; en el artículo de Ranganathan (2014) se analiza cómo el pago por infraestructura hídrica en la periferia de Bangalore funciona como una estrategia política insurgente para reclamar reconocimiento, derechos de propiedad y ciudadanía urbana en un contexto de reformas hídricas orientadas al mercado; y en el trabajo de Oteng-Ababio *et al.* (2017) se estudia cómo la creciente urbanización y las limitaciones financieras en países en desarrollo afectan la provisión de servicios urbanos, específicamente en Accra, Ghana, mostrando cómo la participación del sector privado en la gestión del agua ha generado una competencia poco saludable entre diferentes modelos de gobernanza, lo que resalta la necesidad de un marco regulatorio eficiente para lograr el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (garantizar el acceso universal y equitativo al agua potable y a servicios de saneamiento e higiene (Moran, 2015)) para el 2030.

A continuación, se presenta una tabla síntesis de las principales perspectivas y contribuciones teóricas en el estudio del acceso al agua (Tabla 1):

¹¹ La pobreza hídrica corresponde a una situación en la que una nación o región no puede costear el suministro sostenible de agua limpia para todas las personas en todo momento (Feitelson y Chenoweth, 2002)

Tabla 1. Tabla síntesis: principales perspectivas y contribuciones teóricas en el estudio del acceso al agua

Perspectivas teóricas y conceptuales	Temas abordados	Referencias
Ecología Política Urbana	Privatización del agua, neoliberalización de la naturaleza, conflictos socioambientales, luchas distributivas.	Ávila-García (2015), Bakker (2007)
Análisis Espacial	Estimación de demanda de agua, vulnerabilidad de fuentes de abastecimiento, gestión integrada del recurso, infraestructura y distribución espacial.	Ramos Bueno <i>et al.</i> (2021), Escolero <i>et al.</i> (2016)
Estudios en América Latina	Acceso al agua en periferias urbanas, ciclo hidrosocial, dinámicas comunitarias, conflictos por el agua, conocimiento local.	Cruz Almaráz (2004), García-Estrada y Hernández-Guerrero (2019), Guerrero (2012), Giatti <i>et al.</i> (2019)
Comparación Norte-Sur Global	Diferencias y similitudes en gobernanza hídrica, participación comunitaria, mercado e infraestructura en contextos periféricos globales.	Ranganathan y Balazs (2015), Ranganathan (2014), Oteng-Ababio <i>et al.</i> (2017)
Gobernanza y políticas públicas	ODS 6, desafíos institucionales, participación privada, subsidios, regulación, sostenibilidad, evaluación de programas públicos	Moran (2015), Oteng-Ababio <i>et al.</i> (2017), Escolero <i>et al.</i> (2016); Jiménez Cisneros <i>et al.</i> (2011)

Fuente. Elaboración propia.

Una perspectiva complementaria para abordar el acceso al agua en las periferias urbanas de América Latina es el concepto de justicia hídrica. Este concepto permite ir más allá de los análisis centrados únicamente en la cobertura o infraestructura, al incorporar dimensiones sociales, políticas y territoriales que condicionan el acceso al servicio. Sin embargo, aún existen pocos estudios que analicen específicamente el caso de las periferias urbanas desde esta perspectiva, a pesar de que son territorios donde también se concentran las desigualdades hídricas. Por ello, se vuelve imprescindible investigar el problema desde la justicia hídrica para visibilizar las exclusiones estructurales y los marcos normativos ambientales que perpetúan la desigualdad en estos contextos.

En la siguiente sección se examina cómo esta perspectiva permite un análisis integral del acceso al agua potable en viviendas formales e informales periurbanas, al considerar no solo la

disponibilidad del recurso, sino también las estructuras que determinan su distribución y gobernanza.

1.4 Propuesta de abordaje teórico desde la justicia hídrica

Diversos autores como Boelens *et al.* (2011), Neal Patrick *et al.*, (2014), Sultana (2018) y Boelens *et al.* (2018) definen a la justicia hídrica como el concepto que busca garantizar el acceso equitativo y el control democrático del agua, reconociendo que las desigualdades en su distribución no son solo un problema de escasez física, sino de relaciones de poder, una mala gobernanza y políticas públicas ineficientes. Este concepto critica el control del agua dominado por las élites, la corrupción y la exclusión de comunidades en la toma de decisiones, promoviendo en su lugar la autogestión y la representación justa en la gobernanza del recurso.

La justicia hídrica exige examinar cómo se distribuye el agua, quiénes toman las decisiones, qué intereses prevalecen y qué grupos quedan sistemáticamente excluidos o marginados. Esto es especialmente relevante en contextos urbanos periféricos, donde el acceso al agua suele estar mediado por la informalidad de la vivienda, la precariedad de la infraestructura y la priorización de intereses económicos o territoriales ajenos a las necesidades de la población local (Zwarteveen y Boelens, 2011b).

Desde esta perspectiva, la justicia hídrica implica transformar las estructuras que perpetúan la desigualdad, avanzar hacia modelos que respeten los derechos, conocimientos y necesidades de todas las personas y promover políticas de agua equitativas, democráticas y sostenibles. Esto requiere de marcos legales incluyentes, investigación interdisciplinaria y un fuerte respaldo a la sociedad civil, reconociendo que la aplicación de este concepto varía según el contexto local. En este sentido, el acceso equitativo al agua no se limita a una provisión uniforme, sino que exige una distribución justa del recurso, que atienda las desigualdades históricas y estructurales, reconozca las necesidades diferenciadas de cada comunidad y priorice a quienes han sido sistemáticamente excluidos de la gestión y provisión del agua (Zwarteveen y Boelens, 2011b).

Los principios de la justicia hídrica (justicia, equidad y sostenibilidad) no deben entenderse como aspiraciones abstractas, sino como criterios normativos y operativos para diseñar políticas públicas que reconozcan y corrijan las desigualdades persistentes en el acceso al agua. Esto implica asegurar el derecho efectivo al agua potable para todas las personas, independientemente de su estatus legal, ubicación geográfica o situación socioeconómica, garantizando un mínimo vital

conforme a estándares internacionales. Significa también redistribuir los recursos y capacidades institucionales hacia los territorios históricamente marginados, fomentar formas democráticas de gobernanza del agua que incluyan a las comunidades en la toma de decisiones, y reconocer las formas locales de conocimiento y autogestión como parte legítima del sistema hídrico. Solo así podrá construirse un modelo de gestión urbana del agua que no reproduzca exclusión y desigualdad, sino que avance hacia una ciudad más justa, resiliente y solidaria en su relación con el agua y con sus habitantes (Bakker, 2007; Zwarteveen y Boelens, 2011b; Boelens *et al.*, 2018; Sultana, 2018).

Las políticas hídricas convencionales¹² tienden a ignorar las causas estructurales de la desigualdad y, en lugar de cuestionar los modelos de gobernanza, responsabilizan a las comunidades locales por su supuesta ineficiencia en la gestión del agua. Reformas globales recientes –como la privatización de servicios de agua, la promoción de asociaciones público-privadas y la creación de mercados de agua o sistemas de derechos transferibles– han promovido soluciones basadas en el mercado y en el conocimiento experto, lo que paradójicamente intensifica las desigualdades en lugar de solucionarlas. Estas políticas suelen imponer modelos universalistas, como por ejemplo la implementación de infraestructura de suministro de agua centralizada como única solución, que no consideran los contextos locales, deslegitiman los sistemas tradicionales de gestión del agua y justifican intervenciones que pueden agravar los problemas existentes (Boelens *et al.*, 2018; Sultana, 2018; Stoler *et al.*, 2022).

Hacer efectiva la justicia hídrica implica, por ejemplo, el reconocimiento legal de los sistemas comunitarios de manejo hídrico, la implementación de políticas diferenciadas que atiendan las desigualdades territoriales y la incorporación de saberes locales en los planes y proyectos hídricos. Además, demanda el fortalecimiento de mecanismos de consulta previa e informada, así como la creación de esquemas de gobernanza que valoren tanto el derecho colectivo como el respeto al territorio, entendiendo el agua no como mercancía, sino como bien común esencial para la vida (Boelens *et al.*, 2018).

Desde una perspectiva crítica, la justicia hídrica está enmarcada en la ecología política del agua, que analiza cómo el acceso y control del recurso están mediados por relaciones de poder, formas de conocimiento y sistemas normativos. La ecología política enmarcada dentro del

¹² Ejemplos de políticas hídricas convencionales incluyen la construcción de grandes infraestructuras hidráulicas, la gestión centralizada del recurso, la aplicación de normas de calidad rígidas sin adaptación al contexto local y esquemas de cobro uniformes que no consideran las desigualdades territoriales (CEIICH, 2024; Seven Seas News Team, 2024).

concepto de justicia hídrica permite comprender cómo las desigualdades en la distribución del agua están vinculadas a estructuras más amplias de injusticia social, económica y cultural. La justicia hídrica no solo implica una distribución equitativa del agua, sino también el reconocimiento de las identidades, derechos y conocimientos de comunidades históricamente excluidas (Neal Patrick *et al.*, 2014; Boelens *et al.*, 2018).

Autores como Fraser y Schlosberg (citados en Boelens *et al.*, 2018), han argumentado que la justicia hídrica no puede entenderse únicamente en términos de distribución, sino que también debe considerar la participación y el reconocimiento de actores marginados. En el caso del agua, la exclusión de mujeres y comunidades indígenas en la toma de decisiones ha tenido un impacto directo en su acceso al recurso. La justicia hídrica también plantea la necesidad de una justicia socioecológica, que integre la gestión sostenible del agua con la seguridad hídrica de las generaciones presentes y futuras (Boelens *et al.*, 2018; Sultana, 2018).

Las injusticias hídricas se manifiestan de diversas maneras, reflejando dinámicas de exclusión y desigualdad en el acceso y control del agua. Uno de los ejemplos más evidentes es el acaparamiento del recurso por parte de los agronegocios, donde empresas agrícolas transnacionales adquieren grandes extensiones de tierra en países del Sur Global, generando una competencia desigual con las comunidades locales. Este fenómeno no solo degrada los ecosistemas y pone en riesgo la seguridad alimentaria, sino que también genera un acceso privilegiado al agua, transforma los modos de producción tradicionales y redistribuye los ingresos de manera inequitativa (Cremers *et al.* 2005; Boelens *et al.*, 2018; Sultana, 2018).

Otra expresión de estas desigualdades es la captura del Estado por parte de élites económicas, lo que se traduce en políticas gubernamentales que favorecen a grandes empresas agrícolas e industriales mediante subsidios y derechos preferenciales sobre el agua. Esta situación acentúa las brechas en la distribución del recurso y restringe el acceso de comunidades campesinas e indígenas, limitando sus posibilidades de desarrollo y autodeterminación (Davidson-Harden *et al.*, 2007; Boelens *et al.*, 2018; Stoler *et al.*, 2022; Sultana, 2018). La creciente escasez de agua está intensificando los conflictos entre actores privados y comunidades organizadas, especialmente en un contexto globalizado que genera una mayor demanda de agua y crea tensiones entre los competidores por los recursos. La acumulación de agua en manos de pocos grupos dominantes está exacerbando la pobreza y la inseguridad hídrica, especialmente en comunidades rurales y marginadas (Zwarteveen y Boelens, 2011b).

Asimismo, la exclusión de las mujeres en la gestión del agua constituye una forma significativa de injusticia hídrica. En muchos países, las mujeres han sido sistemáticamente marginadas de los proyectos de riego y gestión hídrica, lo que refuerza desigualdades de género en el acceso al recurso. Un caso ilustrativo es el de Senegal, donde las mujeres poseen menos del 4% de las tierras recientemente irrigadas, a pesar de depender directamente del agua para sus medios de vida y producción agrícola. Esta exclusión perpetúa inequidades en la distribución del agua y limita la participación femenina en la toma de decisiones sobre su gestión (Boelens *et al.*, 2011; Boelens *et al.*, 2018; Crow, 2018).

Otra forma en la que se manifiestan las injusticias hídricas es a través de lo que se conoce como tomas silenciosas de agua. Las políticas que promueven la mercantilización del recurso han facilitado procesos de apropiación discreta, sin generar conflictos abiertos. La transferibilidad de derechos de agua, la expansión de pozos profundos y la financiarización del sector hídrico son algunas de las estrategias que permiten la concentración del agua en manos de ciertos actores sin una resistencia inmediata visible (Boelens *et al.*, 2018).

Estos ejemplos demuestran que las injusticias hídricas no solo se evidencian en disputas abiertas por el recurso, sino también a través de procesos estructurales que marginan a ciertos grupos sociales y restringen su derecho al agua. Comprender estas dinámicas es esencial para diseñar políticas hídricas más equitativas y promover modelos de gobernanza que integren criterios de justicia social y ambiental (Zwarteveen y Boelens, 2011b; Boelens *et al.*, 2018).

1.4.1 Aplicaciones de la justicia hídrica

Diversas experiencias urbanas y regionales han buscado poner en práctica el concepto de justicia hídrica, adaptándose a las realidades y desafíos específicos de cada territorio, aunque su implementación aun enfrenta desafíos significativos debido a las complejidades inherentes a las relaciones de poder y las estructuras políticas y económicas dominantes. En el ámbito de las políticas públicas, se ha buscado integrar la justicia hídrica en la gobernanza del agua, promoviendo un acceso más equitativo y justo al recurso, así como la protección de los derechos de las comunidades vulnerables. Esto implica reconocer y respetar los conocimientos y prácticas tradicionales en la gestión del agua, y fomentar la participación inclusiva en la toma de decisiones (Boelens *et al.*, 2011, 2018).

En investigaciones históricas y cualitativas, la justicia hídrica destaca como un marco teórico clave para analizar las desigualdades en el acceso, distribución y gestión del agua. Los siguientes ejemplos ilustran estas luchas, así como las estrategias y soluciones implementadas para garantizar una distribución equitativa y una gestión sostenible del agua, contribuyendo así a la construcción de políticas públicas y modelos más justos e inclusivos. A continuación, se presentan las principales aplicaciones de la justicia hídrica. Al final de la sección se presenta una tabla síntesis con las principales aportaciones de la justicia hídrica (Tabla 2).

1. Marcos conceptuales y teóricos

El concepto de justicia hídrica ha sido abordado desde diversas perspectivas teóricas y conceptuales, especialmente por autores como Zwarteveen y Boelens (2011), Cremers (2011), Vos y Perrault (2014). Esta perspectiva interdisciplinaria proporciona una visión integral sobre la distribución equitativa del agua, poniendo énfasis en las interacciones entre las relaciones de poder, las estructuras económicas y las políticas públicas.

Estos autores destacan que las relaciones de poder juegan un papel fundamental en la producción de desigualdades en el acceso al agua. Las políticas públicas y las estructuras económicas influyen en cómo se distribuye el agua, generando dinámicas de exclusión y concentración del recurso en manos de actores poderosos, mientras que otros sectores – especialmente las comunidades vulnerables– enfrentan dificultades para acceder a este derecho básico. La justicia hídrica es además un concepto dinámico que evoluciona en función de los contextos sociopolíticos, adaptándose a las demandas y luchas sociales propias de cada momento histórico.

2. Análisis de Poder y conflictos

El análisis de poder y conflictos en torno al agua resalta la importancia de las dinámicas de poder en la distribución de este recurso esencial, generando desigualdades en su acceso y gestión. Budds (2011) ha examinado cómo las relaciones sociales de poder influyen en la producción de paisajes hídricos¹³, donde los recursos no se distribuyen de manera equitativa, sino que están determinados

¹³ Swyngedouw (1999) define los paisajes hídricos como espacios construidos socio-históricamente que reflejan relaciones de poder, decisiones políticas y procesos económicos. En su enfoque político-ecológico, Swyngedouw sostiene que el agua y sus infraestructuras (presas, acueductos, redes de distribución, etc.) forman parte de un paisaje político y social que expresa formas de control, exclusión o acceso desigual al recurso.

por las estructuras de poder que controlan y gestionan el agua. Esta perspectiva destaca la manera en que ciertos actores, como el Estado, las corporaciones o las élites, tienen mayor control sobre las fuentes de agua, lo que puede generar tensiones y conflictos entre diferentes sectores sociales, particularmente aquellos que enfrentan la mayor exclusión del acceso al agua.

Por otro lado, las contradicciones estructurales en las sociedades neoliberales también desempeñan un papel crucial en la perpetuación de desigualdades en el acceso al agua. Perreault (2011) sostiene que las políticas económicas y políticas neoliberales refuerzan estas desigualdades, al priorizar la acumulación de recursos en manos de actores poderosos y despojando a las comunidades vulnerables de su acceso al agua. Estas estructuras económicas y políticas dificultan el logro de la justicia hídrica, ya que favorecen la concentración del recurso en sectores que priorizan intereses económicos sobre las necesidades sociales, creando barreras para que las comunidades más desfavorecidas puedan acceder a este recurso vital.

Ejemplos mencionados en las investigaciones de Perrault, están el caso de la privatización del agua en Cochabamba, Bolivia en el año 2000 y la extracción de agua por parte de empresas mineras ubicadas en los Andes, Perú que utilizan estrategias como despojar a las comunidades del agua local, comprar tierras en la zona o pedir nuevos derechos de agua a la agencia gubernamental (Budds, 2011; Perrault, 2011).

3. Dimensiones territoriales y espaciales

El concepto de justicia hídrica también se ha desarrollado en investigaciones sobre dimensiones territoriales y espaciales, las cuales juegan un papel fundamental en conflictos generados por la acumulación de agua y las implicaciones sociales y ambientales de estos procesos. Boelens, Cremers y Zwartveen (2011) han investigado la forma en que actores, como las empresas y el Estado, concentran el acceso al agua generando tensiones que afectan a las comunidades locales. La acumulación de agua por parte de estos actores provoca conflictos sobre la distribución del recurso y modificación de los territorios.

El uso intensivo y el despojo del agua subterránea, analizado por Wester y Hoogesteger (2011), es otro aspecto crucial en las dimensiones territoriales desde la justicia hídrica. En este caso, ciertos actores logran acumular derechos sobre fuentes de agua subterránea, excluyendo a las comunidades locales de este recurso esencial. Este proceso genera conflictos, ya que las comunidades que dependen de estos recursos enfrentan la escasez y la injusticia derivada de la

concentración del acceso al agua en manos de unos pocos. Destacan el trabajo de Ahlers (2005, 2010) sobre la acumulación por despojo en el acuífero de Torreón, al norte de México y de Prakash (2005) sobre el riego de aguas subterráneas y la diferencia de clases en Gujarat del Norte, India (Wester y Hoogesteger, 2011).

El cambio climático añade una capa de complejidad al análisis de la distribución del agua. Según Doornbos (2011), el impacto de fenómenos ambientales como las sequías y las alteraciones en los patrones climáticos agravan las desigualdades en el acceso al agua, especialmente en contextos vulnerables. Los países investigados por Doorboos (2011) que ya enfrentan conflictos por el acceso al agua –como Ecuador, Bolivia y Perú –, se ven aún más afectadas por los efectos del cambio climático, lo que intensifica las injusticias hídricas y pone en riesgo la disponibilidad del recurso para las poblaciones más necesitadas.

4. Estudios de caso y contextos regionales

Los estudios de caso realizados en diversos países de América Latina y otras regiones del mundo muestran cómo la justicia hídrica se configura de manera específica en cada contexto, reflejando las dinámicas locales y los efectos de políticas de acumulación, despojo y privatización del agua. En el Perú, por ejemplo, la concentración de recursos naturales ha generado serios conflictos sobre el acceso al agua, como se describe en el trabajo de Bueno de Mesquita (2011). En Ecuador, la acumulación en el campo y el despojo de agua han exacerbado las desigualdades y generado tensiones sociales en las comunidades rurales, como se analiza en el estudio de Gaybor (2011). Por su parte, Peña (2011) en México ha abordado cómo las élites han logrado acumular derechos sobre el agua, excluyendo a las poblaciones más vulnerables, lo que perpetúa las desigualdades en el acceso a este recurso esencial.

En Bolivia, Cossio (2011) analiza cómo el acceso al agua está condicionado por una serie de conflictos relacionados con la privatización y la concentración de derechos hídricos, afectando especialmente a las comunidades rurales y marginadas. Asimismo, en Chile, Castro Lucic y Quiroz (2011) analizan la crisis del agua, destacando la necesidad urgente de una nueva política hídrica que promueva un acceso más equitativo y justo. En Nicaragua, Gentes (2011) examina cómo las políticas hídricas y la institucionalidad compleja han generado conflictos transfronterizos, aumentando las tensiones entre los países que comparten fuentes de agua. En Mozambique, Veldwisch y Bolding (2011) analizan cómo el desarrollo rural está intrínsecamente relacionado

con los conflictos por el uso del agua, donde las tensiones entre actores locales y externos afectan gravemente a las comunidades rurales.

5. El rol de la sociedad civil y las movilizaciones sociales

La sociedad civil ha sido un actor clave en la defensa del derecho al agua, articulando movimientos sociales que enfrentan la privatización y el control corporativo del recurso y visibilizando fenómenos, como el *water grabbing*, que desplazan comunidades y afectan ecosistemas (Veldwisch *et al.*, 2018). Estos movimientos no solo exigen acceso equitativo, sino también el reconocimiento de derechos colectivos en la gestión del agua, en tensión con modelos estatales centralizados que suelen deslegitimar las formas tradicionales como los sistemas comunitarios de riego (Hicks y Peña, 2011). Iniciativas locales como “Agua y Saneamiento para Todos” en Buenos Aires buscan incluir a poblaciones vulnerables en la provisión del servicio (Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2022), mientras que, a nivel internacional, el movimiento Right2Water en Europa logró frenar procesos de privatización (van den Berge *et al.*, 2018). Experiencias similares en países del Sur Global, como Bolivia, Sudáfrica, Brasil, India y Tanzania, han impulsado procesos de remunicipalización tras el fracaso de modelos de gestión privada (Boelens *et al.*, 2018).

6. Gobernanza y políticas públicas

La gobernanza del agua es clave para garantizar el derecho humano al agua y promover la equidad en su acceso, ya que las estructuras institucionales y decisiones públicas determinan quién accede al recurso y en qué condiciones, convirtiéndolo en un bien tanto natural como político (Roth *et al.*, 2018). Esta complejidad se agrava en contextos como el de Managua, Nicaragua, donde las disputas por el agua surgen de tensiones entre marcos institucionales locales e internacionales (Gentes, 2011). Frente a estas problemáticas, diversos países han impulsado reformas legales para institucionalizar la justicia hídrica: Sudáfrica incorporó el derecho humano al agua en su Constitución y creó la política de *Free Basic Water*, aunque con desigualdades en su implementación (*Human Right 2 Water*, 2023); Bolivia, tras la Guerra del Agua en Cochabamba, constitucionalizó este derecho en 2009 y se promovieron modelos comunitarios de gestión (Britos, 2017); California aprobó la Ley AB 685 en 2012 para priorizar el acceso equitativo en comunidades marginadas (*International Human Rights Law Clinic & UC Berkeley School of Law*, 2013; OEHHA, 2018); y en Colombia, a través de la Sentencia T-302 de 2017, se reconoció la

falta de acceso al agua en comunidades indígenas como una violación de derechos fundamentales, ordenando medidas urgentes al Estado (Parra-Leal, 2023). Estos casos muestran cómo la justicia hídrica puede avanzar mediante marcos normativos y judiciales que respondan a contextos de exclusión histórica.

7. Prácticas de explotación y extractivismo

Las prácticas extractivistas –particularmente en la minería– tienen profundos efectos en las comunidades locales y en sus fuentes de agua, al promover procesos de acumulación por despojo que desplazan y privan a estas poblaciones del acceso a un recurso esencial. Un caso emblemático es el de Cajamarca, Perú, donde la minería a gran escala ha provocado conflictos sociales, económicos y territoriales al otorgar control de los recursos hídricos a actores poderosos como las empresas mineras (Sosa y Zwartveen, 2011). A esto se suma la construcción de grandes infraestructuras hidráulicas y la expansión de industrias extractivas, que frecuentemente contaminan o desvían el agua, profundizando las desigualdades territoriales y sociales. Estas dinámicas, orientadas por intereses económicos globales, reproducen formas de injusticia ambiental al ignorar las necesidades y derechos de las comunidades afectadas (Perrault, 2018).

8. Innovaciones y respuestas al desafío global

La justicia hídrica, en el contexto de la globalización, se enfrenta a desafíos complejos derivados de las dinámicas globales de capital y comercio, como el fenómeno del *water grabbing*, mencionado previamente, y el comercio de agua virtual (Veldwisch *et al.*, 2018).

Por otro lado, las políticas hídricas también tienen un impacto considerable sobre las mujeres y otros grupos vulnerables. En contextos donde el acceso al agua es limitado o está en disputa, las mujeres a menudo asumen las tareas de recolección y gestión del agua, lo que aumenta su carga de trabajo y perpetúa su desigualdad. Las transformaciones en las dinámicas de acceso al agua, como la privatización de los recursos hídricos o el control de las fuentes de agua por actores externos, modifican las relaciones de género, afectando tanto la posición social de las mujeres como sus capacidades para influir en las decisiones sobre la gestión del agua.

En algunos contextos, como la región de Saïss en Marruecos, la extracción de agua subterránea ha transformado las subjetividades de género, con mujeres y hombres adaptándose a nuevas realidades que reconfiguran sus roles en la sociedad y en la gestión de los recursos hídricos (Bossenbroek y Zwartveen, 2018; Roth *et al.*, 2018).

Tabla 2. Tabla síntesis: principales aplicaciones de la justicia hídrica

Eje temático	Contenido clave	Casos destacados	Autores
1. Marcos conceptuales y teóricos	Justicia hídrica como marco conceptual interdisciplinario que analiza la distribución del agua considerando relaciones de poder, economía y políticas.		Zwarteveen y Boelens (2011); Cremers (2011); Vos y Perreault (2014)
2. Poder y conflictos	Desigualdades por control estatal/corporativo del agua; conflictos por privatización, minería y políticas neoliberales.	Cochabamba, Bolivia; Los Andes del Perú	Budds (2011); Perreault (2011)
3. Dimensiones territoriales	Conflictos por acumulación de agua, uso de aguas subterráneas y cambio climático que agravan injusticias territoriales.	India; Países Bajos	Prakash (2005); Ahlers (2005, 2010); Boelens, Cremers y Zwarteveen (2011); Wester y Hoogesteger (2011); Doornbos (2011)
4. Estudios de caso regionales	Casos en AL y África donde el despojo, privatización o inacción estatal generan desigualdades y conflictos sobre el agua.	México; Ecuador; Bolivia; Chile; Mozambique	Bueno de Mesquita (2011); Gaybor (2011); Peña (2011); Cossio (2011); Castro Lucic y Quiroz (2011); Gentes (2011); Veldwisch y Bolding (2011)
5. Movilización social	Movimientos sociales que enfrentan privatización y defienden gestión comunitaria y derechos colectivos.	Sudáfrica; Buenos Aires	Hicks y Peña (2011); Veldwisch <i>et al.</i> (2018); van den Berge <i>et al.</i> (2018); Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento (2022)
6. Gobernanza y políticas públicas	Legislaciones que reconocen el derecho humano al agua; avances legales y fallos judiciales que buscan garantizar acceso equitativo.	Sudáfrica; Bolivia; California; Colombia	<i>International Human Rights Law Clinic & UC Berkeley</i> (2013); Britos (2017); Roth <i>et al.</i> (2018); OEHHA (2018); <i>Human Right 2 Water</i> (2023); Parra-Leal (2023)
7. Extractivismo	Minería e infraestructura hídrica como causas de despojo y conflictos; priorización de intereses económicos sobre necesidades locales.	Cajamarca, Perú	Sosa y Zwarteveen (2011); Perrault (2018)

8. Género y globalización	Impactos desiguales del acceso al agua sobre mujeres; reconfiguración de roles de género y subjetividades ante el <i>water grabbing</i> y comercio de agua virtual.	Marruecos; África Subsahariana	Bossenbroek y Zwarteveen (2018); Roth <i>et al.</i> (2018); Veldwisch <i>et al.</i> (2018)
---------------------------	---	--------------------------------	--

Fuente. Elaboración propia.

1.4.2 Justicia hídrica y el acceso al agua en periferia urbana

Diversos estudios han abordado la problemática del acceso al agua en las periferias urbanas mediante enfoques cualitativos y cuantitativos que integran el concepto de justicia hídrica. Estas investigaciones permiten comprender las experiencias y percepciones de los habitantes e identificar los patrones estructurales que perpetúan las desigualdades en la distribución y gestión del recurso.

Desde un enfoque cualitativo, la tesis de Mendoza Flores (2016) se centra en el Asentamiento Humano del Cerro Las Ánimas, en el distrito de Puente Piedra, Lima. Utilizando los marcos analíticos de ecología política y sistemas socioecológicos, el estudio analiza cómo las políticas hídricas urbanas impactan la gestión local del agua en zonas periurbanas. El texto de López Fabila (2021), aborda la problemática del acceso al agua en San Cristóbal de Las Casas, explorando cómo la distribución desigual del recurso refleja dinámicas de injusticia ambiental en contextos urbanos periféricos. El artículo académico de Allen *et al.* (2005) examinan la gobernabilidad y el acceso al agua y saneamiento en áreas periurbanas a través de cinco casos de estudio (Ciudad de México, México; Caracas, Venezuela; El Cairo, Egipto; Chennai, India; y Dar es-Salam, Tanzania), proporcionando una visión comparativa de las dinámicas presentes en estas zonas, destacando el vacío institucional que limita la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre estos recursos esenciales y las características únicas de la gobernanza en cada ciudad, como la informalidad en la prestación de servicios y la fragmentación de actores.

Desde un enfoque cuantitativo, en la publicación de Melgarejo *et al.* (2023) diversos autores analizan la relación entre el costo del agua y la pobreza hídrica en Alicante, España. A través de datos estadísticos, se evalúan los factores económicos y territoriales que influyen en el acceso equitativo al agua en zonas urbanas periféricas de la ciudad. En el artículo “Las desigualdades en el acceso al agua en ciudades latinoamericanas de rápido crecimiento: El caso de

Arequipa, Perú”, los autores Zapana *et al.* (2021) examinan las disparidades en el acceso al agua en Arequipa, destacando cómo el rápido crecimiento urbano afecta la disponibilidad y calidad del recurso en áreas periféricas.

En el caso de México, las autoras Pastrana-Miranda y González-Caamal (2022) analizan cómo la distribución desigual del agua en la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de México refleja patrones de injusticia ambiental y marginación social, y plantean que la recuperación ambiental depende tanto de reducir la explotación de los acuíferos por debajo de su capacidad de recarga y de ajustar los derechos de concesión a las condiciones reales del territorio, como de fortalecer la descentralización y la cooperación entre niveles de gobierno, promoviendo capacidades locales e instituciones especializadas que sean autónomas frente a cambios políticos.

1.4.3 Ejes analíticos propuestos desde la perspectiva de justicia hídrica para abordar el acceso al agua desde un enfoque cuantitativo

A partir del marco de la justicia hídrica, y retomando conceptos recurrentes en la literatura especializada del acceso al agua, para esta investigación se proponen cuatro ejes. Estos ejes permiten convertir los principios normativos de la justicia hídrica en variables cuantificables que facilitan la evaluación precisa de las desigualdades en el acceso al agua y las condiciones de gobernanza en diferentes contextos urbanos, especialmente en las periferias. A continuación, se exponen los cuatro ejes propuestos. Al final de la sección se presenta una tabla con los cuatro ejes analíticos propuestos y las referencias de variables para el estudio del acceso al agua bajo el concepto de justicia hídrica (Tabla 3).

Eje 1: Suministro y almacenamiento

Este eje se centra en la capacidad de los hogares y comunidades para obtener agua suficiente, segura y asequible que cubra sus necesidades básicas, atendiendo tanto a las fuentes como a las condiciones físicas y sociales que facilitan o restringen el acceso. Como señalan estudios clave (Wutich *et al.*, 2017; Massiel *et al.*, 2022), las desigualdades en el suministro y almacenamiento del agua son una manifestación directa de las disparidades en el poder, la riqueza y la infraestructura urbana, donde los hogares marginados enfrentan mayores barreras para acceder a este recurso vital.

Las variables que componen este eje permiten capturar distintas dimensiones del acceso al agua. Por un lado, se incluyen las fuentes de abastecimiento (públicas o privadas, formales o informales (Aguilar y López, 2009; Ahlers *et al.*, 2014)), así como la calidad y continuidad del servicio, que refleja la frecuencia, regularidad y presión del agua que reciben los usuarios (Swyngedouw, 2009; Wutich *et al.*, 2017). Por otro lado, el tipo y capacidad de almacenamiento en las viviendas (tinacos, cisternas, piletas, entre otros) es clave para comprender las estrategias que adoptan los hogares frente a un servicio intermitente o incierto (Allen *et al.*, 2006b; Swyngedouw, 2009).

En estudios recientes, también se ha destacado la utilidad de variables *proxy* que permiten captar aspectos menos visibles de la inequidad hídrica, como la informalidad habitacional. Por ejemplo, el porcentaje de viviendas con piso de tierra, que cuentan con drenaje, que tienen una toma pública o que no tienen un acceso regular a energía eléctrica, funcionan como indicador indirecto de precariedad y vulnerabilidad en el suministro, lo que es consistente con los planteamientos de la ecología política urbana y la justicia hídrica (Boelens *et al.*, 2018; Joshi *et al.*, 2023).

En conjunto, este eje operacionaliza los principios normativos de la justicia hídrica –como la equidad, la suficiencia y la participación– en variables cuantificables que permiten comprender las relaciones entre las condiciones materiales de las viviendas, la infraestructura disponible y las dinámicas de gobernanza que influyen en el acceso al agua en contextos urbanos diversos, especialmente en las periferias y zonas informales.

Eje 2: Distribución y desigualdades hídricas

Este eje examina cómo el agua y los servicios asociados se distribuyen de manera desigual entre diferentes grupos sociales y zonas del territorio. Las desigualdades hídricas suelen ser el resultado de políticas públicas sesgadas, la captura del recurso por parte de élites y relaciones de poder que priorizan a ciertos sectores sobre otros, reproduciendo injusticias hídricas, sociales y económicas (Boelens *et al.*, 2018). Asimismo, este eje considera que las desigualdades económicas, de género y espaciales condicionan el acceso al agua, de tal manera que las condiciones materiales precarias –como el tipo de vivienda, el nivel de ingresos o la ubicación geográfica– se entrelazan con barreras estructurales en la provisión del servicio (Aguilar y López, 2009; Massiel *et al.*, 2022; Joshi *et al.*, 2023).

Para operacionalizar este eje es clave incluir variables que permitan capturar dichas brechas. Por ejemplo, la disponibilidad de agua por habitante, las diferencias en la cobertura entre sectores sociales o geográficos y el costo del agua (Aguilar y López, 2009; Swyngedouw, 2009; Bakker, 2010; Joshi *et al.*, 2023) son fundamentales para evidenciar la inequidad. Asimismo, el tiempo invertido en la recolección del agua, las horas diarias de servicio continuo o tandeo (Swyngedouw, 2009; Wutich *et al.*, 2017; Massiel *et al.*, 2022), la dependencia de proveedores informales como pipas o garrafones (Swyngedouw, 2009; Bakker, 2010), la estacionalidad del servicio y las desigualdades de género en el uso del agua (Ahlers *et al.*, 2014; Joshi *et al.*, 2023) son indicadores que captan distintas aristas del problema. Finalmente, el tipo y calidad de la infraestructura hídrica doméstica (como la presencia de tomas intradomiciliarias, llaves o almacenamiento en tinacos) permite comprender hasta qué punto la precariedad material refuerza las desigualdades en el acceso al agua y su uso cotidiano.

En conjunto, este eje hace visible que la distribución desigual del agua no es un hecho aislado, sino que responde a una geografía política del recurso que privilegia ciertas zonas y poblaciones, al tiempo que impone cargas adicionales a quienes viven en situación de mayor vulnerabilidad.

Eje 3: Gobernanza del agua

Este eje aborda los procesos, estructuras y relaciones de poder que configuran la toma de decisiones en la gestión, provisión y regulación del agua. Una gobernanza del agua justa requiere la participación inclusiva y equitativa de todos los actores involucrados (gobiernos y autoridades, empresas privadas y élites económicas, comunidades locales y usuarios, organizaciones sociales y ONG, académicos e investigadores), además de garantizar la transparencia en los procesos decisorios y el respeto por el derechos humano al agua (Boelens *et al.*, 2018). En este sentido, la gobernanza se entiende como un campo de disputa política y social donde convergen diversos intereses que influyen en las formas en que se distribuye y regula el recurso (Aguilar y López, 2009; Swyngedouw, 2009; Bakker, 2010; Allen *et al.*, 2006b).

Entre las variables clave para operacionalizar este eje destacan el número y tipo de actores institucionales involucrados en la provisión y gestión del agua (públicos, privados o mixtos), la presencia y efectividad de políticas públicas para garantizar el derecho humano al agua, el grado de participación comunitaria y la existencia de mecanismos de queja o denuncia por calidad o

continuidad del servicio (Swyngedouw, 2009; Wutich *et al.*, 2017), así como la transparencia en la toma de decisiones y la representación de comunidades originarias o sectores vulnerables en espacios deliberativos. Asimismo, la presencia del mercado informal de agua y la participación de viviendas en este mercado (Aguilar y López, 2009; Bakker, 2010), junto con la capacidad del gobierno local para regular y proveer los servicios (Allen *et al.*, 2006b; Aguilar y López, 2009), permiten comprender la efectividad del sistema y las desigualdades que genera.

En conjunto, este eje permite identificar dónde y por qué se producen brechas entre los distintos actores en la provisión y control del agua, además de identificar las dinámicas que reproducen las relaciones desiguales, junto con el potencial que tienen los arreglos institucionales y la participación ciudadana para democratizar la gestión hídrica.

Eje 4: Riesgo/sensibilidad

Este eje considera los factores que incrementan la vulnerabilidad de ciertas poblaciones frente a los riesgos hídricos –como la exposición a agua contaminada, inundaciones, escasez estacional o eventos climáticos extremos–. Estos riesgos afectan de forma desproporcionada a las comunidades más marginadas, que suelen disponer de menos recursos y capacidades para adaptarse o mitigar los impactos (Boelens *et al.*, 2018). Así, la combinación entre condiciones físicas (elevación del terreno, tipo de asentamiento) y socioeconómicas (marginación, género, escolaridad, tipo de vivienda) determina los grados diferenciados de sensibilidad y resiliencia que experimentan los hogares frente a los desafíos hídricos.

Entre las variables cuantificables que permiten capturar este eje se incluyen la elevación del terreno (Massiel *et al.*, 2022), la cobertura geográfica y continuidad del servicio de agua potable (Swyngedouw, 2009; Massiel *et al.*, 2022; Wutich *et al.*, 2017), la proximidad a fuentes de agua contaminada, la vulnerabilidad según el tipo de asentamiento (formal o informal), la presencia de hogares con jefatura femenina (Ahlers *et al.*, 2014; Joshi *et al.*, 2023), el número de integrantes y de habitaciones por vivienda, la tenencia de la tierra y los niveles de marginación histórica (Joshi *et al.*, 2023; Wutich *et al.*, 2017). Además, puede incluirse la disponibilidad de infraestructura sanitaria y el grado de cobertura del servicio de saneamiento, que inciden en la capacidad adaptativa ante la contaminación y el riesgo hídrico.

En suma, este eje permite comprender cómo las desigualdades sociales y las características espaciales inciden en su exposición a los riesgos hídricos y en su posibilidad de respuesta, poniendo en evidencia la dimensión ambiental y socioespacial de la justicia hídrica.

Tabla 3. Ejes analíticos propuestos y referencias de variables para el estudio del acceso al agua bajo el concepto de justicia hídrica

Eje propuesto desde justicia hídrica	Descripción general del eje	Perspectivas teóricas conceptuales	Variables cl	Referencias
Eje 1: Suministro y almacenamiento	Evalúa la capacidad de la población para obtener agua en cantidad y calidad.	Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia hídrica; Análisis espacial (patrones y factores causales)	Fuentes de abastecimiento	Wutich <i>et al.</i> (2017); Massiel <i>et al.</i> (2022)
		Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia hídrica; Justicia ambiental	Calidad y continuidad del suministro de agua	Aguilar y López (2009); Wutich <i>et al.</i> (2017); Perreault (2018)
		Ecología Política Urbana; Gobernanza del agua; Seguridad hídrica	Acceso a servicios de agua (proveedores formales vs informales)	Swyngedouw (2009); Ahlers <i>et al.</i> (2014); Joshi <i>et al.</i> (2023)
		Gobernanza del agua y saneamiento; Ecología Política Urbana	Tipo de almacenamiento en viviendas	Allen <i>et al.</i> (2006b); Swyngedouw (2009)
Eje 2: Distribución y desigualdades hídricas	Analiza las diferencias en el acceso y la disponibilidad del agua entre distintos sectores poblacionales.	Seguridad hídrica; Análisis espacial	Características socioeconómicas de los hogares.	Aguilar y López (2009); Massiel <i>et al.</i> (2022)
		Seguridad hídrica; Ecología Política Urbana; Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia	Costo del agua	Aguilar y López (2009); Swyngedouw (2009); Bakker (2010); Perreault

		Hídrica; Derecho humano al agua		(2011); Joshi <i>et al.</i> (2023)
		Seguridad Hídrica	Tiempo de recolección del agua	Joshi <i>et al.</i> (2023)
		Ecología Política Urbana; Análisis Espacial; Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia hídrica	Horas diarias de servicio continuo (tandeo)	Swyngedouw (2009); Wutich <i>et al.</i> (2017); Massiel <i>et al.</i> (2022)
		Ecología Política Urbana; Gobernanza del agua	Dependencia de proveedores alternativos (pipas, garrafrones).	Swyngedouw (2009); Bakker (2010)
Eje 3: Gobernanza del agua	Examina los mecanismos de gestión y participación en la distribución del agua.	Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia Hídrica; Privatización; Derecho humano al agua	Participación en el mercado informal de agua	Aguilar y López (2009); Bakker (2010)
		Gobernanza del agua y saneamiento; Seguridad hídrica	Capacidad del gobierno local para regular y proveer servicios de agua	Allen <i>et al.</i> (2006b); Aguilar y López (2009)
		Gobernanza del agua y saneamiento; Ecología Política Urbana; Seguridad hídrica; Justicia hídrica	Presencia de actores gubernamentales vs. privados en la provisión.	Allen <i>et al.</i> (2006b); Swyngedouw (2009); Perreault (2011); Wutich <i>et al.</i> (2017);
		Ecología Política Urbana	Porcentaje de viviendas que han hecho quejas por calidad o continuidad.	Swyngedouw (2009)
		Gobernanza del agua y saneamiento; Ecología Política	Existencia de políticas públicas para regular el derecho humano al agua	Allen <i>et al.</i> (2006b); Swyngedouw (2009); Perreault (2011)

		Urbana; Justicia hídrica		
		Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia hídrica	Prácticas y participación comunitarias	Perreault (2011); Wutich <i>et al.</i> (2017)
Eje 4: Riesgo/sensibilidad	Evalúa la exposición de la población a riesgos hídricos como contaminación del agua, escasez o eventos climáticos extremos.	Análisis espacial	La elevación del terreno	Massiel <i>et al.</i> (2022)
		Gobernanza del agua: Seguridad Hídrica; Justicia hídrica	Hogares con jefatura femenina	Ahlers <i>et al.</i> (2014); Wutich <i>et al.</i> (2017); Joshi <i>et al.</i> (2023)
		Seguridad Hídrica	Número de integrantes por vivienda, número de habitaciones	Joshi <i>et al.</i> (2023)
		Ecología Política Urbana; Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia hídrica	Cobertura geográfica del servicio	Swyngedouw (2009); Wutich <i>et al.</i> (2017)
		Seguridad Hídrica	Tenencia de la tierra	Joshi <i>et al.</i> (2023)
		Análisis espacial	Tipo de asentamiento (formal o informal)	Massiel <i>et al.</i> (2022)
		Seguridad hídrica; Gobernanza del agua; Justicia hídrica	Marginación histórica	Wutich <i>et al.</i> (2017)

Fuente. Elaboración propia.

Aplicabilidad y adaptabilidad de los ejes propuestos

Estos cuatro ejes propuestos, junto con las variables que los integran, no solo sirven al análisis desarrollado en esta investigación, sino que han sido diseñados con una perspectiva flexible y adaptable. Su estructura permite que puedan ser utilizados como guía metodológica en otros estudios sobre el acceso al agua en contextos de urbanización periférica, tanto en México como en otras ciudades de América Latina u otras regiones.

La selección de variables puede ajustarse según la disponibilidad de datos y las características particulares de cada caso, permitiendo realizar análisis comparativos o situados que mantengan una base teórica desde la justicia hídrica, pero con sensibilidad al contexto y las limitaciones empíricas de cada investigación. Esta adaptabilidad pretende fomentar un enfoque crítico y replicable en la evaluación de las desigualdades en el acceso al agua en entornos urbanos vulnerables.

En conjunto, este marco teórico proporciona una estructura analítica que permite comprender las problemáticas del acceso al agua en periferias urbanas desde una perspectiva crítica y establece las bases para el análisis empírico posterior. Al integrar el concepto de justicia hídrica con un enfoque cuantitativo, se busca generar evidencia que contribuya a la justicia hídrica y a la formulación de políticas públicas más equitativas y sostenibles en el manejo del agua en América Latina.

Para avanzar en esta línea, el presente estudio focaliza su atención en un contexto específico: la periferia urbana de la CDMX, que además de formar parte de uno de los conglomerados urbanos más grandes de la región, ejemplifica las tensiones propias de las periferias urbanas en América Latina y el acceso al agua.

El análisis desde los cuatro ejes propuestos –suministro y almacenamiento, distribución y desigualdades hídricas, gobernanza y riesgo/sensibilidad– permite examinar con detalle cómo estas dinámicas se manifiestan territorialmente. De esta manera, el estudio contribuye a comprender las desigualdades en el acceso al agua y los desafíos para implementar una justicia hídrica efectiva en contextos de periferia urbana, aportando elementos clave para la formulación de estrategias integrales y territoriales de gestión hídrica.

2. Caso de estudio: periferia urbana de la Ciudad de México

Este capítulo tiene como objetivo analizar el acceso al agua en las viviendas ubicadas en la periferia urbana de la CDMX la cual se encuentra dentro del Suelo de Conservación (SC), un territorio que, pese a su relevancia ecológica y su función estratégica en la recarga de los acuíferos que abastecen a la metrópoli, enfrenta tensiones derivadas del crecimiento urbano y la precarización habitacional. El SC constituye un espacio periférico marcado por contradicciones territoriales: mientras su marco normativo lo protege como área ambiental prioritaria, en la práctica ha sido progresivamente ocupado por vivienda formal e informal. Las viviendas informales carecen de servicios básicos y enfrentan serias dificultades para acceder al agua potable de manera segura, continua y asequible.

A través de un abordaje que integra dimensiones ambientales, urbanas y sociales, este caso de estudio examina las características y regulaciones del SC, los tipos de vivienda que se desarrollan en él, los impactos de la informalidad en la provisión de servicios, y las formas desiguales en que se accede al agua. Este análisis busca contribuir a la comprensión de las desigualdades hídricas en territorios ambientalmente estratégicos, que a la vez son socialmente vulnerables. Se pretende presentar las bases para proponer políticas públicas más integrales y justas.

2.1 Suelo de Conservación de la Ciudad de México

La periferia urbana en la CDMX se ha expandido predominantemente hacia el sur de la ciudad, en una zona caracterizada por su importancia ambiental y ecológica. Desde la década de 1970, este crecimiento ha sido objeto de diversas regulaciones y normativas con el objetivo de controlar la expansión urbana y mitigar sus impactos en el ambiente. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, el proceso de periurbanización ha continuado, impulsado por factores como la demanda de vivienda, la migración interna y la especulación del suelo (Aguilar, 2013).

El suelo en el que se ha desarrollado la periferia urbana corresponde en gran parte al SC, una categoría legal de zonificación establecida en 1987 para proteger ecosistemas estratégicos que proveen servicios ecosistémicos esenciales, como la recarga de los mantos acuíferos, la regulación del clima y la conservación de la biodiversidad. No obstante, el crecimiento de la ciudad ha generado asentamientos irregulares en la periferia y la consolidación de colonias que, con el tiempo,

han buscado regularizarse a través de distintos mecanismos gubernamentales (Aguilar, 2013; Santos Cerquera; 2013).

De acuerdo con la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (2000) el SC de la CDMX está legalmente definido como las zonas que, por sus características ecológicas, proveen servicios ecosistémicos necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Estas áreas están delimitadas por el Programa General de Ordenamiento Territorial que está vigente desde el 2003.

Además, la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (2006) establece que el SC comprende aquellas zonas que, por su ubicación, extensión, vulnerabilidad y calidad, tienen un impacto significativo en el ambiente y en el ordenamiento territorial. Esto incluye promontorios, cerros, zonas de recarga natural de acuíferos, colinas, elevaciones y depresiones orográficas que constituyen elementos naturales del territorio de la ciudad.

La protección y regulación de estas áreas están respaldadas por diversas disposiciones jurídicas, como son la Constitución Política de la Ciudad de México y la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México (2003), que buscan promover la preservación, recuperación y uso racional de los elementos relevantes para la generación de servicios ecosistémicos en beneficio de las generaciones presentes y futuras (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2000).

La expansión de la periferia en la CDMX ha planteado desafíos significativos en términos de infraestructura y acceso a servicios básicos, especialmente el agua potable. La compleja relación entre la urbanización y la gestión hídrica en estas zonas evidencia la necesidad de analizar cómo las condiciones socioeconómicas y la infraestructura existente influyen en la provisión del agua (Aguilar, 2013; Cruz-Muñoz e Isunza, 2017).

Debido a la expansión continua de la urbanización de la CDMX se ha extendido en múltiples direcciones territoriales, esta investigación delimita su análisis únicamente a la periferia urbana ubicada al sur de la ciudad. Para ello, se toma como referencia la delimitación oficial del SC en esta zona, ya que constituye un límite territorial definido que permite identificar y analizar con mayor precisión las áreas donde el crecimiento urbano periférico ha sido más acelerado e intenso. Este territorio, de gran importancia ecológica y crucial en la regulación hídrica, ha sido históricamente sujeto a políticas de protección ambiental y restricciones al desarrollo urbano. Sin embargo, la creciente demanda de vivienda y las dinámicas socioeconómicas han favorecido el

asentamiento en estas áreas, generando un conflicto entre la conservación del ambiente y las necesidades habitacionales de la población.

El uso de la delimitación del SC en esta investigación también permite analizar con mayor claridad los efectos de la urbanización en un territorio donde la presión por la vivienda se enfrenta a la necesidad de preservar los servicios ecosistémicos y facilita la comprensión de la distribución espacial del crecimiento urbano y la evaluación de sus implicaciones en el acceso a servicios básicos, específicamente el agua potable.

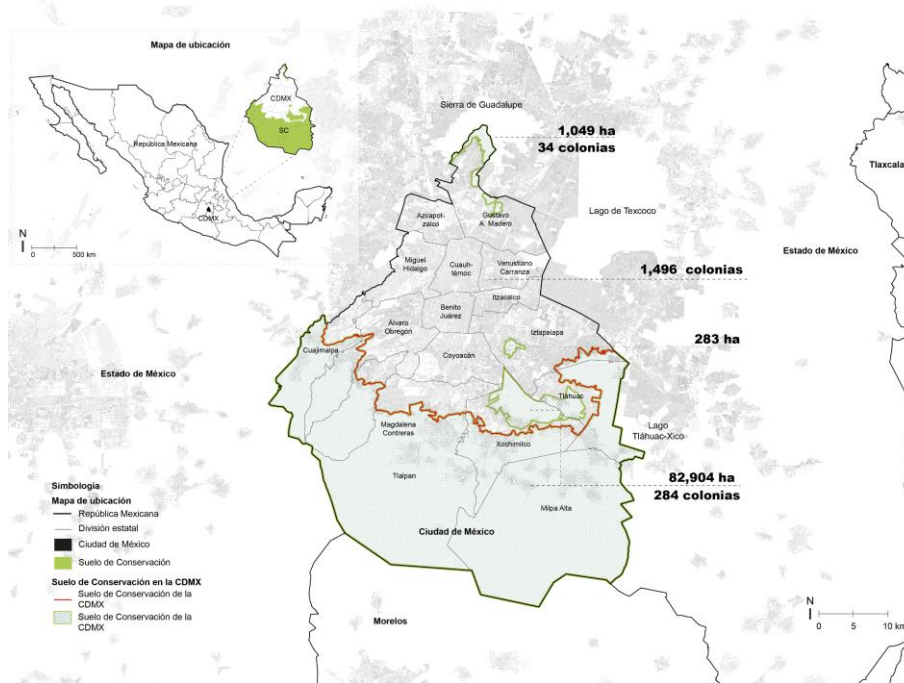
2.1.1 Definición, delimitación e importancia ambiental del Suelo de Conservación

El SC de la CDMX está ubicado en la zona sur, norte y poniente de la capital del país, formando parte del Eje Neovolcánico Transversal, en la porción central de la República Mexicana (Figura 1). Es una de las áreas territoriales más importantes para la sustentabilidad ambiental de la ciudad, ya que brinda servicios ecosistémicos esenciales como la regulación del clima, la recarga de mantos acuíferos, la reducción de la contaminación atmosférica y la preservación de una alta biodiversidad de flora y fauna, así como un espacio clave para actividades de recreación y ecoturismo (Aguilar, 2013; Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

Este territorio abarca aproximadamente 84,236 hectáreas (Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México, 2021), lo que equivale al 59% del área total de la CDMX (Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021; 2023). El SC, en donde habitan alrededor de 1,900,000 personas (que equivale aproximadamente el 20% de la población de la entidad federativa (INEGI, 2020a)), se distribuye en las alcaldías Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan, Tláhuac y Xochimilco, con una pequeña extensión al norte de la ciudad en la alcaldía Gustavo A. Madero, entre la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Tepeyac (Figura 1) (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

El SC de la CDMX desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad ambiental y el bienestar de la población de la Zona Metropolitana del Valle de México al proporcionar beneficios esenciales en los ámbitos ecológico, social, económico y cultural. Su importancia radica en su capacidad para regular el clima, conservar la biodiversidad, garantizar el abastecimiento de agua y ofrecer espacios de recreación, además de ser el sustento de diversas actividades productivas y tradiciones comunitarias (SEDEMA, 2016; Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

Figura 1. Ubicación del Suelo de Conservación de la Ciudad de México en la República Mexicana y en la Ciudad de México (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México, 2021.

Desde el punto de vista ambiental, el SC favorece la captación e infiltración del agua de lluvia, contribuyendo a la recarga del acuífero del Valle de México gracias a la permeabilidad del suelo, la presencia de suelos forestales y la cobertura vegetal (Aguilar, 2013; Escolero *et al.*, 2016; SEDEMA, 2016; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2023; CORENADR, 2024). A pesar de que el 40% del agua de la ZMVM proviene de fuentes externas, el 60% restante se extrae de los acuíferos locales (CORENADR, 2024). Se estima que el agua del acuífero del Valle de México contribuye con aproximadamente 245 mil millones de litros de agua al año, lo que equivale a 75 litros diarios por habitante (CORENADR, 2024).

Su vegetación y cuerpos de agua ayudan a mitigar las temperaturas extremas, a mejorar la calidad del aire, desempeñando un papel clave en la regulación climática de la metrópoli. Asimismo, alberga ecosistemas de gran relevancia, como los ubicados en la Sierra Chichinautzin y el sistema lacustre de Xochimilco y Tláhuac, permitiendo la conservación de especies de flora y fauna y el mantenimiento de redes tróficas esenciales (Aguilar, 2013; SEDEMA, 2016; Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2023).

El SC también genera beneficios económicos y sociales. La presencia de tierras cultivables y áreas de pastoreo posibilita el desarrollo de actividades agropecuarias que benefician a la economía local, mientras que sus paisajes naturales favorecen el ecoturismo y el turismo de aventura, ofreciendo espacios de recreación para los habitantes de la ciudad y fomentando el aprovechamiento sustentable de sus recursos. Además, este territorio es el hogar de diversas comunidades indígenas y pueblos originarios que han conservado sus tradiciones, conocimientos ancestrales y formas de vida ligadas a la gestión del territorio y los recursos naturales, reforzando así su relevancia cultural (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2023).

2.1.2 Regulación y normatividad ambiental

El marco regulatorio ambiental de la CDMX comenzó a consolidarse en la década de 1970. De acuerdo con Aguilar (2013), las distintas regulaciones creadas a lo largo del tiempo pueden organizarse de acuerdo con los periodos presidenciales. El primero, de 1970 a 1982, corresponde a los gobiernos de Luis Echeverría y José López Portillo, que se caracterizó por la implementación de las primeras medidas para la protección del suelo, el agua y el aire. En esta etapa se introdujo el concepto de “área de amortiguamiento” en el Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (1980), con el objetivo de separar el suelo urbano de las zonas agropecuarias y forestales, aunque permitiendo ciertos usos habitacionales restringidos. En 1982 se declaró la primera Área de Conservación Ecológica, con una extensión de 68,486 hectáreas (684.86 km²). Instrumentos clave como el Reglamento de Zonificación (1976 y 1979), la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (1976) y los niveles del Plan de Desarrollo Urbano (1980 y 1982) establecieron zonas urbanas, reservas territoriales, áreas de amortiguamiento y zonas de conservación ecológica, marcando un esfuerzo inicial por contener el crecimiento urbano y proteger los espacios ambientalmente sensibles.

Entre 1983 y 1994, durante los gobiernos de Miguel de la Madrid y Carlos Salinas de Gortari, se reforzó la política ambiental con la creación de instituciones como la Comisión de Ecología (1983) y la Secretaría General de Desarrollo Urbano y Ecología (1984). En 1987 se formalizó un Área de Preservación Ecológica que abarcaba el 57% del territorio de la ciudad, delimitando 85,554 hectáreas (855.4 km²) destinadas a actividades rurales y agropecuarias. Ese mismo año se estableció una línea limítrofe entre el Área de Desarrollo Urbano y el Área de

Conservación Ecológica, lo cual fortaleció la zonificación y las restricciones de uso del suelo. Instrumentos como el Programa General de Desarrollo Urbano (1987), el Reglamento de Zonificación (1990) y la declaratoria oficial de la línea limítrofe (1990) buscaron consolidar el ordenamiento territorial mediante la clasificación del suelo y la limitación de actividades en zonas protegidas (Aguilar, 2013; Santos Cerquera, 2013).

Durante el periodo de 1995 a 2000, bajo el gobierno de Ernesto Zedillo, la política ambiental se vio influenciada por compromisos internacionales como la Cumbre de Río de 1992. En este contexto se creó la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA), se promulgó la primera Ley Ambiental (1996) y se instituyó la Comisión de Recursos Naturales (CORENADR) en 1997, fortaleciendo la institucionalidad ambiental. Este periodo se caracterizó también por el desarrollo de instrumentos normativos como el Programa General de Desarrollo Urbano (1996), el Reglamento de la Ley Ambiental (1997) y el Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano (1997), los cuales introdujeron medidas como estudios de impacto ambiental y lineamientos de planeación ecológica que promovían la sostenibilidad del territorio (Aguilar, 2013; Santos Cerquera, 2013).

Entre 2000 y 2012, la política ambiental alcanzó una etapa de consolidación. Durante los gobiernos de Vicente Fox y Felipe Calderón se crearon nuevos mecanismos institucionales y normativos, como la Ley Ambiental del Distrito Federal (2000), el Programa General de Ordenamiento Ecológico (2000) y el Bando No. 2, que restringió el crecimiento urbano en el sur de la ciudad. También se firmaron acuerdos de colaboración entre SEDEMA y CONAGUA para atender la escasez hídrica en zonas agrícolas. En el ámbito de la gobernanza del agua, se aprobó la Ley de Aguas del DF y se creó el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), centralizando la gestión del recurso a una institución local. Otras herramientas como el Reglamento de Impacto Ambiental y Riesgo (2004) y el Plan Verde de la Ciudad de México promovieron la integración de políticas hídricas, urbanas y ambientales, al tiempo que incentivaban la participación ciudadana (Consejo de Evaluación para el Desarrollo Social del Distrito Federal, 2011; Aguilar, 2013).

A partir de 2012 y hasta la actualidad, durante las presidencias de Enrique Peña Nieto, Andrés Manuel López Obrador y la actual presidencia de Claudia Sheinbaum, el gobierno de la ciudad ha reforzado las acciones dirigidas a la protección del SC. En 2019 se lanzó el Programa Altépetl, con un enfoque integral para conservar y utilizar sustentablemente estas zonas, al tiempo que se reconocía la importancia de quienes las habitan y trabajan. En 2023 se reformó el Artículo

XVI de la Constitución local para garantizar un presupuesto irreductible destinado al SC, y en 2025 la actual jefa de Gobierno, Clara Brugada, anunció la prohibición de nuevas construcciones en estas áreas junto con medidas para recuperar terrenos invadidos. Ese mismo año, el gobierno logró recuperar 26 hectáreas en Xochimilco y organizó jornadas de restauración ecológica en Álvaro Obregón, específicamente en el paraje "Atexquilzahual". Estas acciones se complementaron con la implementación del Programa de Ordenamiento Ecológico y la Ley de Servicios Ambientales, fortaleciendo el compromiso con la protección ecológica del territorio (Agencia Digital de Innovación Pública., 2019; Gobierno de la Ciudad de México, 2023; Aguilar, 2025; González, 2025).

A nivel institucional, un cambio significativo ocurrió con la transición del Distrito Federal a la Ciudad de México como entidad federativa autónoma. Esta transformación, iniciada en 2017 con la promulgación de su Constitución Política, implicó una reconfiguración del marco legal y de las competencias del gobierno local, lo que ha permitido un mayor control sobre la gestión urbana y ambiental (Domínguez, 2015; Cámara de Diputados, 2020).

A pesar de los avances normativos e institucionales, el SC continúa enfrentando amenazas severas como el crecimiento urbano descontrolado, la expansión agrícola, la tala clandestina, la extracción de materiales, los incendios forestales y el pastoreo excesivo. Estas presiones de origen humano han provocado una pérdida progresiva de la cobertura natural, poniendo en riesgo los servicios ecosistémicos esenciales que provee, como la captación de agua, la regulación climática y el equilibrio ecológico de la ciudad. Frente a este panorama, se vuelve urgente el fortalecimiento de estrategias de manejo sostenible y gobernanza ambiental que garanticen su conservación en el largo plazo (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2023).

2.2 Vivienda formal e informal en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México

El crecimiento poblacional, la falta de opciones de vivienda asequible y la presión inmobiliaria han sido factores determinantes en la ocupación del SC de la CDMX. Antes del establecimiento del límite oficial en 1987, la expansión urbana llevó a la instalación de asentamientos humanos en zonas no aptas para el desarrollo habitacional, tanto de manera formal como informal. En las últimas décadas, la falta de suelo urbanizable y el encarecimiento de la vivienda en la ciudad han obligado a miles de familias a buscar alternativas fuera de la mancha urbana consolidada,

provocando un incremento de la vivienda en áreas de conservación, zonas de alto riesgo y áreas naturales protegidas (CORENADR, 2003).

La vivienda formal en el SC está conformada principalmente por conjuntos habitacionales cerrados, comunidades rurales y pueblos originarios con reconocimiento legal. (CORENADR, 2003; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021). En contraste, la vivienda informal ha crecido a través de la urbanización descontrolada, es decir, la expansión progresiva de asentamientos existentes mediante construcciones individuales, así como por la ocupación masiva de predios mediante la venta ilegal de terrenos que generan fraccionamientos clandestinos (CORENADR, 2003; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021). En el 2020 fueron registrados en el SC 891 asentamientos irregulares con una ocupación superficial de 3,185 ha (Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021), sin embargo, no existe un dato oficial que indique cuántas de las viviendas en el SC son formales e informales lo que dificulta una estimación precisa de la magnitud del fenómeno y sus consecuencias. Estos asentamientos impactan negativamente la provisión de servicios, el equilibrio ecológico y la seguridad de sus habitantes.

El rezago habitacional¹⁴ en el SC de la CDMX se encuentra mayoritariamente en las viviendas ubicadas en suelo rural, con una alta concentración en alcaldías como Milpa Alta, Xochimilco, Magdalena Contreras, Tláhuac y Tlalpan. Dentro de estas viviendas destacan aquellas que carecen de servicios básicos como energía eléctrica, agua entubada y drenaje. El uso de materiales de construcción inadecuados es también una problemática importante ya que muchas viviendas están construidas con techos de lámina de cartón, metálica o de asbesto, lo que representa riesgos sanitarios graves (Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

Aspectos físicos y de habitabilidad y factores que impulsan la vivienda informal en el Suelo de Conservación

Las viviendas informales en la CDMX presentan múltiples dimensiones de vulnerabilidad que van más allá de sus condiciones físicas o del acceso a servicios básicos. Aunque estas carencias son evidentes —como la precariedad constructiva o la falta de agua potable, drenaje o energía eléctrica— también se expresan formas más estructurales de exclusión vinculadas a la inseguridad jurídica de la tenencia, la ubicación en zonas de riesgo ambiental, la falta de reconocimiento

¹⁴ “Se define al rezago habitacional como el número de viviendas que cuentan con materiales precarios en pisos, techos y muros, que no cuentan con excusado o aquellas cuyos residentes habitan en hacinamiento” (CONAVI, 2020, p. 5).

institucional y la limitada integración a las redes urbanas formales. Estas características no solo reflejan desigualdades socioespaciales, sino que también revelan cómo el modelo de producción de vivienda, guiado por lógicas de mercado y desregulación, ha desplazado a sectores populares hacia condiciones residenciales marginales y fragmentadas (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a). En términos de la construcción, se observan dos patrones predominantes:

- **Vivienda precaria:** Estas viviendas son principalmente construidas con materiales de baja calidad, como tabique y techos de láminas de asbesto o materiales reciclados y de desecho. Su estructura es frágil, y en muchos casos carecen de seguridad estructural, lo que representa un riesgo para la habitabilidad de los residentes (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).
- **Vivienda sólida:** A medida que los residentes logran mejorar sus condiciones de vida, algunas viviendas pasan por procesos de autoconstrucción, utilizando materiales más duraderos y con mayor grado de consolidación. Este tipo de vivienda tiene una estructura más resistente y segura, aunque sigue siendo producto de esfuerzos graduales (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

En cuanto a la infraestructura urbana, los asentamientos informales suelen desarrollarse en áreas donde la topografía juega un papel crucial en su distribución, dando lugar a una estructura física indefinida y desorganizada. La infraestructura vial es limitada, con calles escasas que a menudo se reducen a caminos irregulares, veredas o trayectos sinuosos, lo que dificulta la movilidad y pone en riesgo la seguridad de los habitantes. Además, la falta de banquetas y guarniciones restringe aún más el acceso, mientras que el alumbrado público y el transporte son deficientes, especialmente en zonas periféricas. Esta configuración fragmentada, caracterizada por polígonos o manzanas dispersas, agrava las dificultades de acceso a servicios básicos y a la infraestructura urbana en su conjunto (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

La informalidad en el SC ha sido impulsada por diversas condiciones estructurales como el déficit de vivienda asequible, el incremento en los precios del suelo y la vivienda, crecimiento demográfico, además de la migración y las desigualdades socioeconómicas, entre otras. Cada año, más de 20,000 viviendas con ingresos bajos se ven forzados a salir de la CDMX debido a la falta

de vivienda asequible, lo que ejerce una gran presión tanto sobre los municipios conurbados como sobre el SC (Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

La oferta de vivienda en la ciudad ha estado enfocada en los sectores de ingresos medios y altos, dejando a los sectores más vulnerables sin acceso a opciones habitacionales formales. A esto se suma la falta de instrumentos jurídicos y administrativos efectivos para regular el crecimiento urbano, así como la indefinición de la propiedad de la tierra en muchas zonas, lo que ha facilitado la venta irregular de predios y la proliferación de asentamientos sin servicios básicos ni infraestructura adecuada. Actualmente, el 79% del límite establecido en 1987 ya cuenta con uso habitacional, lo que muestra la falta de control sobre proceso de periurbanización en estas áreas. (Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

2.2.1 Impactos de la informalidad en la provisión de servicios

La expansión de asentamientos irregulares en el SC ha generado una creciente demanda de servicios básicos en áreas donde no existen redes de agua potable, drenaje, electricidad ni infraestructura vial adecuada. Ante la falta de acceso a estos servicios, los habitantes recurren a soluciones precarias, como la extracción ilegal de agua, el uso de fosas sépticas y la conexión irregular a la red eléctrica. Estas prácticas no solo afectan la calidad de vida de quienes habitan estas zonas, sino que también contribuyen a la degradación ambiental, la sobreexplotación de los recursos naturales y la deforestación, comprometiendo la capacidad del SC para cumplir su función ecológica y de recarga de acuíferos (CORENADR, 2003; Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

Los asentamientos en SC también presentan una estructura física indefinida, adaptándose a la topografía del terreno, lo que dificulta la provisión de infraestructura urbana adecuada. La falta de regulación ha permitido que estos asentamientos se establezcan en zonas de riesgo como fallas geológicas, laderas inestables y áreas propensas a deslizamientos e inundaciones, poniendo en peligro la vida de sus habitantes. De acuerdo con SEDEMA (2019), el 85% de los asentamientos irregulares están expuestos a al menos cuatro tipos de fenómenos de alto riesgo: inundaciones, hundimientos, incendios y deslizamientos de laderas (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

A pesar de que se han establecido mecanismos de regulación, como la Comisión de Evaluación de Asentamientos Humanos Irregulares (CEAHI), el crecimiento de los asentamientos

sigue representando un desafío tanto ambiental como social. Se estima que en los últimos 20 años el SC ha absorbido más de 100,000 viviendas, lo que representa una presión significativa sobre los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que estas áreas proporcionan (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

En este contexto, se requiere una estrategia integral que atienda las necesidades habitacionales de la población sin comprometer la sustentabilidad del territorio. Esto implica la regulación efectiva del uso del suelo, el fortalecimiento de los mecanismos de acceso a la vivienda y la implementación de programas de reubicación y regularización en casos viables. También es necesario reforzar la aplicación de políticas de gestión ambiental para mantener los bienes y servicios ecosistémicos que el SC proporciona a la CDMX (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a; Gobierno de la Ciudad de México e IPDP, 2021).

2.3 Acceso al agua en viviendas ubicadas en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México

El acceso al agua en el SC de la CDMX representa un desafío persistente que refleja las desigualdades en la distribución de los servicios básicos dentro de la ciudad. Mientras que las viviendas formales cuentan con infraestructura para el abastecimiento de agua potable, la población que habita en viviendas informales depende de fuentes alternativas y enfrenta dificultades para acceder al servicio de manera regular y segura.

2.3.1 Fuentes de abastecimiento

Las viviendas en el Suelo de Conservación obtienen agua a través de diversas fuentes, cuya disponibilidad y modalidad varían según la ubicación, el grado de consolidación y el acceso a infraestructura. Es importante aclarar que los mapas presentados a continuación reflejan únicamente algunos de estos métodos de abastecimiento, dada la información disponible en las bases de datos oficiales y los reportes consultados. Por ello, si bien se ilustra la distribución espacial del tandeo (Figura 2) o la ubicación de infraestructura hidráulica de soporte (Figura 4), no se incluyen mapas de todas las formas documentadas de acceso al agua en el territorio.

Entre las principales fuentes de abastecimiento se encuentran:

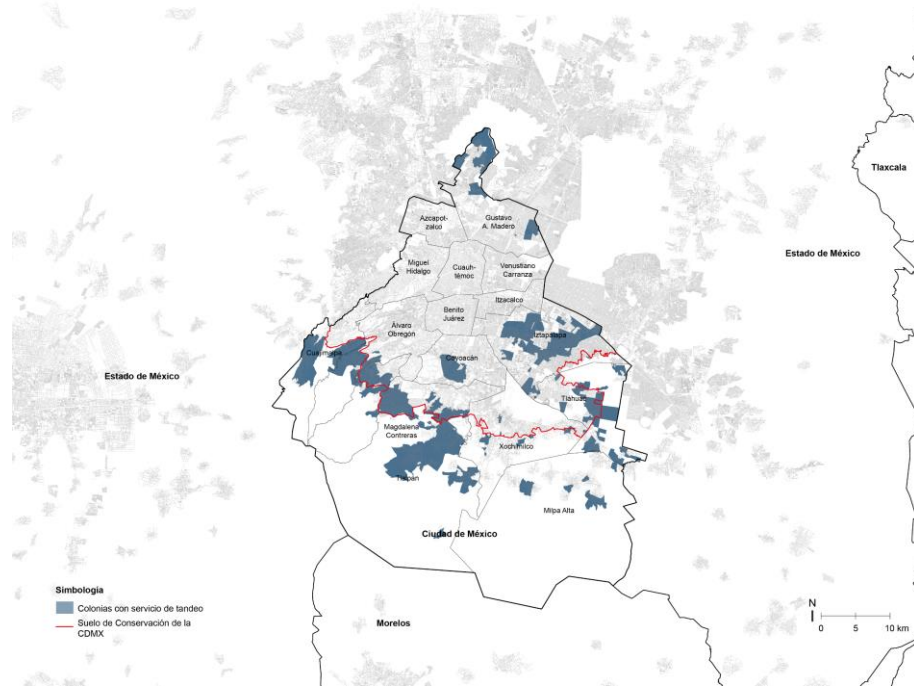
- Red de agua potable: Algunas viviendas, especialmente en asentamientos más consolidados, están conectadas a la red de distribución del Sistema de Aguas de la Ciudad

de México (SACMEX). Sin embargo, la disponibilidad del servicio suele ser intermitente y con bajas presiones, lo que obliga a los habitantes a almacenar agua en tinacos, cisternas o cubetas (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).

- Pozos locales: En pocas zonas del SC, se utilizan pozos profundos como fuente de abastecimiento, todos ellos operados por SACMEX. La explotación de estos pozos contribuye a la sobreexplotación del acuífero, agravando los problemas de disponibilidad de agua en la ciudad y la periferia urbana (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).
- Manantiales y cuerpos de agua superficiales: En las alcaldías de Milpa Alta y Xochimilco existen únicamente algunos manantiales de pequeño caudal, los cuales no son utilizados como fuente principal de abastecimiento para las viviendas, debido tanto a su escasa capacidad como a su uso limitado en sistemas comunitarios o locales. En contraste, en el oeste del Suelo de Conservación, especialmente en las zonas de Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Álvaro Obregón, se concentra un número significativamente mayor de manantiales, muchos de ellos de mayor caudal y con distintos usos. Varios de estos manantiales son captados y canalizados mediante infraestructura hidráulica para suministrar agua a otras zonas de la CDMX, integrándose al sistema general de abastecimiento urbano (SACMEX, 2012).
- Pipas de agua: En asentamientos irregulares y zonas sin infraestructura hidráulica, el suministro depende en gran medida del reparto de agua en pipas, operado tanto por el gobierno como por particulares. Este método de distribución es costoso, genera dependencia y no siempre garantiza un abastecimiento continuo (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).
- Tandeo: En muchas colonias del SC, el suministro de agua potable a través de la red es esporádico y opera de manera intermitente, dado que el agua se distribuye en horarios o días específicos. Esta modalidad, conocida como tandeo, genera incertidumbre entre los habitantes y los obliga a depender de sistemas de almacenamiento o a complementar su abastecimiento con pipas o mediante la compra del bien (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a). Según la información más reciente disponible en el portal de Datos Abiertos de la Ciudad de México, el suministro de agua en 109 colonias del SC (de un total de 284 colonias) opera bajo un esquema de tandeo (Figura 2) (Gobierno de la

Ciudad de México, 2019). En la Tabla 4, se presenta el número de colonias en CDMX y SC con servicio de tandeo.

Figura 2. Colonias en SC con distribución de agua por tandeo en la CDMX (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México 2019, 2021.

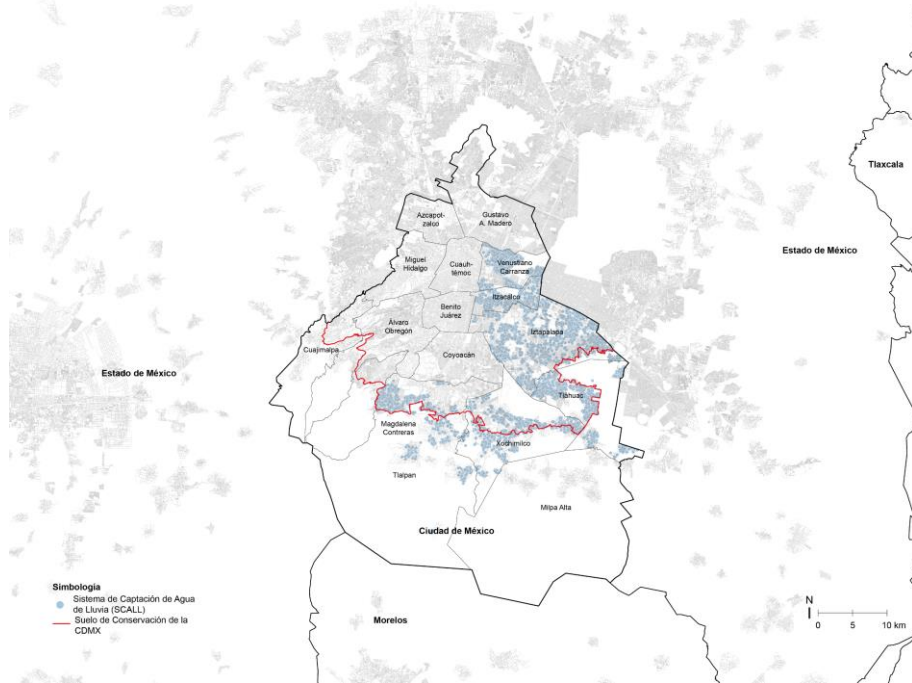
Tabla 4. Número de colonias en CDMX y Suelo de Conservación con servicio de tandeo

Alcaldía	Colonia con tandeo	Colonias con tandeo en Suelo de Conservación
Álvaro Obregón	11 (de 250 colonias en alcaldía)	8
Coyoacán	5 (de 153 colonias en alcaldía)	Ninguna
Cuajimalpa de Morelos	13 (de 250 colonias en alcaldía)	13
Gustavo A. Madero	22 (de 43 colonias en alcaldía)	16
Iztapalapa	61 (de 293 colonias en alcaldía)	4
La Magdalena Contreras	30 (de 52 colonias en alcaldía)	6
Milpa Alta	5 (de 12 colonias en alcaldía)	5
Tláhuac	31 (de 59 colonias en alcaldía)	18
Tlalpan	82 (de 179 colonias en alcaldía)	31
Xochimilco	13 (de 79 colonias en alcaldía)	8
Total	273	109

Fuente. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México 2019, 2021.

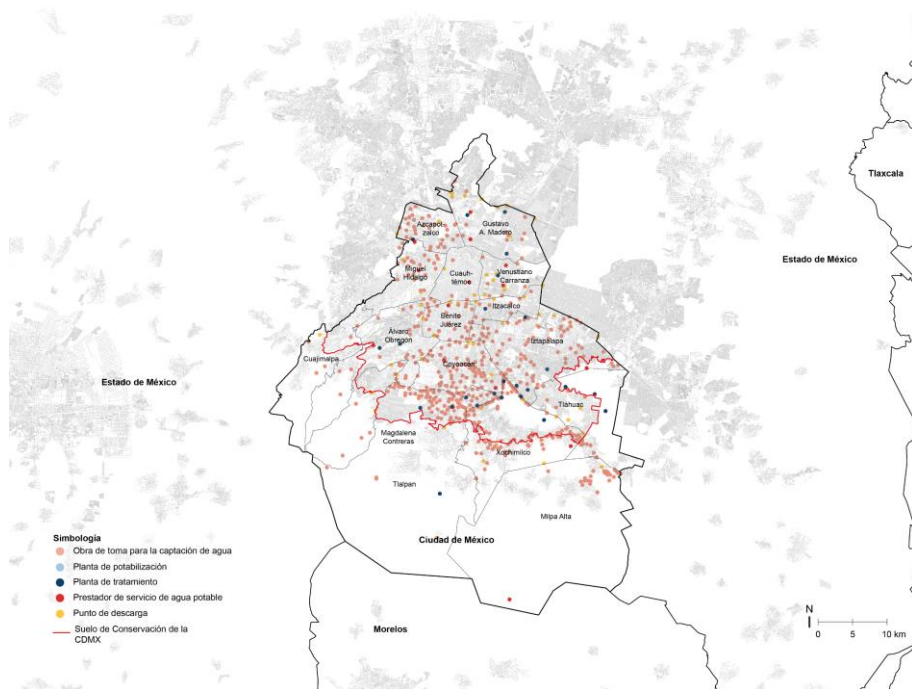
- Tomas clandestinas: En algunos asentamientos irregulares, se han instalado conexiones ilegales a la red de distribución mediante mangueras clandestinas adheridas a tomas públicas o a tanques de almacenamiento. Aunque esta práctica permite acceder al agua, su uso no regulado provoca pérdidas en el sistema y afecta el abastecimiento en otras zonas (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).
- Almacenamiento en tinacos y tambos: Debido a la intermitencia del servicio de agua, muchas viviendas almacenan el agua en tinacos, cisternas o tambos para garantizar su disponibilidad. Sin embargo, la falta de un adecuado mantenimiento en estos recipientes puede comprometer la calidad del agua y la salud de los habitantes (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a).
- Captación de agua de lluvia: Como alternativa ante la escasez, algunas viviendas han implementado sistemas de captación de agua pluvial. Programas gubernamentales —como los Sistemas de Captación de Agua de Lluvias (SCALL)— han promovido esta estrategia para mejorar el acceso al agua en comunidades vulnerables, aunque su adopción aún es limitada (Gobierno de la Ciudad de México, 2020a). Según los datos más recientes del portal de Datos Abiertos de la Ciudad de México, en 2024 se registraron 10,265 SCALL instalados en la CDMX, de los cuales 2,335 se encuentran dentro del SC (Figura 3) (SEDEMA, 2024).

Figura 3. Ubicación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en la CDMX (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y SEDEMA, 2024.

Figura 4. Ubicación de infraestructura hidráulica de soporte en la CDMX (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y 2023.

2.3.2 Desigualdad en la distribución del agua

El acceso al agua en el SC está marcado por fuertes desigualdades. Mientras que las viviendas formales y las comunidades más consolidadas tienen una conexión parcial o intermitente a la red pública, la mayoría de las viviendas informales dependen de fuentes costosas y poco confiables, como las pipas, los pozos locales o las tomas clandestinas de agua (Jiménez Cisneros *et al.*, 2011)

La distribución del agua en la CDMX prioriza el abastecimiento a zonas urbanas consolidadas, dejando en una situación de vulnerabilidad a las áreas periféricas y de conservación. De acuerdo con Stettin (2022), las viviendas ubicadas en el SC suelen recibir menos agua *per cápita* que aquellas en zonas urbanizadas, lo que limita sus condiciones de habitabilidad y calidad de vida. Un artículo publicado en El Heraldo de México en agosto de 2022 señala que, según datos del SACMEX y la SEDEMA, alcaldías con menor densidad poblacional como Tlalpan, Magdalena Contreras y Milpa Alta reciben aproximadamente 500 litros diarios por habitante, mientras que otras demarcaciones reciben menos de 200 litros diarios por persona. Es importante destacar que estas alcaldías mencionadas incluyen áreas del SC, pero también zonas urbanizadas, lo que dificulta una comparación precisa del consumo *per cápita* exclusivamente en el SC.

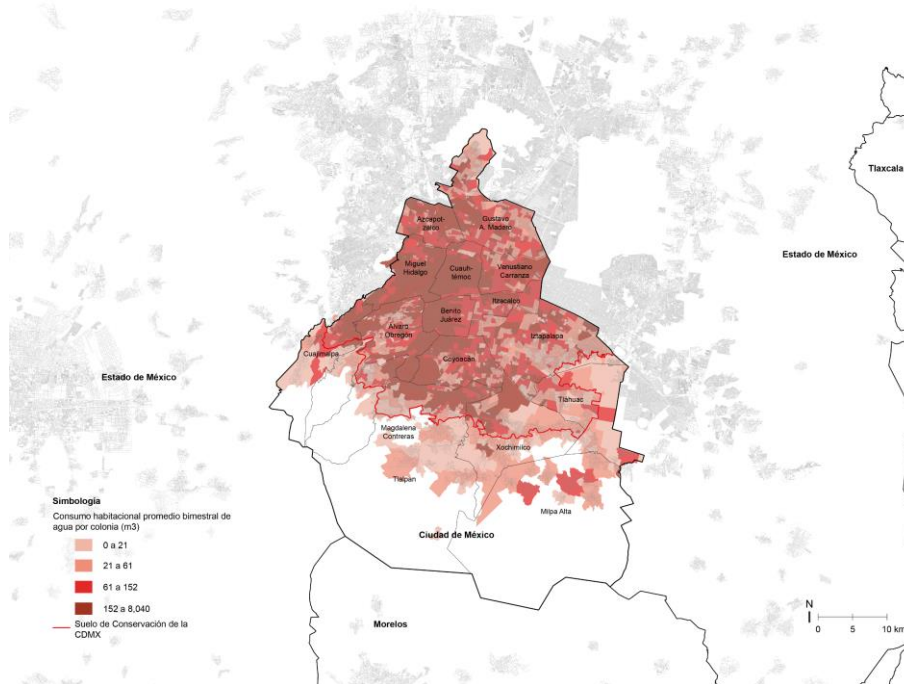
Por otro lado, un estudio publicado en la Revista Digital Universitaria en 2020 aborda la desigualdad territorial y el acceso al agua potable en la CDMX, resaltando que las zonas con déficit en la cobertura del servicio de agua potable suelen coincidir con áreas de mayor vulnerabilidad social (Caracheo Miguel, 2021).

Según Massiel Medina-Rivas *et al.* (2022), la distribución espacial del consumo *per cápita* de agua en la CDMX presenta una gran asimetría, con consumos que oscilan entre 6.75 y 671.86 l/hab/día. Aunque el consumo promedio por hogar es de 123 l/hab/día, este no refleja el consumo predominante en toda la ciudad. En las áreas periféricas del sur, suroeste y sureste de la ciudad, los consumos son considerablemente más bajos, variando entre 6.76 y 75 l/hab/día. En particular, en las zonas del suroeste y sur, en las laderas de la Sierra de las Cruces y la Sierra de Ajusco-Chichinautzin (al sur de las alcaldías de Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Tlalpan), el acceso al servicio de agua es limitado, con un suministro de hasta 50 l/hab/día debido a la lejanía de la infraestructura. Condiciones similares se observan en las áreas centrales y sur de Iztapalapa, al sureste de la ciudad, donde el consumo también varía entre 6.76 y 75 l/hab/día.

A esto se suma un hallazgo clave identificado tanto por Medina Rivas *et al.* (2022) como por Ramos Bueno *et al.* (2021): las colonias que reciben agua mediante esquemas de tandeo

La información del mapa en la Figura 5 se complementa con los datos mostrados en la Figura 6, donde se observa que el consumo habitacional promedio por colonia es más alto en las mismas alcaldías. Esto refuerza la relación entre la mayor cobertura de infraestructura hídrica y un consumo más elevado de agua en estas zonas, en comparación con las colonias ubicadas en el SC, donde la infraestructura hídrica es más limitada. Es importante mencionar que la medición del consumo de agua puede variar, ya que no todas las viviendas en la CDMX cuentan con medidor de agua. Esta falta de medición exacta puede generar discrepancias en los datos de consumo, especialmente en zonas con alta presencia de viviendas informales o en áreas donde la infraestructura es deficiente. Esto debe tenerse en cuenta al interpretar las diferencias en el consumo habitacional entre las distintas alcaldías y colonias de la ciudad (Ramos Bueno *et al.*, 2024).

Figura 6. Consumo habitacional promedio bimestral de agua por colonia (m^3) en la CDMX (2020)

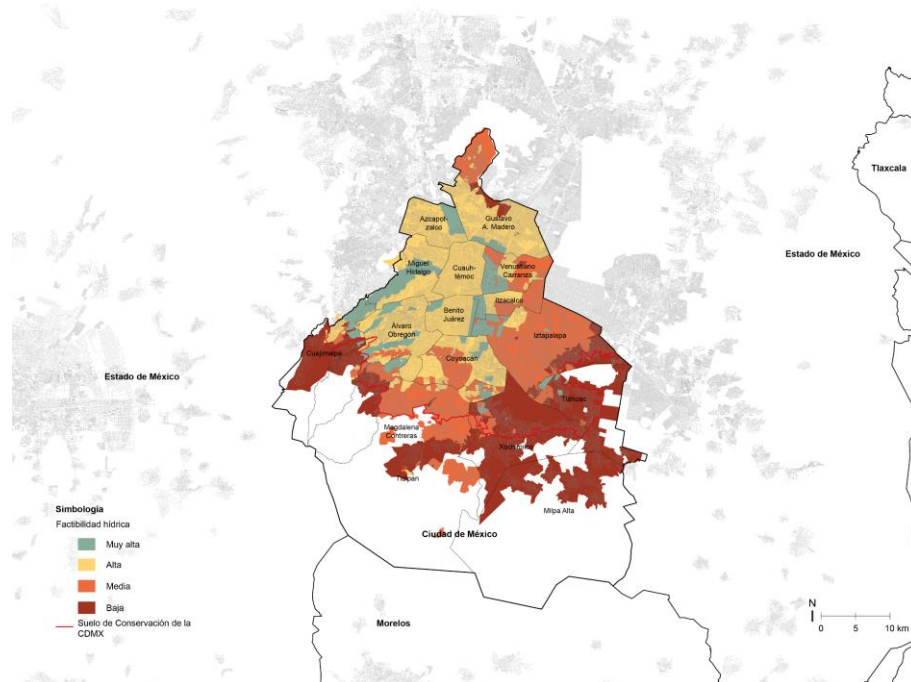


Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México 2020, 2021.

Como se muestra en la Figura 7, la distribución espacial de la factibilidad hídrica (categoría definida por SACMEX (2020d) como el grado en que las condiciones actuales permiten mitigar el riesgo de escasez de agua) evidencia una marcada desigualdad territorial en el acceso potencial al

recurso. Las zonas con mayor factibilidad se concentran en alcaldías centrales y del poniente mientras que las zonas con menor factibilidad se concentran en las alcaldías al sur y oriente de la ciudad. Esta zonificación, que responde a la falta de infraestructura histórica y características del tipo de suelo y terreno, refleja las limitaciones históricas en la expansión de redes de agua potable en estas áreas, asociadas tanto a restricciones de urbanización como a la complejidad topográfica y al bajo retorno económico de invertir en zonas periféricas con menor densidad poblacional. La baja factibilidad hídrica en estas zonas aumenta su vulnerabilidad ante la escasez, y revelan una de las dimensiones estructurales de la injusticia hídrica en la ciudad.

Figura 7. Factibilidad Hídrica en la CDMX (2020)

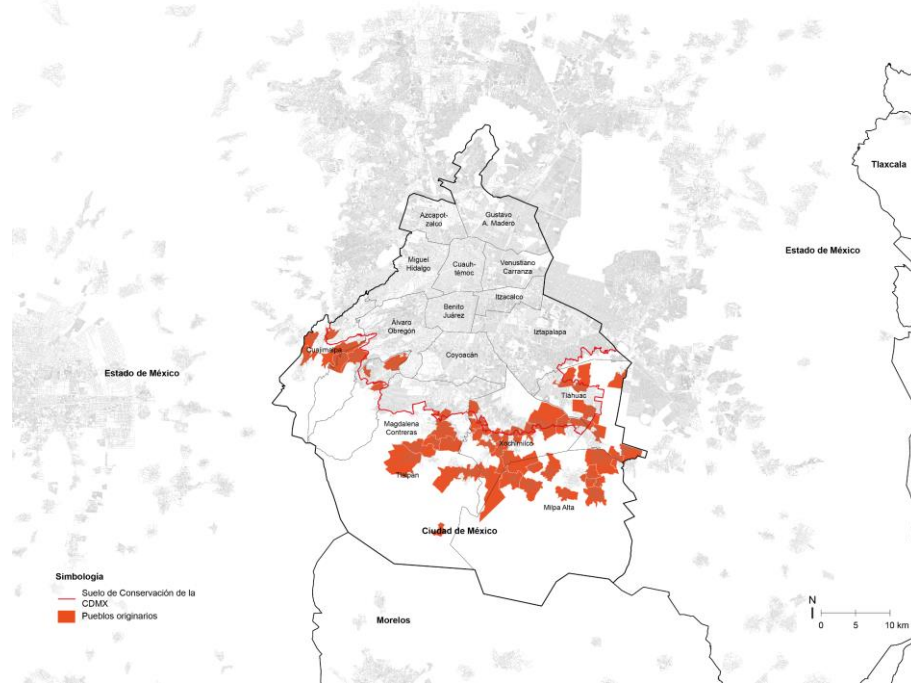


Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y Gobierno de la Ciudad de México, 2020d.

Esta situación se vuelve aún más crítica al considerar que, como se muestra en la Figura 8, de los 50 pueblos originarios reconocidos en la CDMX, 48 se localizan dentro del SC (Gobierno de la Ciudad de México, 2020g). A pesar de ser reconocidos como asentamientos formales con derechos territoriales específicos, estas comunidades enfrentan condiciones estructuralmente desventajosas en cuanto al acceso al agua potable, al estar ubicadas en zonas con baja factibilidad hídrica. La superposición entre territorios indígenas y áreas de menor infraestructura hídrica expone una desigualdad histórica y persistente que trasciende lo técnico y se inscribe en una

problemática de justicia hídrica. Esto plantea cuestionamientos sobre el derecho efectivo al agua de estas comunidades que, a pesar de su rol clave en la protección ambiental y recarga hídrica de la ciudad, enfrentan mayores obstáculos para el acceso equitativo al recurso.

Figura 8. Pueblos originarios en la CDMX (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2020a, 2020b y Gobierno de la Ciudad de México, 2020g.

2.3.3 Regulaciones hídricas en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México

El SC de la CDMX desempeña un papel fundamental en la recarga del acuífero y en la regulación del ciclo hidrológico de la metrópoli. Debido a su importancia ambiental, diversas normativas (Tabla 5) han sido implementadas para proteger sus recursos hídricos y garantizar un uso sustentable del agua en la zona. Estas regulaciones buscan controlar la sobreexplotación del acuífero, restringir actividades que generen contaminación y establecer medidas para mejorar el acceso al agua en comunidades asentadas en esta área.

Marco normativo del agua en el Suelo de Conservación y estrategias para la conservación ambiental y el acceso al agua

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce el derecho humano al agua – en su artículo 4º, párrafo sexto– estableciendo que toda persona tiene derecho a disfrutar de agua suficiente, salubre, aceptable y asequible para su bienestar. También, en el artículo 27, se define el concepto de aguas nacionales y se señala que la propiedad de las tierras y aguas corresponde a la Nación, lo que implica la responsabilidad del Estado en la gestión y distribución de estos recursos. El derecho humano al agua también ha sido reconocido en la Constitución Política de la Ciudad de México (2017), estableciendo que el abastecimiento debe ser equitativo y sustentable, con prioridad en las zonas de alto valor ecológico.

Uno de los principales instrumentos regulatorios en la capital es la Ley de Aguas de la Ciudad de México, publicada en 2003 y reformada en 2019. Esta ley establece los principios para la gestión integral del agua en la ciudad, regulando su uso, distribución y conservación. Su objetivo principal es garantizar la disponibilidad del recurso para consumo humano, al tiempo que promueve estrategias de captación, reúso y recarga del acuífero (Congreso de la Ciudad de México, 2019a).

En el caso específico del SC, la ley incorpora disposiciones que buscan proteger sus cuerpos de agua y evitar su sobreexplotación. Entre estas medidas se encuentra la prohibición de extracción ilegal de agua, el fomento del monitoreo de manantiales y cuerpos de agua subterráneos, así como la promoción de alternativas sustentables para el abastecimiento (Congreso de la Ciudad de México, 2019a).

Además, esta la normativa establece que los servicios hidráulicos a cargo de las autoridades no podrán prestarse a quienes habiten en asentamientos humanos irregulares dentro del SC. Esta disposición busca desalentar la urbanización en áreas ecológicamente sensibles y evitar una mayor presión sobre los recursos hídricos de la ciudad. Sin embargo, en la práctica, esta restricción ha generado desafíos en el acceso al agua para miles de personas que habitan estas zonas, lo que ha derivado en el uso de fuentes alternativas como pipas, captación de agua de lluvia o incluso tomas clandestinas (Congreso de la Ciudad de México, 2019a).

A pesar de los esfuerzos regulatorios, la aplicación efectiva de la ley enfrenta dificultades debido a la expansión de asentamientos irregulares, la falta de infraestructura hidráulica y la limitada capacidad de las autoridades para vigilar el cumplimiento de las normativas. En este

contexto, es fundamental fortalecer las estrategias de conservación del agua y garantizar soluciones equitativas para las comunidades que dependen de estos recursos (Congreso de la Ciudad de México, 2019a).

Complementariamente, la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua en la Ciudad de México (2003) regula el manejo del recurso hídrico y fomenta estrategias como la captación de agua de lluvia y el saneamiento de fuentes naturales (Congreso de la Ciudad de México, 2019b).

La planificación y uso del territorio en el SC está normado por el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF, 2000), el cual clasifica áreas para la captación y conservación del agua y restringe actividades que puedan afectar la calidad de los cuerpos de agua (Gobierno de la Ciudad de México, 2000). Asimismo, el Reglamento de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (actualizado en 2022) prohíbe acciones que generen contaminación y regula la extracción de agua para evitar la sobreexplotación del acuífero (Gobierno de la Ciudad de México, 2018).

Para mejorar la disponibilidad del agua en el SC, el Programa de Gestión para Mejorar la Disponibilidad, Uso y Conservación del Agua (2020-2024) ha promovido medidas como la regulación de perforación de pozos, la recuperación de cuerpos de agua y la instalación de sistemas de captación pluvial en comunidades con acceso limitado al agua potable (Gobierno de México, 2020). Además, la Norma Ambiental NADF-008-RNAT-2013 establece lineamientos para la infiltración y recarga del acuífero mediante la captación y filtración del agua de lluvia, buscando mitigar la escasez hídrica y reducir la dependencia de fuentes externas de abastecimiento (SEDEMA, 2017).

El crecimiento de asentamientos irregulares en el SC ha generado tensiones en la regulación del acceso al agua. La legislación vigente restringe la regularización de estos asentamientos y exige medidas de mitigación para evitar impactos negativos en los recursos hídricos. No obstante, la falta de infraestructura hídrica formal en muchas de estas comunidades ha llevado a la proliferación de soluciones alternativas, como el uso de pipas, tomas clandestinas y almacenamiento en tinacos y cisternas.

Tabla 5. Normas y regulaciones hídras en Suelo de Conservación de la Ciudad de México

Principales regulaciones	Objetivo de la regulación	Medidas relevantes
Artículo 4, párrafo sexto - Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Establece el derecho humano al acceso, disposición y saneamiento del agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. Su principal objetivo es garantizar que toda persona pueda ejercer este derecho de manera equitativa, priorizando el consumo humano sobre otros usos.	El Estado debe garantizar el acceso al agua potable y su saneamiento a través de políticas públicas y marcos normativos adecuados; se promueve el uso eficiente y equitativo del agua, asegurando su conservación y disponibilidad para futuras generaciones; se reconoce la importancia del agua como recurso fundamental para los ecosistemas, lo que implica su manejo responsable; se fomenta la intervención de la ciudadanía en la planeación, gestión y supervisión de los recursos hídricos.
Artículo 27, párrafo quinto y sexto - Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Establece el concepto de aguas nacionales y que la propiedad de las tierras y aguas dentro del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual tiene el derecho de transmitir su dominio a los particulares, constituyendo la propiedad privada.	La Nación tiene el derecho de imponer modalidades a la propiedad privada en beneficio del interés público y regular el aprovechamiento de los recursos naturales susceptibles de apropiación; se reconoce la propiedad de los pueblos y comunidades indígenas sobre las tierras que tradicionalmente ocupan; se establecen disposiciones sobre la expropiación por causa de utilidad pública y mediante indemnización; se regula el régimen de propiedad ejidal y comunal, así como la dotación de tierras a núcleos de población que las necesiten.
Artículo 115 - Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Establecer las bases del régimen municipal en México, reconociendo a los municipios como entidades autónomas dentro de los estados, con personalidad jurídica y patrimonio propio.	Gobierno municipal autónomo: Cada municipio será gobernado por un ayuntamiento electo directamente, compuesto por un presidente municipal, regidores y síndicos; responsabilidad en servicios públicos. El municipio tiene a su cargo la prestación de diversos servicios públicos fundamentales, incluyendo expresamente el agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales (fracción III); gestión directa o coordinada. Los municipios pueden prestar estos servicios directamente o asociarse con otros municipios o con el estado para una gestión más eficiente. También pueden celebrar convenios con la Federación o con los estados para que estos

		<p>asuman temporalmente la prestación de ciertos servicios si no cuentan con capacidad técnica o financiera; autonomía fiscal.</p> <p>Los municipios administran libremente su hacienda, que incluye el cobro de derechos por los servicios que prestan (como el agua), lo que les permite generar ingresos propios para la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento.</p>
Ley de Aguas Nacionales (LAN)	Regular la explotación, uso, conservación y administración del agua como un recurso nacional, así como garantizar su aprovechamiento sustentable y asegurar el acceso equitativo para la población, con especial atención al derecho humano al agua.	Sistema de concesiones y permisos para el uso del agua (Art. 20–29); Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) (Art. 39), donde se inscriben todas las concesiones; cobro por el uso del agua y tratamiento de aguas residuales, mediante derechos fiscales establecidos por la Ley Federal de Derechos; instrumentos de planeación hídrica, como los programas de cuenca, los planes rectores y la participación del Consejo de Cuenca (Art. 13–15); vigilancia y sanciones ante el uso ilegal del agua o la contaminación de cuerpos hídricos (Capítulo VIII); participación ciudadana y de los gobiernos locales en la administración del recurso (Art. 13 BIS y siguientes).
Artículo 9 - Constitución de la Ciudad de México	Reconocer y garantizar los derechos humanos en la CDMX, entre ellos el derecho humano al agua como derecho fundamental.	Establece que todas las personas tienen derecho a agua potable suficiente, salubre y accesible; prioriza el consumo personal y doméstico por encima de otros usos; obliga a las autoridades a garantizar este derecho sin discriminación, asegurando su disponibilidad, calidad y accesibilidad.
Artículo 16, apartado B - Constitución de la Ciudad de México	Definir los principios para la gestión sustentable del agua en la CDMX, alineados a la sostenibilidad ambiental y al derecho humano al agua.	Reconoce que el agua es un bien público y su uso debe ser equitativo y sustentable; obliga a proteger las fuentes de abastecimiento y los ecosistemas relacionados con el agua; prioriza el consumo humano y establece la participación ciudadana en la planeación y vigilancia del recurso; promueve medidas para reducir la sobreexplotación y fomentar la captación, reúso y tratamiento del agua.
Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua en la Ciudad de México	Tiene como objetivo principal garantizar el derecho humano al agua, asegurando su disponibilidad, calidad y accesibilidad para todos los habitantes de la	Promueve una administración coordinada de los recursos hídricos, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos para asegurar su uso sostenible; fomenta la inclusión de la sociedad en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del

	<p>ciudad. Esta ley establece un marco legal para la gestión sustentable de los recursos hídricos y la prestación eficiente de los servicios relacionados con el agua.</p>	<p>agua, permitiendo que los ciudadanos contribuyan en la planificación, supervisión y evaluación de políticas y programas hídricos: busca garantizar que todas las personas, sin discriminación alguna, tengan acceso suficiente y asequible al agua potable y a servicios de saneamiento adecuados; establece medidas para la preservación de fuentes de agua, la recarga de acuíferos y la protección de ecosistemas acuáticos, reconociendo la importancia del equilibrio ecológico; impulsa acciones para el tratamiento adecuado de las aguas residuales y la mejora continua de la calidad del agua suministrada, protegiendo así la salud pública y el ambiente.</p>
<p>Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal</p>	<p>Determinar el uso del suelo en las áreas rurales de la CDMX, regulando y promoviendo actividades productivas en armonía con la estructura y función de los ecosistemas, así como con las necesidades fundamentales de la población actual y futura.</p>	<p>Garantizar la permanencia de los recursos naturales que generan bienes y servicios ecosistémicos esenciales para la subsistencia de la población del Distrito Federal; ordenar las actividades de producción, conservación y restauración en la zona rural, evitando el cambio de uso del suelo; conservar y proteger los ecosistemas, la biodiversidad y los recursos naturales, respetando su uso cultural; fomentar el desarrollo de instrumentos económicos que retribuyan a los núcleos agrarios por los beneficios ambientales que proporcionan sus tierras al Distrito Federal; implementar acciones para preservar áreas críticas donde el agua se infiltra al subsuelo, asegurando la disponibilidad futura del recurso; promover prácticas que mantengan el equilibrio ecológico de las cuencas, evitando la sobreexplotación y contaminación de cuerpos de agua.</p>
<p>Reglamento de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal</p>	<p>Establecer las disposiciones necesarias para la aplicación y cumplimiento de la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal.</p>	<p>Se establecen disposiciones para el saneamiento, conservación y recuperación de las barrancas, cauces de ríos y arroyos localizados en áreas naturales protegidas, en coordinación con las delegaciones correspondientes o la Comisión de Recursos Naturales, según corresponda al tipo de suelo.</p>
<p>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)</p>	<p>Establecer las bases para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en todo el territorio</p>	<p>Ordenamiento ecológico del territorio (Art. 19–30): instrumento para regular el uso del suelo según su aptitud ecológica; Evaluación de impacto ambiental (EIA) (Art. 28): mecanismo obligatorio para proyectos públicos o privados que puedan generar daños</p>

nacional, promoviendo el desarrollo sustentable.

ecológicos; zonas de conservación ecológica (Art. 44–66): define y protege áreas naturales protegidas (ANP) en diversas categorías (reserva de la biosfera, parque nacional, etc.); prevención y control de la contaminación (Título IV): establece lineamientos para emisiones contaminantes al aire, agua y suelo; inspección y vigilancia ambiental (Art. 161–163): funciones de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); educación y participación social (Art. 158–160): promoción de la conciencia ambiental y el derecho a participar en los procesos de toma de decisiones ambientales.

Fuente. Elaboración propia a partir de información del Congreso de la Unión (1988, 1992); Gobierno de la Ciudad de México (2000); PGOEDF (2000); Constitución Política de la Ciudad de México (2017); SEDEMA (2017); Gobierno de la Ciudad de México (2018); Congreso de la Ciudad de México (2019a, 2019b); Gobierno de México (2020); Programa de Gestión para Mejorar la Disponibilidad, Uso y Conservación del Agua (2020–2024).

2.3.4 Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México

A pesar del marco normativo que regula la gestión del agua en la CDMX, su aplicación enfrenta importantes desafíos. Problemas como la sobreexplotación del acuífero, la contaminación y la desigualdad en el acceso al agua persisten, especialmente en las comunidades del SC. La falta de coordinación entre niveles de gobierno y la expansión urbana en la periferia debilitan la efectividad de las regulaciones y limitan el derecho humano al agua para las poblaciones más vulnerables.

Otro desafío es que las políticas priorizan la mejora de la infraestructura sin considerar las condiciones sociales, económicas y culturales que determinan el acceso. La prohibición del suministro en asentamientos informales y la escasa vigilancia propician tomas clandestinas y agravan la exclusión. Por ello, es urgente una mirada integral que reconozca las desigualdades, impulse la participación comunitaria y plantee estrategias redistributivas y sostenibles, entendiendo el agua como un derecho que debe garantizarse de forma equitativa y justa.

Sin embargo, para atender los desafíos que enfrentan las comunidades del SC y garantizar que el derecho humano al agua sea efectivo, resulta indispensable un marco legal sólido que aborde estos problemas desde una visión integral y equitativa. En este sentido, la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México (2003) constituye un instrumento clave, ya que establece las bases normativas para una gestión sustentable y participativa del recurso hídrico en la capital (Cejur CDMX, 2023).

Publicada originalmente en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003, esta legislación fue emitida por la Honorable Asamblea Legislativa del Distrito Federal (II Legislatura) y promulgada por el entonces Jefe de Gobierno Andrés Manuel López Obrador. Desde entonces, ha sido objeto de diversas reformas, siendo la más reciente la del 14 de abril de 2023.

A lo largo de sus distintas modificaciones, la Ley ha incorporado principios clave como el enfoque de cuenca, la gestión integral del recurso hídrico, la equidad territorial en el acceso y el reconocimiento de la función ecológica del agua. La reforma de 2023 reforzó la centralidad del derecho humano al agua, estableciendo mecanismos orientados a garantizar su disponibilidad de manera suficiente, salubre, aceptable y asequible para toda la población.

Entre sus disposiciones más relevantes, destaca el reconocimiento de la función social y ambiental del agua, priorizando el uso doméstico sobre otros usos y promoviendo la participación ciudadana en la planeación, evaluación y vigilancia del sistema hídrico. Este enfoque busca fortalecer la gobernanza del agua, reconociendo el papel activo de las comunidades y organizaciones sociales en la toma de decisiones.

La Ley también establece con claridad las responsabilidades institucionales, entre ellas las del SACMEX como órgano encargado del suministro, operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica. Asimismo, contempla la coordinación entre las distintas dependencias del gobierno local, las alcaldías y la sociedad civil organizada, en favor de una planeación más eficaz y con perspectiva territorial.

En concordancia con marcos internacionales –como los Objetivos de Desarrollo Sostenible– el ordenamiento legal adopta un enfoque de sustentabilidad y resiliencia. Esto se traduce en la obligación de proteger fuentes de abastecimiento, fomentar el tratamiento y reúso del agua, y aplicar criterios de eficiencia y justicia social en la gestión del recurso. En conjunto, esta Ley no solo constituye un marco normativo, sino también una herramienta política para transitar hacia una ciudad más justa, equitativa y ambientalmente sostenible, en un contexto marcado por la creciente presión del cambio climático, la urbanización desigual y la escasez hídrica.

A pesar del enfoque integral y del reconocimiento del derecho humano al agua que articula esta Ley, resulta problemático que el único artículo que menciona explícitamente los asentamientos en SC lo haga desde una lógica restrictiva y excluyente. El artículo 50 establece que

“los servicios hidráulicos¹⁵ a cargo de las autoridades no podrán prestarse a quienes habiten en asentamientos humanos irregulares en el suelo de conservación”, lo cual plantea serias tensiones entre la protección ambiental y el derecho al agua de quienes habitan en viviendas informales y en condiciones de vulnerabilidad.

Esta disposición refleja una visión punitiva de la informalidad habitacional, sin considerar las causas estructurales que llevan a las personas a asentarse en áreas de SC, muchas veces por falta de alternativas habitacionales formales y asequibles. Al negar explícitamente el acceso a los servicios hidráulicos en estos casos, la Ley deja sin cobertura a poblaciones que ya enfrentan múltiples formas de exclusión social, agravando la desigualdad en el acceso al agua. Además, esta situación podría ser materia de una controversia constitucional, dado que contradice el artículo 4º de la Constitución, que garantiza el derecho humano al acceso, disposición y saneamiento de agua en condiciones equitativas y sostenibles.

Resulta significativo que la Ley delimite el acceso al agua casi exclusivamente a través de los servicios hidráulicos y que omita cualquier mención a estrategias transitorias, mecanismos de regularización diferenciada o provisión mínima vital del recurso, lo que contradice el espíritu del derecho humano al agua como un derecho universal e inalienable. Desde una perspectiva de justicia hídrica, esta omisión reproduce un marco legal que limita la pluralidad de soluciones técnicas y sociales y margina a las poblaciones periurbanas y rurales, particularmente aquellas ubicadas en la periferia de la CDMX, donde el SC se ha convertido en el único espacio viable para asentamientos informales ante la crisis de vivienda.

En lugar de adoptar un enfoque que penaliza a los habitantes de estas zonas, la legislación podría incorporar disposiciones diferenciadas y soluciones adaptadas, como servicios móviles, provisión comunitaria, esquemas de cogestión o programas de regularización con criterios socioambientales. Sin embargo, la ausencia de tales alternativas en la Ley demuestra una insuficiencia normativa para responder a los retos reales de la gobernanza hídrica en contextos marcados por la desigualdad urbana. Esta omisión acentúa la dependencia de un único modelo de gestión hídrica centralizada, sin considerar la diversidad de realidades territoriales ni la capacidad de autoorganización de muchas comunidades. En lugar de ampliar el espectro de posibilidades para asegurar el acceso al agua, la Ley reproduce un marco institucional rígido y tecnocrático, que

¹⁵ Corresponden a “[l]os servicios públicos que presta la administración pública del Distrito Federal [ahora Ciudad de México] relativos al agua potable, drenaje y alcantarillado” (Cejur CDMX, 2023) [énfasis propio].

invisibiliza soluciones adaptativas o alternativas que han demostrado eficacia y legitimidad en distintos entornos. Desde la perspectiva de justicia hídrica, esta falta de reconocimiento normativo debilita los derechos colectivos y las capacidades locales para gestionar el agua como un bien común. Esto es particularmente relevante en las periferias urbanas, que es a menudo el único espacio disponible para asentamientos informales. Por ello, el caso del SC es clave para repensar las políticas hídricas desde un enfoque que priorice la inclusión, la equidad territorial y la participación social. Además, es fundamental que estos debates se acompañen de estudios de análisis espacial que permitan comprender a mayor escala la distribución desigual del agua en la periferia, las dinámicas territoriales del suelo y la ubicación de las zonas más afectadas por la exclusión hídrica, de modo que las políticas sean más sensibles a las condiciones reales del territorio y contribuyan a una transformación más justa del régimen hídrico periurbano.

El caso del SC en la CDMX ayuda también a evidenciar las tensiones entre el marco legal vigente y las realidades territoriales que enfrentan las comunidades periféricas. Aunque la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua (2003) está orientada hacia principios de equidad y sustentabilidad, aún presenta vacíos importantes al no incorporar mecanismos específicos que atiendan las condiciones de informalidad en las que habita una parte significativa de la población del SC. Esta omisión legal refuerza una visión tecnocrática del acceso al agua, dejando de lado trayectorias históricas de exclusión y las formas legítimas, aunque no regularizadas, de habitar el territorio. En este contexto, se vuelve urgente estudiar el caso desde un enfoque que combine el análisis espacial con la justicia hídrica, a fin de visibilizar las desigualdades territoriales en el acceso al agua y proponer políticas más incluyentes que reconozcan la diversidad de condiciones y capacidades locales en las periferias urbanas.

3. Marco Metodológico

En esta sección se presenta el marco metodológico que sustenta la investigación, detallando el diseño y los procedimientos utilizados para analizar el acceso al agua en la periferia urbana de la CDMX desde la perspectiva de la justicia hídrica. Se describen los criterios para la selección de variables que permiten operacionalizar los ejes conceptuales del estudio, así como la justificación para el uso del caso de estudio del SC como espacio representativo de la problemática analizada.

Asimismo, se explica el enfoque cuantitativo y espacial adoptado para analizar las dimensiones sociales, territoriales y ambientales del acceso al agua, con el fin de identificar patrones, relaciones y desigualdades en la distribución del recurso. Finalmente, se detallan los métodos de análisis estadístico y espacial aplicados, que incluyen técnicas descriptivas, modelación y análisis espacial de clústeres, para aportar una comprensión integral y rigurosa del fenómeno en estudio.

3.1 Selección de variables

El concepto de justicia hídrica orienta esta investigación al considerar que las desigualdades en el acceso al agua no se explican únicamente por la escasez física, sino por relaciones de poder, exclusión en la toma de decisiones y modelos de gobernanza que favorecen a ciertos sectores sobre otros. Desde esta perspectiva, se reconoce que garantizar el derecho al agua implica no solo asegurar su disponibilidad, sino también transformar las estructuras políticas y sociales que reproducen la desigualdad y la precarización del acceso, especialmente en las periferias urbanas.

Para llevar a cabo una investigación cuantitativa, se definieron variables e indicadores clave que permiten cuantificar y analizar estas desigualdades en el contexto de la periferia en la CDMX. A partir de este enfoque, se propusieron cuatro ejes analíticos:

- **Eje 1 – Suministro y almacenamiento:** Evalúa la capacidad de la población para obtener agua en cantidad y calidad.
- **Eje 2 – Distribución y desigualdades hídricas:** Analiza las diferencias en el acceso y la disponibilidad del agua entre distintos sectores poblacionales.
- **Eje 3 – Gobernanza del agua:** Examina los mecanismos de gestión y participación en la distribución del agua.

- **Eje 4 – Riesgo y sensibilidad:** Evalúa la exposición de la población a riesgos hídricos como contaminación del agua, escasez o eventos climáticos extremos.

A partir de estos cuatro ejes analíticos, se derivaron variables específicas que permiten operacionalizar el concepto de justicia hídrica en el contexto de esta investigación. Estas variables han sido organizadas y representadas en la Tabla 6, donde se visualiza la relación entre los ejes teóricos, los indicadores cuantificables utilizados en el análisis y los principales autores que han trabajado estos conceptos o variables en diversos estudios.

Tabla 6. Variables e indicadores para estudiar la distribución espacial del acceso al agua en la periferia desde la justicia hídrica

Eje temático	Variables e indicadores	Referencias
Eje 1: Suministro y almacenamiento	Consumo del agua	Medina-Rivas <i>et al.</i> (2022); Ramos Bueno <i>et al.</i> (2021)
	Accesibilidad física	Feitelson y Chenoweth (2002); Ramos Bueno <i>et al.</i> (2024)
	Accesibilidad económica	Feitelson y Chenoweth (2002); UNDP (2006)
	Derecho humano al agua	Bakker (2012); Sultana (2018)
Eje 2: Distribución y desigualdad hídrica	Desigualdad espacial	Medina-Rivas <i>et al.</i> (2022); Swyngedouw (2009)
	Desigualdad económica	UNDP (2006); Budds y Sultana (2018)
	Desigualdad social	
	Desigualdad de infraestructura hídrica	Ramos Bueno <i>et al.</i> (2021); Allen <i>et al.</i> (2006a)
Eje 3: Gobernanza del agua	Gestión de recursos hídricos	Bakker (2007)
	Políticas hídricas y planeación	Pastrana-Miranda y González-Caamal (2022); Boelens <i>et al.</i> (2016)
	Participación comunitaria	Perreault (2014); Zwartveen y Boelens (2014)
	Transparencia y acceso a la información	Budds (2009); Cisneros <i>et al.</i> (2011)
Eje 4: Riesgo/ Sensibilidad	Condiciones socioeconómicas	Allen <i>et al.</i> (2006a); Medina-Rivas <i>et al.</i> (2022)

Acceso a infraestructura de soporte

Tipo de vivienda/ características de vivienda

Nota. Por disponibilidad de datos, solo los indicadores marcados en negritas fueron seleccionados para su conversión en variables numéricas en este caso de estudio.

Fuente. Elaboración propia.

Dado que muchas de las dinámicas que afectan el acceso al agua en la periferia están mediadas por procesos de urbanización informal, en esta investigación se recurrió al uso de variables *proxy* para representar dimensiones difíciles de medir directamente, como la formalidad o informalidad de la vivienda. Por ejemplo, se incorporó el porcentaje de viviendas con piso de tierra como un indicador indirecto de precariedad habitacional y posible informalidad. Esta variable permitió aproximarse a condiciones estructurales asociadas con la exclusión del sistema formal de provisión de agua, como la falta de servicios registrados o la imposibilidad de conexión legal a la red hidráulica.

Dentro del esquema presentado en la Tabla 6, algunas variables han sido seleccionadas como clave para su inclusión en los modelos, en el análisis espacial *LISA* y análisis de clústeres, marcadas en negritas en la tabla. Estas variables seleccionadas, que son presentadas en la Tabla 7, permiten evaluar de manera sistemática cómo los factores socioeconómicos, espaciales e infraestructurales influyen en las desigualdades en el acceso al agua potable en el caso de estudio de la periferia urbana de la CDMX.

Es importante señalar que, en esta investigación, el consumo doméstico anual de agua por colonia se utiliza como *proxy* del acceso al agua. Esta variable se aborda como la variable dependiente, bajo el supuesto de que el volumen de consumo refleja, de manera indirecta pero operativa, la posibilidad real de las personas de disponer de agua para cubrir sus necesidades cotidianas.

Tabla 7. Variables e indicadores seleccionados para estudiar la distribución espacial del acceso al agua en la periferia de la Ciudad de México (2020) desde la perspectiva de justicia hídrica

Variable dependiente

Eje analítico	Variable	Indicador	Fuente
Eje 1: Suministro y almacenamiento	Consumo doméstico anual por colonia	Metros cúbicos anuales de consumo promedio por colonia	Sacmex, 2023

Variables independientes

Eje analítico	Variable	Indicador	Fuente
	Vivienda con agua entubada	Porcentaje de viviendas por colonia con agua entubada	INEGI, 2020a
	Cobertura de infraestructura hídrica	Metros de infraestructura hídrica promedio por colonia por habitante (m/hab)	Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México, 2020
		Longitud de infraestructura hidráulica total por colonia	Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México, 2020
	Viviendas con tinaco	Porcentaje de viviendas por colonia con instalación de tinaco	INEGI, 2020 ^a
	Viviendas con cisterna o aljibe	Porcentaje de viviendas por colonia con cisterna o aljibe	INEGI, 2020a
Eje 2: Distribución y desigualdad hídrica	Precio mínimo del agua por colonia	Tarifa mínima registrada por colonia de consumo doméstico de agua (MXN/m ³)	Sacmex, 2023
	Índice de Desarrollo Social ¹⁶	Valor promedio del IDS por colonia	Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de

¹⁶ El Índice de Desarrollo Social (IDS), medido por el Consejo de Evaluación de la Ciudad de México, es un indicador sintético que resume condiciones de vida mediante ocho dimensiones: vivienda, educación, bienes durables, energía, saneamiento, telecomunicaciones, salud y seguridad social. Su cálculo se basa en el método de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), dentro del enfoque de Medición Integrada de la Pobreza (MMIP), y se estima a distintos niveles territoriales como manzana, AGEB, unidad territorial y alcaldía, con base en datos del Censo de Población y Vivienda. El IDS se expresa en una escala estandarizada que va aproximadamente de -3 (muy bajo desarrollo) a +3 (muy alto

			la Ciudad de México, 2020
	Vivienda con piso de tierra	Porcentaje de viviendas por colonia con piso de tierra	INEGI, 2020a
	Tandeo	Presencia o ausencia por colonia de suministro por tandeo (<i>dummy</i>)	Gobierno de la Ciudad de México, 2019
Eje 3: Gobernanza hídrica	Gestión municipal	Presencia de obra de toma para la captación de agua por colonia (<i>dummy</i>)	INEGI, 2023
	Gestión municipal	Presencia de planta de potabilización por colonia (<i>dummy</i>)	INEGI, 2023
	Gestión municipal	Presencia de prestador de servicios por colonia (<i>dummy</i>)	INEGI, 2023
	Gestión municipal	Presencia de punto de descarga por colonia (<i>dummy</i>)	INEGI, 2023
	Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL)	Presencia de SCALL por colonia (uds)	SEDEMA, 2024
	Factibilidad hídrica	Clasificación de factibilidad de dotación de agua en suelo urbano (alta, media, baja, muy baja) por colonia (factor)	Gobierno de la Ciudad de México, 2020d.
Eje 4: Riesgo/sensibilidad	Índice de Marginación Urbana ¹⁷	Índice de marginación promedio por colonia	CONAPO, 2020a

desarrollo), y se clasifica en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto (Consejo de Evaluación de la Ciudad de México, 2020).

¹⁷ El Índice de Marginación Urbana (IMU) es una medida sintética que permite identificar y cuantificar la exclusión social estructural en contextos urbanos. Se basa en once indicadores agrupados en cuatro dimensiones socioeconómicas, estimados con datos del Censo de Población y Vivienda 2020. Su objetivo es visibilizar las desigualdades territoriales y orientar la planeación de políticas públicas enfocadas en mejorar la calidad de vida y fortalecer la justicia distributiva a nivel colonia y AGEB. El IMU utiliza una escala relativa en la que valores más

Población con habla indígena	Porcentaje de población hablante de lengua indígena por colonia	INEGI, 2020a
Hogares con jefatura femenina	Porcentaje de hogares con jefatura femenina por colonia	INEGI, 2020a

Fuente. Elaboración propia.

3.2 Caso de estudio como herramienta metodológica

El caso de estudio es una estrategia metodológica ampliamente utilizada en ciencias sociales para analizar fenómenos complejos dentro de su contexto real. Yin (2009) lo define como un enfoque de investigación que permite examinar específicamente un evento, proceso o grupo social en su entorno natural, utilizando diversas fuentes de información para obtener una comprensión integral del objeto de estudio mientras que Stake (2005) enfatiza la importancia del estudio de caso para capturar la singularidad de situaciones específicas.

La elección del caso de estudio como herramienta metodológica responde a la necesidad de analizar de manera detallada las condiciones que afectan el acceso al agua en contextos urbanos periféricos. Dado que se busca encontrar la relación entre factores socioeconómicos, espaciales e infraestructurales, el caso de estudio permite examinar la interacción de estas variables en un entorno específico. El uso de esta estrategia metodológica posibilita de igual manera el uso de diferentes fuentes de datos, aumentando la validez de los hallazgos.

Existen diversos enfoques en la utilización del caso de estudio. Yin (2009) distingue entre estudios de caso exploratorios, descriptivos y explicativos, según el objetivo de la investigación. En este estudio, se adopta un enfoque explicativo, ya que se busca comprender las relaciones entre el acceso al agua potable y las condiciones socioespaciales de la población analizada. El caso de estudio se desarrolla dentro de un diseño cuantitativo, apoyado en el análisis estadístico y espacial de datos oficiales.

Para la selección del caso de estudio, se han establecido criterios que garantizan su relevancia dentro del fenómeno investigado. Entre estos criterios se encuentran la ubicación en la

altos indican mayor marginación. Se clasifica en cinco niveles: muy baja, baja, media, alta y muy alta marginación (CONAPO, 2020b).

periferia urbana de una de las ciudades más pobladas en América Latina, la presencia de problemas estructurales en el acceso al agua y la disponibilidad de datos cuantitativos de fuentes gubernamentales correspondientes. Esto último permite fundamentar el análisis en información oficial, considerando tanto sus alcances como sus limitaciones.

La información utilizada para las variables del caso de estudio corresponde al año 2020, dado que al momento de realizar la investigación, es el último año del que se dispone de datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda de INEGI. Esta elección permite garantizar la coherencia temporal de los datos analizados, asegurando que todas las variables correspondan al mismo año y evitando posibles sesgos derivados del uso de información de diferentes periodos. Además, esta periodicidad (cada 5 o 10 años) es consistente con la manera en que el gobierno y diversas instituciones de México llevan a cabo el levantamiento de información oficial. La selección de SC de la CDMX como caso de estudio se ha realizado con el fin de que pueda aportar conocimientos generalizables a contextos similares en América Latina.

Esta aproximación metodológica permite comprender la situación del acceso al agua en un contexto urbano periférico, proporcionando evidencia empírica para la discusión en torno a la justicia hídrica y la desigualdad en la distribución de este recurso esencial.

3.3 Enfoque cuantitativo y espacial

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo para analizar de manera objetiva y sistemática la relación entre el acceso al agua potable en vivienda y diversos factores socioeconómicos, espaciales e infraestructurales a través del caso de estudio del SC de la CDMX. El uso de métodos cuantitativos permite identificar patrones y correlaciones mediante técnicas estadísticas, garantizando resultados replicables y comparables con otros estudios sobre acceso al agua en contextos periurbanos en América Latina.

El diseño de esta investigación es no experimental, transversal y correlacional. Se clasifica como no experimental porque se trabaja con datos preexistentes recolectados en 2020 por fuentes oficiales como el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO), sin intervenir ni manipular las variables de estudio; es transversal porque examina la situación del acceso al agua en un solo momento en el tiempo, sin realizar un seguimiento longitudinal de las unidades de análisis; y es correlacional, ya que busca identificar y evaluar la relación entre el acceso al agua

potable y diversos factores socioeconómicos e infraestructurales que podrían influir en esta problemática.

La unidad de análisis de este estudio son las colonias de la CDMX (1,814 colonias (Gobierno de la Ciudad de México, 2020f)), con especial énfasis en aquellas colonias de la periferia urbana ubicadas en el SC al sur de la capital (284 colonias (Gobierno de la Ciudad de México, 2020f)). Este enfoque busca evidenciar que las diferencias en el acceso al agua en estas zonas no se deben únicamente a su ubicación geográfica, sino también a deficiencias estructurales y sociales.

Para el análisis de datos, se emplean dos estrategias principales. En primer lugar, se realizan estadísticas descriptivas para caracterizar las condiciones de acceso al agua en las colonias estudiadas y comprender su distribución en la ciudad. Complementariamente, se realiza un análisis espacial *LISA* multivariado (*Local Indicators of Spatial Association* por su nombre en inglés). El análisis *LISA* es una técnica estadística que permite ubicar y evaluar la presencia de agrupamientos espaciales significativos a escala local. A diferencia de los indicadores globales, que resumen la autocorrelación espacial en todo el territorio analizado, el análisis *LISA* descompone dicha medida en valores específicos para cada unidad espacial, haciendo posible detectar patrones como concentraciones de altos o bajos valores, así como unidades atípicas en relación con sus vecinas. Este enfoque es fundamental para estudiar la heterogeneidad espacial y revelar dinámicas locales que pueden estar ocultas en los análisis globales (Anselin, 1995).

Posteriormente, para la segunda estrategia, se aplica una regresión lineal múltiple con el objetivo de explicar los factores socioeconómicos e infraestructurales que influyen en el acceso al agua potable. La regresión lineal múltiple es una técnica estadística que permite modelar y analizar la relación entre una variable dependiente continua y dos o más variables independientes. Su objetivo es predecir o explicar el comportamiento de la variable dependiente a partir de un conjunto de variables independientes, asumiendo que la relación entre ellos es lineal. Este modelo extiende la regresión lineal simple al considerar múltiples factores al mismo tiempo, lo que permite controlar por posibles efectos de confusión y estimar la magnitud y dirección del efecto de cada una de las variables independientes, manteniendo constantes las demás (Gujarati y Porter, 2009). La ecuación general del modelo de regresión lineal múltiple se expresa de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

(ecuación 1)

Donde:

- Y : es la variable dependiente —en este caso, el consumo promedio por colonia (2020)— que se usa como *proxy* del acceso al agua;
- β_0 : es la ordenada al origen o intercepto, que representa el valor esperado de Y cuando todas las variables independientes tienen valor de cero;
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: son los coeficientes de regresión que indican el efecto marginal de cada una de las variables independientes X_1, X_2, \dots, X_k sobre Y , manteniendo constantes las demás;
- X_1, X_2, \dots, X_k : representan los valores de las variables independientes en cada una de las unidades bajo estudio, como características socioeconómicas, condiciones de infraestructura u otras dimensiones relevantes del análisis;
- ε : es el error estocástico o aleatorio, o simplemente error, que captura la variación en Y no explicada por el modelo.

Para optimizar la selección de variables explicativas y evitar modelos sobreajustados, se utiliza el método de regresión *stepwise*. El modelo de regresión *stepwise* (o regresión por pasos) es un método automatizado de selección de variables que busca construir un modelo parsimonioso, es decir, que incluya solo aquellas variables que contribuyen significativamente a explicar la variable dependiente al agregar variables y, a la vez, eliminar aquellas variables que dejan de ser significativas conforme se incorporan nuevas en función de criterios estadísticos, como el valor p , el estadístico F o criterios de información como AIC/BIC (Gujarati y Porter, 2009).

A continuación, se lleva a cabo una regresión espacial múltiple como extensión de los modelos de regresión lineal múltiple. La regresión espacial incorpora explícitamente la dimensión espacial de los datos mediante la autocorrelación. Esto se hace mediante la inclusión de efectos espaciales que pueden surgir en dos formas principales: (1) dependencia espacial en la variable dependiente (modelo SAR) donde se asume que los valores de la variable dependiente en una unidad geográfica están influenciados por los valores de esa misma variable en las unidades vecinas y (2) dependencia espacial en los errores (modelo SEM) el cual reconoce que puede haber autocorrelación en los errores del modelo, lo que indica que hay factores no observados con una

estructura espacial que afectan a la variable dependiente (Anselin, 1988). Las ecuaciones generales de ambos modelos se expresan de la siguiente manera:

Modelo SAR (*Spatial Autoregressive Model*):

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$$

(ecuación 2)

Modelo SEM (*Spatial Error Model*):

$$Y = X\beta + u, \quad u = \lambda Wu + \varepsilon$$

(ecuación 3)

Donde:

- Y : es la variable dependiente —en este caso, el consumo promedio por colonia (2020) — que se usa como *proxy* del acceso al agua;
- X : es la matriz de variables independientes (predictores);
- β : es el vector de coeficientes asociados a las variables independientes;
- W : es la matriz de pesos espaciales que define la estructura de vecindad entre las unidades geográficas;
- ρ : es el parámetro de autocorrelación espacial en el modelo *SAR*, que indica la magnitud de la influencia de las unidades vecinas sobre Y ;
- u : es el término de error espacialmente autocorrelacionado en el modelo *SEM*;
- λ : es el coeficiente de autocorrelación espacial en los errores del modelo *SEM*;
- ε : es el error, asumido como ruido blanco.

Finalmente, se realiza un análisis de agrupamiento (clústeres) para identificar patrones y grupos homogéneos dentro de los datos que permitan caracterizar y sintetizar las zonas con características socioeconómicas, infraestructurales o de consumo de agua similares. Los métodos de agrupamiento buscan organizar las observaciones en grupos o clústeres de manera que los

elementos dentro de cada grupo sean más semejantes entre sí que con respecto a los otros grupos, facilitando así la interpretación de la heterogeneidad espacial y social presente en el territorio. Entre las técnicas utilizadas destacan *k-means*, *k-medians* y *k-medoids*, que difieren en la forma en que determinan los centros de los grupos y en su robustez ante valores atípicos, siendo útiles para captar la diversidad y complejidad de las realidades territoriales (Jain, 2010). Las ecuaciones generales de los modelos se expresan de la siguiente manera:

K-means: Minimiza la suma de los cuadrados de las distancias euclidianas entre los puntos y el centroide (media) del clúster.

$$\min_c \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} \|x - \mu_i\|^2$$

(ecuación 4)

Donde:

- k : es el número de clústeres;
- C_i : es el conjunto de puntos asignados al clúster i ;
- μ_i : es la media (centroide) del clúster i ;
- $\|x - \mu_i\|^2$: es la distancia euclidiana al cuadrado entre un punto x y su centroide.

K-medians: Minimiza la suma de las distancias Manhattan (L1) entre los puntos y la mediana del clúster.

$$\min_c \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} \|x - m_i\|_1$$

(ecuación 5)

Donde:

- m_i : es la mediana multivariada de los puntos en el clúster C_i ;
- $\|x - m_i\|_1$: es la distancia Manhattan (suma de valores absolutos).

K-medoids

$$\min_{C, m_i \in C_i} \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} d(x, m_i)$$

(ecuación 6)

Donde:

- m_i : es el *medoid*, es decir, el punto dentro del clúster C_i que minimiza la distancia total a todos los demás puntos del mismo clúster;
- $d(x, m_i)$: es cualquier métrica de distancia (euclidiana, Manhattan, etc.).

Es fundamental subrayar que la interpretación de los resultados no debe hacerse de forma aislada, sino integrando los hallazgos de las regresiones con los patrones revelados por el análisis de agrupamiento. Mientras que la regresión espacial identifica y cuantifica la influencia de variables específicas sobre el acceso al agua potable, considerando las dependencias espaciales y autocorrelaciones en los datos, el análisis de agrupamiento complementa esta perspectiva al revelar conjuntos de colonias con características socioeconómicas e infraestructurales similares que podrían compartir dinámicas comunes en el acceso al agua.

Esta combinación metodológica ofrece una visión más robusta y holística, permitiendo identificar no solo los factores determinantes, sino también las zonas donde dichas desigualdades se manifiestan de forma concentrada o diferenciada. Además, el análisis espacial facilita reconocer patrones territoriales específicos, lo que permite comprender las distintas problemáticas según el contexto local y orientar la toma de decisiones hacia acciones diferenciadas. Esto resulta clave para diseñar intervenciones más precisas, identificar áreas con características comunes y planificar estrategias adaptadas a las necesidades particulares de cada zona.

Desde la perspectiva de justicia hídrica, este enfoque integrado es particularmente valioso, pues permite evidenciar la distribución desigual y espacialmente segmentada del acceso al agua potable —un recurso esencial y un derecho humano— y facilita la identificación de áreas con mayor vulnerabilidad y exclusión, muchas veces relegadas en las periferias urbanas y que requieren intervenciones diferenciadas y contextualizadas. Así, la combinación del análisis

espacial y el *clustering* contribuye a comprender las complejas interrelaciones entre variables sociales, infraestructurales y territoriales que generan inequidades en el acceso al agua en las periferias urbanas, orientando la formulación de políticas públicas más justas, equitativas y adaptadas a las realidades locales.

3.4 Métodos de análisis

El análisis de los datos de esta investigación fue desarrollado en varias etapas para asegurar un tratamiento riguroso de la información y la correcta aplicación de técnicas estadísticas y espaciales. Para todas las variables fue usada la información en formato .csv, .xlsx y .shp para realizar un análisis estadístico descriptivo y estimar los modelos de regresión lineal múltiple, *SAR* y *SEM*, además del análisis de agrupamiento (clústeres) empleando el *software* estadísticos *R*, mientras que la información en formato .shp también fue usada para desarrollar el modelo *LISA* empleando los softwares *GeoDa* y *QGis*. A continuación, se describen las fases del análisis de datos. Al final de esta sección, se presenta una tabla síntesis que resume los métodos cuantitativos y espaciales utilizados para este caso de estudio y sus objetivos (Tabla 8).

1. Limpieza y estructuración de datos

Dado que los datos provinieron de diversas fuentes oficiales gubernamentales (SACMEX, INEGI, CONAPO), fue necesario un proceso de integración y depuración de las bases de datos. Este proceso incluyó:

- Identificación y tratamiento de valores atípicos y datos faltantes mediante técnicas como la imputación o eliminación de registros según el caso.
- Estandarización de variables para garantizar coherencia en las unidades de medida y escalas de análisis.
- Georreferenciación de datos en el caso de información espacial, utilizando identificadores únicos de colonias y herramienta de *R*.

2. Estadística descriptiva

En esta etapa, se aplicaron técnicas de análisis exploratorio para caracterizar las variables y detectar patrones preliminares. Con el uso de *R*, se generaron:

- Tablas de frecuencias, medidas de tendencia central, medidas de dispersión y medidas de posición
- Gráficos de análisis descriptivo y mapas temáticos para visualizar la heterogeneidad espacial del acceso al agua.
- Análisis de correlación entre las variables para identificar posibles relaciones preliminares.

3. Análisis *LISA*

En esta etapa se aplicó el análisis *LISA* con el propósito de identificar agrupamientos espaciales significativos y valores atípicos localizados en el consumo de agua por colonia. Esta técnica permite evaluar la autocorrelación espacial de manera local, es decir, detectar si existen patrones de concentración territorial donde el consumo es sistemáticamente alto o bajo en comparación con las zonas circundantes.

Para este análisis se utilizaron los datos espaciales en formato .shp y el software *GeoDa*, que permitió construir una matriz de pesos espaciales con criterio de vecindad tipo *queen*, y calcular el estadístico de Moran local. Los resultados se visualizaron a través de mapas de clústeres espaciales que muestran zonas clasificadas como *High-High* (alto consumo rodeado de altos consumos), *Low-Low* (bajo consumo rodeado de bajos consumos), *High-Low* y *Low-High* (valores atípicos locales o *outliers*).

4. Regresión lineal múltiple

Para evaluar la relación entre el acceso al agua potable y los factores socioeconómicos e infraestructurales, se empleó un modelo de regresión lineal múltiple. Con el fin de mejorar la selección de variables explicativas y reducir el riesgo de sobreajuste, se recurrió al método de selección escalonada (*stepwise*), el cual permitió identificar el conjunto óptimo de predictores mediante criterios estadísticos, favoreciendo así un modelo más eficiente y parsimonioso.

Después de estimar el modelo, se realizaron pruebas de supuestos, tales como:

- Multicolinealidad entre variables independientes, utilizando el factor de inflación de varianza (VIF).

- Homoscedasticidad, a través de la prueba de Breusch-Pagan y gráficos de dispersión de residuos.
- Independencia de errores, evaluada con la prueba de Durbin-Watson.

El modelo se ajustó considerando criterios de significancia estadística ($p < 0.01$) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) para evaluar su capacidad explicativa. Además, se realizó un análisis de autocorrelación espacial de los residuales para verificar la presencia de dependencia espacial no explicada por el modelo. La presencia significativa de autocorrelación espacial en los residuales justificó la aplicación posterior de un modelo de regresión espacial, con el fin de corregir la dependencia espacial y mejorar la precisión y validez de las estimaciones.

5. Regresión espacial múltiple

Tras la estimación del modelo de regresión lineal de mínimos cuadrados, se procedió a realizar una regresión espacial múltiple con el objetivo de incorporar explícitamente la dimensión espacial en el análisis y corregir posibles sesgos derivados de la autocorrelación espacial de los residuos.

Para ello, se estimaron dos tipos de modelos espaciales: el modelo con efectos espaciales en la variable dependiente (*Spatial Lag Model*, SAR) y el modelo con autocorrelación espacial en los residuos (*Spatial Error Model*, SEM). La especificación espacial se construyó mediante una matriz de pesos espaciales tipo *queen* de primer orden, que considera como vecinas aquellas unidades geográficas que comparten al menos un vértice o un lado (una separación).

Las estimaciones de ambos modelos se realizaron utilizando el software *GeoDa*, que permitió especificar la matriz de pesos espaciales y estimar los coeficientes bajo supuestos espaciales. Asimismo, se validó la significancia de los efectos espaciales y se comparó el ajuste del modelo espacial con el modelo lineal tradicional, evaluando la mejora en la capacidad explicativa y la reducción de autocorrelación en los residuos.

6. Análisis de agrupamiento (clústeres)

El análisis de agrupamiento se empleó como una técnica complementaria en este estudio para identificar patrones subyacentes en la distribución espacial del acceso al agua y para detectar agrupaciones de colonias con características socioeconómicas y de infraestructura similares. Este análisis fue crucial para segmentar el territorio de la CDMX en grupos homogéneos, permitiendo una identificación más precisa de áreas con condiciones similares en términos de acceso al agua, infraestructura hídrica y factores socioeconómicos. De este modo, el análisis de clústeres facilitó la comprensión de las dinámicas territoriales en el acceso y uso del recurso hídrico, al identificar agrupaciones de colonias con características comunes para reflejar la justicia hídrica.

Para la determinación del número óptimo de clústeres, se empleó el método de codo el cual consiste en evaluar la variación explicada por cada número de clústeres (k) para encontrar el valor que mejor segmenta los datos sin generar grupos excesivamente dispersos o pequeños.

Posteriormente, se realizaron tres pruebas con diferentes métodos de agrupamiento (*K-Means*, *K-Medoids* y *K-Medians*) para evaluar cuál fue el más adecuado para los datos del acceso al agua, infraestructura y características socioeconómicas.

Tabla 8. Secuencia de los métodos cuantitativos y espaciales utilizados para analizar la distribución del acceso al agua en la periferia de la Ciudad de México y sus objetivos

Método	Objetivo del método	Objetivo en términos del acceso al agua desde la justicia hídrica
1. Limpieza y estructuración de datos	Preparar la base de datos para el análisis, depurando valores faltantes, errores o inconsistencias y armonizando las unidades de observación y las variables.	Garantizar que el análisis se base en información confiable y representativa, permitiendo visibilizar las desigualdades reales en el acceso al agua en colonias periféricas desde variables de justicia hídrica.
2. Estadística descriptiva	Caracterizar y resumir las propiedades principales de los datos mediante medidas de tendencia central y dispersión.	Identificar patrones básicos de desigualdad en el acceso al agua (por ejemplo, consumo promedio, presencia de infraestructura) entre colonias, con especial énfasis en las colonias periféricas.
3. Análisis <i>LISA</i>	Ubicar agrupamientos espaciales significativos y valores atípicos localizados.	Ubicar concentraciones territoriales de alto o bajo consumo de agua por colonia, con el objetivo de reflejar las áreas con mejor o peor acceso al agua. Esto permite evidenciar las inequidades

		espaciales y las dinámicas locales que son clave para comprender las dimensiones territoriales de la justicia hídrica.
4. Regresión lineal múltiple (OLS)	Identificar la relación entre una variable dependiente y múltiples variables independientes.	Identificar y explicar los factores socioeconómicos e infraestructurales que influyen en el acceso al agua, revelando desigualdades estructurales.
5. Regresión espacial múltiple (<i>SEM</i> y <i>SAR</i>)	Incorporar la dimensión espacial a la regresión para capturar dependencias espaciales entre unidades geográficas.	Explicar cómo influyen las condiciones socioespaciales y la autocorrelación geográfica en las desigualdades del acceso al agua, detectando efectos sistémicos no visibles en modelos convencionales.
6. Análisis de agrupamiento (clústeres)	Sintetizar en grupos homogéneos de observaciones según características compartidas.	Sintetizar zonas con condiciones similares de acceso al agua, infraestructura y vulnerabilidad, permitiendo clasificar territorios según su grado de exclusión hídrica y orientar intervenciones diferenciadas.

Fuente. Elaboración propia.

4. Resultados del análisis de la distribución espacial del acceso al agua en la periferia urbana de la Ciudad de México (2020) desde la perspectiva de la justicia hídrica

Este capítulo presenta los principales hallazgos obtenidos a partir del análisis estadístico y espacial de las variables relacionadas con el consumo doméstico anual de agua en la CDMX en el año 2020 para entender el acceso al agua en las colonias. Si bien la CDMX cuenta con un total de 1,814 colonias, el análisis se realizó con una muestra final de 1,561 colonias, debido a la disponibilidad y calidad de la información en las distintas fuentes utilizadas.

En primer lugar, se describen las estadísticas descriptivas y el análisis *LISA* de las variables incluidas en el estudio y posteriormente se exponen los resultados del modelo de regresión lineal múltiple y el modelo de regresión espacial múltiple. Finalmente, se realiza un análisis de agrupamiento para identificar patrones territoriales de acceso al agua con respecto a diferentes factores determinantes, agrupando colonias con características similares. Estos resultados proporcionan una base empírica sólida para interpretar las dinámicas territoriales de acceso y uso del agua en la CDMX en el año 2020 desde la perspectiva de la justicia hídrica.

4.1 Estadísticas descriptivas de variables de interés y análisis *LISA*

4.1.1 Estadísticas descriptivas de variables de interés desde la justicia hídrica

Con el objetivo de identificar las variables que están relacionadas con el acceso al agua en la periferia en la CDMX en el año 2020, se realizó un análisis estadístico de las variables seleccionadas (Tabla 9) a partir de valores promedios por colonia para resumir y simplificar la información de manera representativa y facilitar el análisis y la comparación entre las distintas unidades territoriales. Para este análisis, se descartaron las variables de tipo *dummy* y factor, con el fin de centrar la atención en aquellas que ofrecen una mayor capacidad explicativa en términos continuos y comparables.

Tabla 9. Estadísticas descriptivas de variables de interés desde la justicia hídrica

	SD	Min	1Q	Mediana	Media	3Q	Max
Variable independiente							
Consumo doméstico anual por colonia (m ³)	146,516	0	24,803	80,840	128,261	183,077	1,587,701

Variables dependientes							
Vivienda con agua entubada (%)	7.65	0	87.98	91.59	89.95	94.08	100
Vivienda con tinaco (%)	17.72	0	74.15	80.99	76.03	85.86	98.96
Vivienda con cisterna o aljibe (%)	26.1	0	29.38	55.72	50.71	72.55	100
Hogares con jefatura femenina (%)	6.16	25	36.61	40.26	40.24	43.98	75
Longitud de infraestructura hidráulica (m)	6,971.7	0	1,564	4,756	6,701	9,982	66,981
Metros de infraestructura hídrica promedio por habitante (m)	5.11	0	0.72	1.19	1.68	1.73	139.99
SCALL (uds)	17	0	0	0	7	1	220
Índice de Desarrollo Social (IDS)	0.1	0.54	0.75	0.81	0.81	0.90	0.98
Índice de Marginación Urbana (IMU)	0.01	0.90	0.955	0.961	0.961	0.968	0.983

Fuente. Elaboración propia con base en datos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

El acceso al agua en la CDMX en el año 2020 presentó diferencias significativas a nivel territorial, como lo refleja la dispersión del consumo doméstico anual de agua registrado. Dado que el consumo es utilizado en esta investigación como una variable *proxy* del acceso, estas diferencias permiten aproximarse a las desigualdades reales en la posibilidad de obtener agua en cada colonia. Mientras ocho colonias reportaron consumos nulos (0 m³ anuales), el 25% de las colonias con menor consumo (primer cuartil) se ubicó entre 0 m³ y 24,803 m³ al año. Por el contrario, el 25% de las colonias con mayor consumo (último cuartil) superó los 180,000 m³

anuales. Esta amplia variación evidencia no solo patrones diferenciados de uso, sino profundas desigualdades en las condiciones de acceso al agua potable en el ámbito doméstico. Se observó también una alta cobertura de viviendas con agua entubada (promedio de 91.6%), aunque persisten diferencias notables entre colonias. Además, una proporción considerable de viviendas cuenta con sistemas de almacenamiento: el 76% dispone de tinacos y el 50.7% de cisternas o aljibes. Estos datos sugieren la existencia de estrategias de adaptación por parte de la población ante un suministro irregular o intermitente.

Otras variables relevantes incluyen características sociodemográficas, como el porcentaje de hogares con jefatura femenina (promedio de 40.2%), y dimensiones relacionadas con la infraestructura hídrica, como la longitud total de red por colonia y su relación *per cápita*. Finalmente, se incorporaron indicadores de contexto social y económico, como el IDS y el IMU, que permiten identificar desigualdades estructurales vinculadas al acceso y uso del recurso hídrico.

En conjunto, estas estadísticas descriptivas no sólo caracterizan el área de estudio, sino que permiten mapear las dimensiones sociales, económicas e infraestructurales que condicionan el acceso desigual al agua en la periferia urbana de la CDMX, contribuyendo a un análisis integral desde la perspectiva de justicia hídrica.

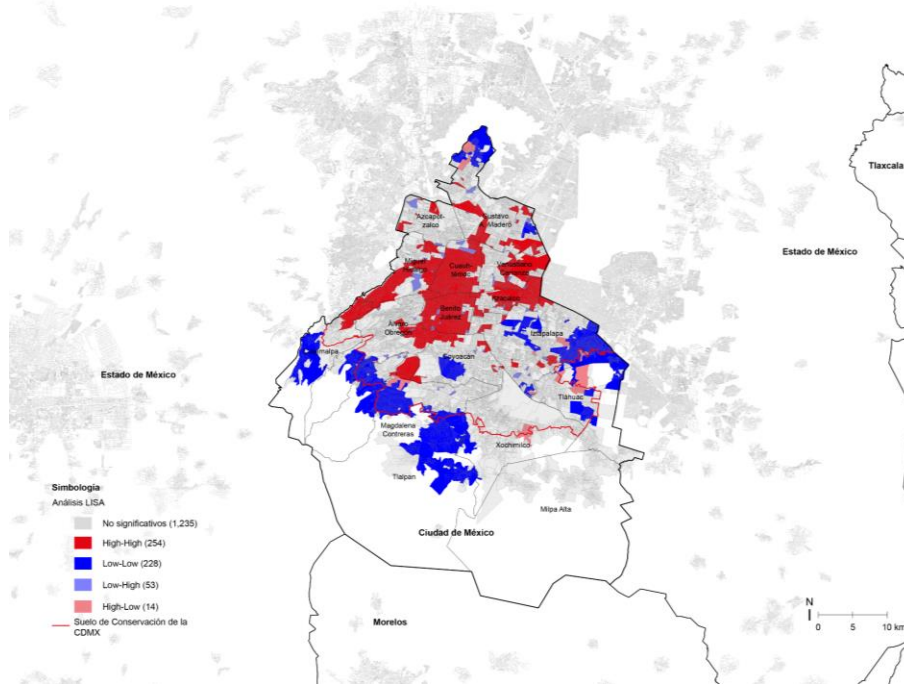
4.1.2 Análisis *LISA* univariado: identificación de patrones espaciales en el consumo de agua

Para estudiar la distribución espacial del acceso al agua, objeto central de esta investigación, se utilizó el consumo doméstico anual de agua por colonia en el año 2020 como variable *proxy* del acceso. Bajo esta premisa, se realizó un análisis *LISA* univariado (Figura 9). Los resultados revelaron patrones espaciales significativos, lo que indica que el consumo de agua —y, por lo tanto, las posibilidades reales de acceso— no se distribuye de manera aleatoria en la ciudad, sino que presenta concentraciones territoriales de alto y bajo consumo. Esto evidencia la existencia de desigualdades espaciales relevantes para el análisis de la justicia hídrica.

El índice de Moran (Figura 10), que mide la autocorrelación espacial de los datos, fue de 0.377 con un valor p de 0.001, lo que indica una autocorrelación espacial positiva estadísticamente significativa. Este resultado sugiere que las colonias con alto consumo de agua tienden a agruparse espacialmente, al igual que aquellas con bajo consumo, revelando la presencia de patrones territoriales consistentes. Esta información es clave para comprender la distribución del consumo de agua, ya que evidencia zonas homogéneas en términos de acceso donde las características

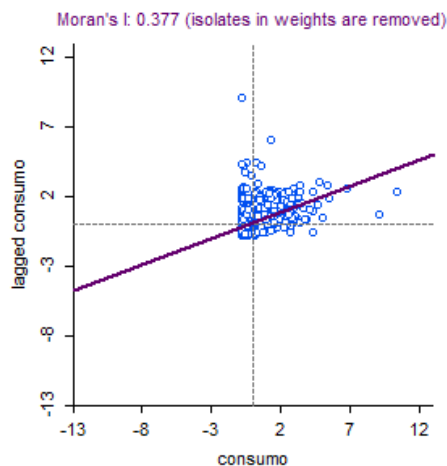
socioespaciales de las colonias vecinas tienden a ser similares. El cálculo del índice se basó en una matriz de pesos espaciales tipo *queen* de primer orden, que considera como vecinas a las unidades geográficas que comparten al menos un vértice o un lado, es decir, con una separación. El valor *p* se obtuvo mediante 999 permutaciones aleatorias, lo que permitió evaluar la significancia estadística sin la necesidad de asumir normalidad en la distribución de los datos.

Figura 9. Mapa análisis *LISA* de la variable Consumo doméstico anual por colonia (m³) en la CDMX (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Sacmex, 2023

Figura 10. *Scatter plot* del Índice de Moran del Consumo doméstico anual por colonia (m³) en la CDMX (2020)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Sacmex, 2023

A partir de los resultados obtenidos con el análisis *LISA*, se realizó un análisis de agrupamiento (clústeres) que permitió segmentar las colonias en grupos que comparten patrones similares de consumo de agua (Tabla 10). Es importante señalar que, durante este proceso, se descartaron las variables tipo *dummy* (como las relacionadas con la presencia de infraestructura o servicios específicos, como plantas potabilizadoras o sistemas de captación de agua de lluvia) debido a que no aportaban información continua que permitiera un análisis adecuado de agrupamientos basados en características homogéneas. Este paso proporcionó una visión más detallada y segmentada de las zonas con distintos comportamientos en términos de consumo doméstico, focalizando en variables continuas que mejor representaron las dinámicas del consumo en las colonias.

En las colonias clasificadas como *High-High*, el porcentaje de viviendas con tinaco fue elevado (76.4%), lo que sugiere una fuerte dependencia de sistemas de almacenamiento domiciliario incluso en zonas donde el consumo de agua es alto. Este patrón indica que, aunque estas colonias consumen más agua, no necesariamente cuentan con un suministro constante o confiable, lo que obliga a sus habitantes a almacenar el recurso.

Las colonias *Low-Low* también presentaron un porcentaje alto de viviendas con tinaco (80%), pero con bajo consumo de agua, lo que evidencia una infraestructura hídrica insuficiente o intermitente. En estos casos, la capacidad de almacenamiento se vuelve una estrategia esencial para enfrentar la escasez y la incertidumbre en el suministro.

Tabla 10. Promedios de variables por clúster de consumo doméstico anual por colonia (2020)

Variable (valores promedio por clúster de <i>LISA</i> de variable Consumo doméstico anual por colonia)	<i>High- High</i>	<i>Low- Low</i>	<i>High- Low</i>	<i>Low- High</i>
Viviendas con tinaco (%)	76.4	80.0	68.4	78.9
Viviendas con cisterna o aljibe (%)	68.9	51.5	53.0	38.0
Hogares con jefatura femenina (%)	10.2	9.22	8.38	21.1
Longitud de infraestructura hidráulica (m)	12,886.0	6,228.0	3,667,0	21,360.0
SCALL	0	1	0	12
Metros de infraestructura por habitante (m)	1.97	1.01	4.10	1.31
Índice de Desarrollo Social	0.88	0.72	0.87	0.72

Fuente. Elaboración propia con base en datos obtenidos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

En cuanto a las cisternas o aljibes, las colonias *High-High* tuvieron un porcentaje más alto (68.9%) en comparación con las *Low-Low* (51.5%). Esto refuerza la idea de que, en zonas con mayor consumo, existe también una mayor necesidad de almacenar agua ya sea por demanda, tamaño de las viviendas o variabilidad en el servicio.

En las colonias *Low-High*, el porcentaje de hogares con jefatura femenina fue mayor (21.1%), lo que podría estar asociado a dinámicas sociales específicas que también inciden en los patrones de consumo y acceso. Además, la longitud de infraestructura hídrica fue significativamente mayor en estas colonias (21,360 m), lo que sugiere una red más extensa en zonas con bajo consumo, pero rodeadas por áreas de alto consumo, posiblemente debido a usos diferenciados de la red o a situaciones de exclusión parcial del servicio formal.

Los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) se encontraron principalmente en las colonias *Low-High* (12 unidades), lo que refleja la adopción de alternativas de abastecimiento en contextos de menores recursos o menor acceso al agua de red.

En términos de desarrollo social, el IDS fue más alto en las colonias *High-High* (0.88) y más bajo en las *Low-Low* (0.72), lo que indica una posible correlación entre desarrollo socioeconómico y niveles de consumo de agua. En este caso, los valores altos de consumo se asocian a colonias con mejor acceso al recurso, tanto por condiciones socioeconómicas como por infraestructura. No obstante, el hecho de que estas colonias también presentaron altos niveles de

almacenamiento sugiere que el acceso no es necesariamente continuo ni exento de incertidumbres, sino que sigue dependiendo de prácticas adaptativas.

En conjunto, estos resultados muestran cómo las variables socioeconómicas e infraestructurales se entrelazan con las dinámicas del consumo, permitiendo identificar territorios donde el acceso al agua, desde la perspectiva de la justicia hídrica, se manifiesta de manera diferenciada.

4.2 Modelo de regresión lineal múltiple

Análisis mediante regresión lineal ordinaria (OLS)

Para iniciar el análisis del modelo lineal múltiple, primero se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre la variable dependiente (consumo doméstico total anual por colonia) y cada una de las variables independientes (Tabla 11). Esto permitió identificar la fuerza y dirección de las relaciones bivariadas, así como orientar la selección preliminar de variables relevantes para el modelo.

Con el fin de facilitar la interpretación de los coeficientes y evitar problemas derivados de las diferentes escalas entre variables, todas las variables continuas fueron estandarizadas antes de ajustar el modelo de regresión lineal. Esta transformación consistió en reescalar cada variable para que tuviera una media de cero y una desviación estándar de uno. De este modo, se posibilitó una comparación directa entre la magnitud de los efectos estimados, al tiempo que se mejoró la estabilidad numérica del modelo. Las variables categóricas (como las *dummy* y factores) se mantuvieron en su forma original, ya que su escala no afecta la estimación de los coeficientes.

Tabla 11. Matriz de coeficientes de correlación

	Consumo doméstico anual (m3)	Viviendas con agua entubada (%)	Viviendas con tinaco (%)	Viviendas con agua entubada (%)	Vivienda con jefatura femenina (%)	Promedio de fugas	Longitud de infraestructura (m)	Metros de infraestructura por habitante (m)	SCALLs (uds)	Colonias con tandeo (dummy)	Obra de captación de agua (dummy)	Planta potabilizadora (dummy)	Punto de descarga (dummy)	Prestador de servicios (dummy)	Índice de Marginación	Índice de Desarrollo Social	Factor hídrico	Precio mínimo del agua (MXN/m3)
Consumo doméstico anual (m3)	1	-0.166	-0.098	0.286	0.146	-0.042	0.512	-0.052	-0.016	-0.182	0.128	0.059	0.048	-0.031	0.279	0.312	0.181	-0.080
Viviendas con agua entubada (%)	-0.166	1	0.248	-0.255	-0.038	0.055	-0.054	-0.035	0.112	0.124	-0.051	-0.031	-0.022	-0.112	-0.179	-0.273	-0.060	-0.028
Viviendas con tinaco (%)	-0.098	0.248	1	-0.137	-0.146	-0.004	0.168	-0.061	0.062	0.091	0.009	-0.167	0.006	-0.004	-0.094	-0.158	0.066	-0.039
Viviendas con agua entubada (%)	0.286	-0.255	-0.137	1	0.146	0.051	0.207	0.084	-0.006	-0.048	0.189	0.033	0.037	-0.019	0.476	0.651	0.039	0.090
Vivienda con jefatura femenina (%)	0.146	-0.038	-0.146	0.146	1	-0.112	0.021	-0.044	-0.073	-0.147	0.070	-0.003	-0.096	0.098	0.266	0.267	0.078	-0.079
Promedio de fugas	-0.042	0.055	-0.004	0.051	-0.112	1	-0.038	-0.001	-0.054	-0.035	-0.036	-0.028	-0.009	-0.011	0.133	0.076	-0.079	0.055
Longitud de infraestructura (m)	0.512	-0.054	0.168	0.207	0.021	-0.038	1	0.321	0.172	0.049	0.275	0.034	0.300	0.110	0.156	0.121	0.066	-0.058
Metros de infraestructura por habitante (m)	-0.052	-0.035	-0.061	0.084	-0.044	-0.001	0.321	1	-0.024	-0.018	0.187	0.001	0.227	0.105	0.115	0.023	0.042	0.012
SCALLs (uds)	-0.016	0.112	0.062	-0.006	-0.073	-0.054	0.172	-0.024	1	0.138	-0.013	-0.026	0.045	-0.012	-0.189	-0.215	-0.223	-0.025
Colonias con tandeo (dummy)	-0.182	0.124	0.091	-0.048	-0.147	-0.035	0.049	-0.018	0.138	1	0.055	0.152	0.040	-0.011	-0.198	-0.185	-0.293	0.074
Obra de captación de agua (dummy)	0.128	-0.051	0.009	0.189	0.070	-0.036	0.275	0.187	-0.013	0.055	1	0.177	0.033	-0.020	0.167	0.136	-0.007	0.021
Planta potabilizadora (dummy)	0.059	-0.031	-0.167	0.033	-0.003	-0.028	0.034	0.001	-0.026	0.152	0.177	1	-0.017	-0.006	-0.099	-0.077	0.010	-0.002
Punto de descarga (dummy)	0.048	-0.022	0.006	0.037	-0.096	-0.009	0.300	0.227	0.045	0.040	0.033	-0.017	1	-0.007	-0.021	-0.074	-0.106	-0.024
Prestador de servicios (dummy)	-0.031	-0.112	-0.004	-0.019	0.098	-0.011	0.110	0.105	-0.012	-0.011	-0.020	-0.006	-0.007	1	0.047	0.022	0.079	-0.008
Índice de Marginación	0.279	-0.179	-0.094	0.476	0.266	0.133	0.156	0.115	-0.189	-0.198	0.167	-0.099	-0.021	0.047	1	0.809	0.191	0.026
Índice de Desarrollo Social	0.312	-0.273	-0.158	0.651	0.267	0.076	0.121	0.023	-0.215	-0.185	0.136	-0.077	-0.074	0.022	0.809	1	0.236	0.064
Factor hídrico	0.181	-0.060	0.066	0.039	0.078	-0.079	0.066	0.042	-0.223	-0.293	-0.007	0.010	-0.106	0.079	0.191	0.236	1	0.042
Precio mínimo del agua (MXN/m3)	-0.080	-0.028	-0.039	0.090	-0.079	0.055	-0.058	0.012	-0.025	0.074	0.021	-0.002	-0.024	-0.008	0.026	0.064	0.042	1

Fuente. Elaboración propia con base en datos obtenidos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Posteriormente, se construyeron modelos de regresión lineal múltiple de manera progresiva, siguiendo un enfoque similar a una regresión *stepwise*. Las variables independientes se incorporaron una a una, ordenadas según la magnitud de su correlación con la variable dependiente. En cada iteración, se evaluó la significancia estadística de las variables y se descartaron aquellas que no resultaron significativas, priorizando la parsimonia y robustez del modelo final (Modelo 1).

Modelo 1. Regresión lineal múltiple de mínimos cuadrados

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max
-3.0696 -0.3545 -0.0787 0.2627 4.050

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.55969875	0.27668767	-5.63703739	2.06E-08 ***
Longitud de infraestructura	0.64320395	0.01931167	33.3064974	1.80E-182 ***
Índice de Desarrollo Social	1.36713174	0.33707795	4.05583257	5.25E-05 ***
Índice de Marginación	0.11245088	0.03521146	3.19358757	0.00143441 **
Colonias con tandeo (dummy)	-0.15890572	0.023204	-6.84820464	1.09E-11 ***
Porcentaje de viviendas con agua entubada	-0.05482727	0.02358856	-2.32431574	0.02024181 *
Factor Hídrico (2)	0.22644156	0.06687128	3.38623056	0.00072695 ***
Factor Hídrico (3)	0.45733574	0.068083	6.71732671	2.62E-11 ***
Factor Hídrico (4)	0.36376263	0.08199179	4.43657368	9.81E-06 ***
Porcentaje de viviendas con tinaco	-0.11058656	0.01918891	-5.76304605	1.00E-08 ***
Precio mínimo del agua por colonia (MXN/m3)	-0.05585882	0.01769838	-3.15615468	0.00163049 **
Planta Potabilizadora	-0.03939304	0.01737873	-2.26673853	0.02354835 *
Metros de infraestructura por habitante por colonia	-0.14396752	0.01685376	-8.54215852	3.19E-17 ***
Prestador de Servicios	-0.06240413	0.01689902	-3.69276668	0.0002298 ***
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALLs)	-0.07760919	0.01903435	-4.07732262	4.80E-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6832 on 1497 degrees of freedom
(278 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.5294, Adjusted R-squared: 0.525

F-statistic: 120.3 on 14 and 1497 DF, p-value: < 2.2e-16

Fuente. Elaboración propia con base en datos obtenidos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Fórmula de regresión lineal múltiple en función de los valores obtenidos en el Modelo 1:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Doméstico Total Anual} = & -1.5597 + 0.6432 (\text{Longitud de Infraestructura hidráulica}) + \\ & 1.3671 (\text{Índice de Desarrollo Social}) + 0.1125 (\text{Índice de Marginación Urbana}) - 0.1589 \\ & (\text{Colonias con tandeo}) - 0.0548 (\text{Porcentaje de viviendas con agua entubada}) + 0.2264 (\text{Factor} \\ & \text{Hídrico 2}) + 0.4573 (\text{Factor Hídrico 3}) + 0.3638 (\text{Factor Hídrico 4}) - 0.1106 (\text{Porcentaje de} \\ & \text{viviendas con tinaco}) - 0.0559 (\text{Precio mínimo del agua}) - 0.0394 (\text{Planta Potabilizadora}) \\ & - 0.1440 (\text{Metros de infraestructura por habitante}) - 0.0624 (\text{Prestador de Servicios}) - 0.0776 \\ & (\text{SCALL}) + \varepsilon \end{aligned}$$

Tabla 12. Valores prueba VIF para Modelo 1 (*Variance Inflation Factor*)

	GVIF	Df	GVIF^{1/(2*Df)}
Longitud de infraestructura	1.21287757	1	1.10130721
Índice de Desarrollo Social	2.95297338	1	1.71842177
Índice de Marginación	3.08446493	1	1.75626448
Colonias con tandeo (dummy)	1.18361071	1	1.08793874
Porcentaje de viviendas con agua entubada	1.13414439	1	1.06496215
Factor Hídrico (2, 3, 4)	1.55319269	3	1.07614524
Porcentaje de viviendas con tinaco	1.1146894	1	1.05578852
Precio mínimo del agua por colonia (MXN/m3)	1.01668475	1	1.00830786
Planta Potabilizadora	1.07291924	1	1.03581815
Metros de infraestructura por habitante por colonia	1.05566114	1	1.02745372
Prestador de Servicios	1.02526371	1	1.01255307
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALLs)	1.2814391	1	1.13200667

Fuente. Elaboración propia con base en datos obtenidos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

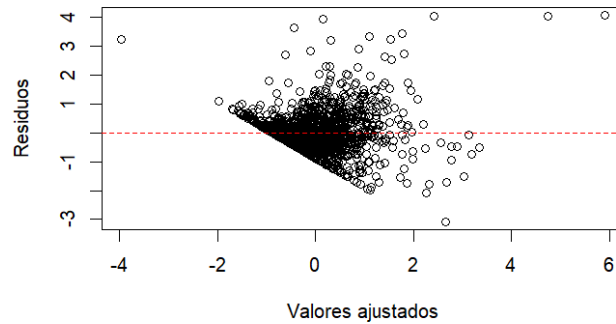
Una vez obtenido el Modelo 1, se procedió a validar los supuestos necesarios para que el modelo de regresión fuera válido. El supuesto de no colinealidad se corroboró mediante la prueba de Factor de Inflación de la Varianza (VIF) (Tabla 12). Esta prueba permitió identificar posibles redundancias entre los predictores que podrían distorsionar las estimaciones del modelo. Se observa en la Tabla 12 que la mayoría de las variables no presentaron problemas de multicolinealidad, ya que sus valores de GVIF y $GVIF^{1/(2*Df)}$ se mantuvieron por debajo del umbral comúnmente aceptado (<5). Sin embargo, las variables IDS e IMU mostraron valores de GVIF moderadamente altos, lo que podría indicar cierta colinealidad con otras variables incluidas en el modelo, por lo que deben interpretarse con precaución.

Posteriormente, se evaluó la presencia de heterocedasticidad en los residuos del modelo mediante la prueba de Breusch-Pagan (Tabla 13), con el objetivo de verificar el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad. Dado que el valor p obtenido en la prueba Breusch-Pagan fue mucho menor que 0.05 (en este caso, es mucho menor que 0.001), se rechazó la hipótesis nula de homocedasticidad. Esto significa que hay heterocedasticidad en los residuos del modelo, lo que sugiere que la varianza de los errores no es constante a lo largo de los valores predichos (Figura 11).

Tabla 13. Prueba Breusch-Pagan

BP = 276.37, df = 14, valor p < 2.2e-16

Figura 11. Gráfico de residuos vs valores ajustados



Fuente. Elaboración propia con base en datos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Para ajustar las estimaciones de los errores estándar en presencia de heterocedasticidad en el modelo de regresión lineal se ajustaron los errores estándar de los coeficientes para que sean robustos a la heterocedasticidad. Esto ayudó a obtener pruebas de hipótesis más confiables, ya que la heterocedasticidad del modelo fue corregida y las estimaciones de los coeficientes y sus errores estándar fueron más robustos (Tabla 14).

Tabla 14. Errores robustos

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.55969875	0.23322527	-6.68752042	3.20E-11 ***
Longitud de infraestructura	0.64320395	0.04801268	13.3965422	9.79E-39 ***
Índice de Desarrollo Social	1.36713174	0.28382681	4.81678164	1.61E-06 ***
Índice de Marginación	0.11245088	0.03048131	3.68917528	0.00023304 ***
Colonias con tandeo (dummy)	-0.15890572	0.02325776	-6.83237541	1.21E-11 ***
Porcentaje de viviendas con agua entubada	-0.05482727	0.02465016	-2.22421539	0.02628262 *
Factor Hídrico (2)	0.22644156	0.06357999	3.56152257	0.00038026 ***
Factor Hídrico (3)	0.45733574	0.06103818	7.49261802	1.15E-13 ***
Factor Hídrico (4)	0.36376263	0.07372091	4.93432077	8.94E-07 ***
Porcentaje de viviendas con tinaco	-0.11058656	0.02312003	-4.7831493	1.90E-06 ***
Precio mínimo del agua por colonia (MXN/m3)	-0.05585882	0.01232563	-4.53192343	6.31E-06 ***
Planta Potabilizadora	-0.03939304	0.02698897	-1.4595978	0.14461045
Metros de infraestructura por habitante por colonia	-0.14396752	0.05318528	-2.70690548	0.00686856 **
Prestador de Servicios	-0.06240413	0.02363032	-2.6408502	0.00835586 **
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALLs)	-0.07760919	0.02400259	-3.23336697	0.00125006 **

Fuente. Elaboración propia con base en datos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Debido a que las variables explicativas del modelo fueron previamente estandarizadas (con media cero y desviación estándar uno), los coeficientes obtenidos inicialmente no correspondieron con las unidades originales de interpretación, sino que reflejaban cambios en desviaciones estándar. Para facilitar la interpretación sustantiva de los resultados y expresar los coeficientes y sus errores estándar en las unidades originales de cada variable, se desescalaron ambos elementos. Este procedimiento consistió en recuperar las medias y desviaciones estándar originales de las variables utilizadas en el modelo, y aplicar una transformación inversa que ajusta tanto los coeficientes estandarizados como sus errores estándar.

En particular, los coeficientes y errores estándar de las variables independientes fueron multiplicados por la razón entre la desviación estándar de la variable dependiente y la desviación estándar de cada variable independiente, mientras que el intercepto se recalculó para mantener la coherencia con las medias originales. Con este procedimiento se obtuvieron los coeficientes y errores estándar finales del modelo en sus unidades originales (Tabla 15), lo cual permitió interpretar directamente el efecto marginal de cada variable sobre el consumo promedio anual por colonia (ver Tabla 16).

Tabla 15. Coeficientes y errores estándar de cada variable desescalada

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-13.5047		1	-6.6875 3.196E-11 ***
Longitud de infraestructura	0.6418	1.0022		13.3965 < 2.2e-16 ***
Índice de Desarrollo Social	15.2589	0.0896		4.8168 0.000001607 ***
Índice de Marginación	0.1283	0.8766		3.6892 0.000233 ***
Colonias con tandeo (dummy)	-0.1928	0.824		-6.8324 1.21E-11 ***
Porcentaje de viviendas con agua entubada	-0.0691	0.7935		-2.2242 0.0262826 *
Factibilidad hídrica (2)	0.51200	0.4423		3.5615 0.0003803 ***
Factibilidad hídrica (3)	0.91450	0.5001		7.4926 1.15E-13 ***
Factibilidad hídrica (4)	1.13670	0.3200		4.9343 8.94E-07 ***
Porcentaje de viviendas con tinaco	-0.1144	0.967		-4.7831 1.90E-06 ***
Precio mínimo del agua por colonia (MXN/m3)	-0.0558	1.0013		-4.5319 6.31E-06 ***
Planta Potabilizadora	-0.0376	1.0475		-1.4596 0.1446104
Metros de infraestructura por habitante por colonia	-0.1344	1.0714		-2.7069 0.0068686 **
Prestador de Servicios	-0.0593	1.053		-2.6409 0.0083559 **
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALLs)	-0.0743	1.0452		-3.233 0.0012501 **

Fuente. Elaboración propia con base en datos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Tabla 16. Interpretación de Modelo 1

Residuales Los residuales, que representan la diferencia entre los valores observados y los valores predichos, tienen un rango entre -3 y 4, con una mediana cercana a 0, lo que indica que el modelo se ajusta bien a los datos.

Coefficiente del Modelos **Intercepto (-13.5047)**
Longitud de infraestructura hidráulica (0.6418): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento anual de un metro en la longitud de la infraestructura por colonia se asocia con un aumento de 0.6418 m³ anuales por colonia. El valor p es extremadamente bajo (< 2.2E-16), lo que indica que este coeficiente es altamente significativo.

IDS (15.2589): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento de una unidad en el índice de desarrollo social se asocia con un aumento de 15.2589 m³ en el consumo doméstico anual por colonia.

IMU (0.1283): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento de una unidad en el índice de marginación urbana se asocia con un aumento de 0.1283 m³ en el consumo doméstico anual por colonia. Tiene un valor p de 0.000233, indicando alta significancia.

Colonias con tandeo (dummy, -0.1928): Manteniendo constantes las demás variables, las colonias con tandeo en el 2020, registraron en promedio un consumo doméstico anual de 0.1928 m³ menor en comparación con las colonias que no registraron servicio de tandeo. Este coeficiente es negativo y muy significativo (valor p 1.21E-11).

Porcentaje de viviendas con agua entubada (-0.0691): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento de 1% en el porcentaje de viviendas por colonia con agua entubada se asocia con una disminución de 0.0691m^3 en el consumo promedio anual. Este coeficiente es negativo y significativo, con valor p de 0.0262.

Factibilidad Hídrica: La variable de factibilidad hídrica representa el grado de viabilidad para abastecer de agua una zona, lo cual influye directamente en la mitigación del riesgo de escasez en la CDMX. Manteniendo constantes las demás variables, los distintos niveles de factibilidad hídrica (2, 3 y 4) presentaron coeficientes positivos (0.51, 0.91 y 1.13 respectivamente) y estadísticamente significativos (con valores p muy bajos en los tres casos), lo que indica que una mayor factibilidad está asociada con un mayor consumo doméstico de agua. Es decir, a medida que las condiciones para el suministro de agua son más favorables, el consumo tiende a incrementarse.

Porcentaje de viviendas con tinaco (-0.1144): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento de 1% en el porcentaje de viviendas con tinaco por colonia se asocia con una disminución de 0.1144 m^3 en el consumo anual. Este coeficiente es negativo y altamente significativo.

Precio mínimo del agua por colonia (MXN/m³) (-0.0558): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento en el precio mínimo del agua por colonia se asocia con una disminución del consumo anual de 0.0558 unidades. El valor p es $6.31\text{E}-06$, indicando una relación estadísticamente significativa.

Metros de infraestructura por habitante por colonia (-0.1344): Manteniendo constantes las demás variables, un aumento de una unidad en los metros de infraestructura por habitante se asocia con una disminución de 0.1344 m^3 en el consumo doméstico. El valor p es muy bajo ($6.31\text{E}-06$), lo que indica una relación significativa.

Prestador de Servicios (*dummy*, -0.0593): Manteniendo constantes las demás variables, la presencia de un prestador de servicios en una colonia se asocia con una disminución de 0.0593 m^3 en el consumo anual por colonia, con un valor p de 0.008355, lo que sugiere una relación significativa.

Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) (-0.0743): Manteniendo constantes las demás variables, la presencia de un sistema de captación de agua de lluvia se asocia con una disminución de 0.0743 m^3 en el consumo anual. Este coeficiente es negativo y altamente significativo.

Estadísticas del modelo

Residual standard error: 0.6832 indica que, en promedio, las predicciones del modelo se desvían en 0.6832 unidades respecto a los valores observados.

R-squared: 0.5294 sugiere que el modelo explica el 52.94% de la variabilidad del consumo doméstico anual.

F-statistic: 120.3 (con un valor $p < 2.2e-16$) indica que, en conjunto, las variables del modelo son significativamente predictivas del consumo doméstico anual.

Fuente. Elaboración propia

Interpretación del Modelo 1

El análisis del Modelo 1 revela que el consumo doméstico anual de agua en la CDMX para el año 2020, medido a nivel colonia, está significativamente influenciado por una combinación de factores estructurales, socioeconómicos y tecnológicos. Entre las variables con mayor peso destacan el IDS, la longitud de infraestructura hidráulica y la factibilidad hídrica, lo que indica que tanto la presencia de redes físicas como las condiciones de desarrollo social son elementos clave para garantizar un acceso sostenido y equitativo al agua.

Desde una perspectiva de justicia hídrica, estos resultados ponen en evidencia que las desigualdades en el acceso al agua no se deben únicamente a la disponibilidad física del recurso, sino también a la distribución inequitativa de infraestructura básica y a las condiciones sociales de las colonias. Por ejemplo, el Índice de Desarrollo Social (IDS) muestra que un aumento de una unidad se asocia con un incremento de 15.25 m³ en el consumo anual promedio por colonia, siendo este el coeficiente más alto del modelo. Esto evidencia que las condiciones socioeconómicas juegan un papel central en el consumo de agua. Las zonas con mayor cobertura de infraestructura tienden a tener un consumo más alto, lo que refuerza la necesidad de una inversión pública dirigida a cerrar brechas territoriales históricas. Sin embargo, estos hallazgos también indican que la infraestructura por sí sola no garantiza un acceso equitativo, y que es necesario considerar políticas complementarias que integren la organización social, la gestión del agua y otros determinantes estructurales del consumo y suministro.

El modelo también muestra que las colonias que reciben agua mediante tandeo presentan un consumo significativamente menor, lo cual refleja una forma estructural de exclusión que impone límites materiales al uso del recurso en sectores ya vulnerables. De manera similar, el porcentaje de viviendas con tinaco también se asocia negativamente con el consumo. Lejos de representar una mejora en la gestión doméstica del agua, los tinacos reflejan una estrategia de adaptación forzada frente a un servicio intermitente o ineficiente. Algo comparable ocurre con los

SCALL, cuya presencia refleja una reducción en el consumo medido, lo que indica que su implementación podría estar respondiendo a situaciones de escasez más que a una apuesta deliberada por alternativas sustentables.

De forma contraintuitiva, el porcentaje de viviendas con agua entubada se relaciona negativamente con el consumo, lo que sugiere que la conexión formal a la red no necesariamente garantiza un servicio continuo o de calidad. Esta paradoja subraya que el acceso formal al agua no siempre se traduce en acceso efectivo, especialmente en contextos donde la presión, la frecuencia o la calidad del agua son deficientes.

El precio mínimo del agua por colonia también muestra un efecto negativo sobre el consumo, lo cual puede reflejar tanto un comportamiento de ahorro como una barrera económica al acceso al agua o un esquema tarifario útil que incentiva el consumo bajo. Este hallazgo plantea interrogantes importantes sobre la asequibilidad del recurso y refuerza la necesidad de considerar un análisis de esquemas tarifarios que reconozcan el mínimo vital hídrico como un derecho.

En contraste, algunas variables que podrían anticiparse como relevantes no mostraron efectos estadísticamente significativos y fueron descartadas del modelo final. Tal es el caso del porcentaje de viviendas con piso de tierra, una variable comúnmente utilizada como indicador de informalidad habitacional. Su falta de significancia sugiere que, al nivel de agregación por colonia y considerando únicamente el consumo de agua formalmente registrado en el 2020, la precariedad física de las viviendas no se traduce automáticamente en un menor consumo de agua. Este hallazgo puede significar también que la variable *proxy* usada no fue la más adecuada o desafía una suposición frecuente en el diseño de políticas públicas: que la informalidad urbana implica necesariamente una exclusión del derecho al agua. Además, es posible que en la zona de estudio exista ya un cierto grado de consolidación de los asentamientos, lo que puede haber reducido la correspondencia directa entre precariedad constructiva y limitaciones en el acceso al servicio hídrico.

En el contexto de la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua para la Ciudad de México (2003), esta observación adquiere especial relevancia. Aunque la ley reconoce el agua como un derecho humano, en la práctica persisten criterios administrativos que condicionan el acceso formal al recurso a la tenencia legal del suelo o a la regularidad de las viviendas. Así, se establece una tensión entre el reconocimiento legal del derecho al agua y las formas de exclusión que afectan a quienes habitan en condiciones de informalidad o precariedad.

Sin embargo, esto no debe interpretarse como una solución adecuada, sino como una evidencia de que la informalidad no debería ser un criterio para negar el acceso a un derecho humano, como frecuentemente ocurre en las prácticas institucionales. En términos de justicia hídrica, este resultado refuerza la necesidad de revisar los marcos normativos y administrativos que perpetúan la desigualdad al condicionar el derecho al agua a la regularización de suelo urbana.

Otras variables descartadas incluyen el porcentaje de viviendas con cisterna o aljibe, los hogares con jefatura femenina, el promedio de fugas reportadas, la presencia de planta potabilizadora y la existencia de puntos de descarga. Su falta de significancia puede deberse a una baja variabilidad entre colonias, a un efecto más localizado que no se capta a este nivel de agregación o a una interacción más compleja con otras variables del modelo. En términos de justicia hídrica, esto refuerza la importancia de considerar la escala de análisis y la necesidad de distinguir entre factores que condicionan el acceso estructural al agua y aquellos que influyen en su gestión cotidiana o simbólica.

Al evaluar la autocorrelación espacial de los residuos mediante el estadístico I de Moran, se obtuvo un valor de 0.21, lo que evidencia la presencia de dependencia espacial en los errores del modelo. Este resultado sugiere que el modelo lineal clásico no captura completamente la estructura espacial del fenómeno, ya que los residuos tienden a agruparse geográficamente.

Ante esta evidencia, se justifica avanzar hacia modelos de regresión espacial, como el modelo de error espacial (*SEM*) o el modelo autorregresivo espacial (*SAR*), que permiten incorporar explícitamente las interdependencias entre colonias y captar de forma más adecuada los patrones territoriales de desigualdad hídrica que estructuran el acceso al agua en la Ciudad de México.

4.3 Regresión espacial múltiple

Ajuste del modelo espacial: *SAR* y *SEM*

Con el fin de analizar la posible dependencia espacial identificada en los datos, se estimó un modelo de regresión espacial. Este tipo de modelo permite considerar la influencia que pueden ejercer las unidades vecinas entre sí, incorporando explícitamente la estructura espacial en la estimación de los coeficientes.

En este análisis se aplicaron dos modelos diferentes: el modelo autorregresivo espacial (*Spatial Lag Model, SAR*) (Modelo 2) y el modelo de error espacial (*Spatial Error Model, SEM*)

(Modelo 3). La elección de estos modelos respondió tanto a la necesidad de corregir posibles sesgos por autocorrelación en los residuos, como a la intención de explorar mecanismos de difusión espacial en el acceso al agua.

Elección del modelo espacial *SEM*

Se estimaron dos modelos de regresión espacial: el modelo de error espacial (*SEM*) y el modelo de rezago espacial (*SAR*), con el objetivo de capturar la dependencia espacial en el consumo doméstico anual de agua. Ambos modelos mostraron mejoras importantes respecto al modelo lineal clásico (Modelo 1), al incorporar explícitamente la dimensión espacial de los datos.

Sin embargo, al comparar los criterios de ajuste de ambos modelos, el modelo *SEM* resultó ser el más adecuado (Modelo 3). Este modelo presentó un mayor valor de R^2 (0.588 frente a 0.565 del *SAR*, Modelo 2), así como un menor valor del criterio de información de Akaike ($AIC = 46,069$, frente a 46,134 en el modelo *SAR*), lo cual indicó un mejor ajuste global. Adicionalmente, el error estándar de la regresión fue ligeramente menor en el *SEM* (91,593 vs. 94,043), lo que sugirió una mejor capacidad predictiva.

El coeficiente Lambda del *SEM* (0.394) (Modelo 3) fue positivo y altamente significativo ($p < 0.001$), lo cual confirmó la presencia de dependencia espacial en los errores del modelo. Este resultado sugirió que existen factores no observados con una estructura espacial que influyen en el consumo de agua, lo cual validó el uso de un enfoque basado en errores espaciales.

Por estas razones, se consideró que el modelo *SEM* (Modelo 3) es el más apropiado para analizar los determinantes espaciales del acceso al agua en la CDMX, y se tomaron sus resultados como base principal para la interpretación posterior.

Modelo 2. Modelo de rezago espacial (SAR)

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Spatial Weight : Queen
 Dependent Variable : Consumo doméstico anual (m3) Number of Observations: 1790
 Mean dependent var :109,129.203911 Number of Variables : 12
 S.D. dependent var :142,620.968235 Degrees of Freedom : 1,773
 Lag coeff. (Rho) : 0.25993

R-squared : 0.565096 R-squared (BUSE) :-
 Sq. Correlation :- Log likelihood :-23,017.504872
 Sigma-square : 8.8462e+09 Akaike info criterion : 46,132
 S.E of regression : 94,054 Schwarz criterion : 46,226.1

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
Consumo	0.26	0.02	10.96	0.00
Constante	-162,749.00	88,411.40	-1.84	0.07
Viviendas con agua entubada (%)	-478.54	259.99	-1.84	0.07
Viviendas con tinaco (%)	-550.76	132.03	-4.17	0.00
Viviendas con cisterna (%)	183.85	98.58	1.86	0.06
Promedio de fugas	-325.72	127.05	-2.56	0.01
Longitud de infraestructura hídrica (m)	255.07	259.18	0.98	0.33
Metros de infraestructura por habitante (m)	12.28	0.39	31.34	0.00
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALLs)	-3,592.90	449.00	-8.00	0.00
Tandeo (dummy)	-948.82	142.15	-6.67	0.00
Obra de captación de agua (dummy)	-51,118.80	6,760.04	-7.56	0.00
Planta potabilizadora (dummy)	-12,054.20	6,307.80	-1.91	0.06
Punto de descarga (dummy)	-29,436.60	13,490.80	-2.18	0.03
Prestador de servicio	4,804.10	12,815.30	0.37	0.71
Índice de Marginación	-81,779.60	23,959.80	-3.41	0.00
Índice de Desarrollo Social	57,000.40	95,981.80	0.59	0.55
	247,651.00	31,310.90	7.91	0.00

REGRESSION DIAGNOSTICS

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	15	1,914.82	0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Queen

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	136.4853	0.00000

Modelo 3. Modelo de error espacial (SEM)

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Spatial Weight : Queen
 Dependent Variable : Consumo doméstico anual (m3) Number of Observations: 1790
 Mean dependent var :109,129.203911 Number of Variables : 12
 S.D. dependent var :142,620.968235 Degrees of Freedom : 1,773
 Lag coeff. (Lambda) : 0.394092

R-squared : 0.587562 R-squared (BUSE) :-
 Sq. Correlation :- Log likelihood :-23,017.504872
 Sigma-square : 8.3893e+09 Akaike info criterion : 46,069
 S.E of regression : 91593.1 Schwarz criterion : 46,162.3

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
Viviendas con agua tinaco (%)	-596.01	135.52	-4.40	0.00
Viviendas con agua cisterna o aljibe (%)	426.98	118.75	3.60	0.00
Viviendas con jefatura femenina (%)	-332.49	122.72	-2.71	0.01
Precio mínimo del agua (MXN/m3)	205.68	99.87	2.06	0.04
Longitud de infraestructura hídrica (m)	12.88	0.38	33.47	0.00
Metros de infraestructura por habitante (m)	-3,838.80	428.85	-8.95	0.00
Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALLs)	-1,078.01	152.04	-7.09	0.00
Tandeo (dummy)	-43,973.60	7,877.68	-5.58	0.00
Planta potabilizadora (dummy)	-27,844.90	12,967.30	-2.15	0.03
Prestador de servicio	-70,090.40	22,500.20	-3.12	0.00
Índice de Desarrollo Social	252,635.00	36,082.70	7.00	0.00
LAMBDA	0.39	0.03	12.79	0.00

REGRESSION DIAGNOSTICS

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	16	1.927.5918	0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Queen

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	198.0464	0.00000

Fuente. Elaboración propia con base en datos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Fórmula del modelo de error espacial (SEM) en función de los valores obtenidos en el Modelo 3:

Consumo Doméstico Total Anual = -596.01 (Porcentaje de viviendas con tinaco) + 426.98 (Porcentaje de viviendas con cisterna) - 332.49 (Porcentaje de hogares con jefatura femenina) + 205.68 (Precio mínimo del agua) + 12.88 (Longitud de Infraestructura Hídrica) - $3,838.80$ (Metros de Infraestructura por Habitante - 1078.01 (SCALLs) - $43,973.60$ (tandeo) - $27,844.90$ (Planta potabilizadora) - $70,090.40$ (Prestador de servicio) + $252,635$ (IDS) + u ,
 con $u = 0.394Wu + \varepsilon$

Tabla 17. Interpretación de Modelo 3

Errores espaciales	El modelo SEM incorpora una estructura de error espacial, lo que reconoce que los residuales están correlacionados entre colonias vecinas. El coeficiente Lambda (0.39) es positivo y altamente significativo ($p < 0.001$), lo que confirma una dependencia espacial en los errores. Esto valida el uso del modelo SEM frente a un modelo OLS tradicional.
Coefficientes del modelo	<p>Viviendas con tinaco (%) (-596.01): Manteniendo constantes las demás variables, un mayor porcentaje de viviendas con tinaco se asocia con una disminución significativa en el consumo anual doméstico ($p < 0.001$). Esto sugiere que el almacenamiento individual puede estar vinculado a un uso más controlado del agua.</p> <p>Viviendas con cisterna/aljibe (%) (426.98): Este coeficiente positivo y significativo ($p < 0.001$) indica que, manteniendo constantes las demás variables, el uso de cisternas o aljibes se relaciona con un mayor consumo, posiblemente por mayor capacidad de almacenamiento.</p> <p>Hogares con jefatura femenina (%) (-332.49): Tiene un efecto negativo y significativo ($p = 0.01$), lo que podría sugerir prácticas más conservadoras en el uso del agua en hogares encabezados por mujeres, menores ingresos en promedio o desigualdades estructurales en el acceso al agua.</p> <p>Precio mínimo del agua (205.68): Contrario al resultado del Modelo 1, este coeficiente es positivo y marginalmente significativo ($p = 0.04$), lo que puede reflejar que el precio no necesariamente desalienta el consumo, o puede estar correlacionado con zonas de mayor ingreso.</p> <p>Longitud de infraestructura hidráulica (12.88): Coeficiente positivo y altamente significativo ($p < 0.001$), lo que indica que una mayor infraestructura se asocia con mayor consumo, posiblemente por mayor cobertura.</p> <p>Metros de infraestructura por habitante (-3,838.80): Coeficiente negativo y muy significativo ($p < 0.001$). Esto sugiere que, cuando la infraestructura hídrica está más extendida por persona, el consumo disminuye, posiblemente debido a una menor densidad poblacional o a una mayor eficiencia en el uso del recurso. Otra posible explicación podría ser la existencia de un subregistro o baja medición del consumo en estas zonas; sin embargo, esta hipótesis no puede ser evaluada con la información disponible en este momento.</p> <p>SCALL (-1,078.01): Las colonias con sistemas de captación de agua de lluvia presentan un consumo significativamente menor ($p < 0.001$), reforzando su rol en la reducción de la demanda del sistema centralizado.</p>

Tandeo (*dummy*, -43,973.60): La presencia de tandeo se relaciona con una gran reducción en el consumo ($p < 0.001$), lo que refleja las restricciones reales de disponibilidad de agua en diferentes zonas de la ciudad.

Planta potabilizadora (*dummy*, -27,844.90): Coeficiente negativo y significativo ($p = 0.03$), sugiere menor consumo en zonas abastecidas por este tipo de fuente.

Punto de descarga (*dummy*, 9,845.60): No es significativo ($p = 0.43$), no se detecta un efecto en el consumo.

IDS (252,635): Coeficiente alto y significativo ($p < 0.001$), lo que indica que colonias con mayor desarrollo social presentan un consumo considerablemente mayor.

Estadísticas del modelo

Error estándar de la regresión: 91,593.1

R-squared: 0.588, lo que implica que el modelo explica aproximadamente el 58.8% de la variabilidad en el consumo doméstico anual.

AIC: 46,069 – inferior al del modelo SAR y OLS, lo que respalda este modelo como el más adecuado.

Breusch-Pagan test: Significativo ($p < 0.001$), indica presencia de heterocedasticidad y una debilidad en el modelo.

Likelihood Ratio Test para dependencia espacial: Muy significativo ($p < 0.001$), respalda el uso del modelo SEM.

Fuente. Elaboración propia

Interpretación del Modelo 3

El Modelo 3, estimado mediante un modelo de error espacial con matriz de pesos tipo *queen*, confirma la presencia de dependencia espacial en el consumo doméstico de agua entre colonias de la CDMX en el año 2020. El coeficiente lambda (0.39) indica que los errores no son independientes, lo cual justifica el uso de este enfoque y mejora la precisión del análisis respecto al modelo lineal clásico.

En términos de resultados, el modelo reafirma la importancia de la infraestructura hidráulica como un determinante clave del consumo: a mayor longitud de redes, mayor consumo, mientras que una mayor cantidad de metros de infraestructura por habitante se asocia

negativamente, sugiriendo posibles ineficiencias o baja densidad de uso en ciertas zonas. Asimismo, el IDS mantiene una relación positiva y significativa, lo que refuerza la idea de que el consumo de agua está mediado por las condiciones socioeconómicas del entorno urbano.

Desde una perspectiva de justicia hídrica, el modelo muestra cómo el acceso y uso del agua siguen reflejando desigualdades estructurales. Las colonias sujetas a tandeo presentan un consumo drásticamente menor, lo que revela una forma institucionalizada de racionamiento que afecta desproporcionadamente a ciertos territorios. Lo mismo ocurre con la presencia de SCALL o tinacos, que se asocian a menor consumo y evidencian que estos mecanismos no reflejan necesariamente prácticas sustentables voluntarias, sino respuestas adaptativas a la precariedad del servicio.

En contraste, variables como el porcentaje de viviendas con cisterna o aljibe y el precio mínimo del agua muestran una relación positiva con el consumo. En el primer caso, esto podría reflejar una mayor capacidad de almacenamiento en zonas con infraestructura más consolidada, lo que facilita un consumo más estable o elevado. En cuanto al precio del agua, es importante aclarar que en la CDMX el cobro no se determina directamente por precios de mercado, sino mediante un esquema de tarifas progresivas y subsidiadas, basadas en el Índice de Desarrollo por Manzana (IDM), un indicador construido por el SACMEX. Este índice define los niveles tarifarios en función de características socioeconómicas y territoriales pero presenta limitaciones, entre ellas que no incorpora de manera directa el consumo medido en su cálculo (SEGIAGUA, s/f). Esta relación positiva podría, por tanto, estar reflejando un sesgo en el propio sistema tarifario, en el que zonas con mayores ingresos tienden a tener consumos más altos y, a la vez, enfrentan tarifas relativamente diferenciadas.

De manera interesante, variables que no resultaron significativas en el modelo anterior, como la presencia de planta potabilizadora y el porcentaje de hogares con jefatura femenina, sí presentan efectos en este modelo. En particular, la jefatura femenina aparece asociada a un menor consumo, lo cual podría abrir líneas de investigación sobre la gestión diferenciada del recurso en hogares encabezados por mujeres en periferias urbanas o mayor conciencia sobre el uso racional del agua.

En cuanto a la vivienda informal, representada por el porcentaje de viviendas con piso de tierra, esta variable no fue incluida en el modelo por falta de significancia en etapas previas del análisis. Esta ausencia es especialmente relevante desde la óptica de la Ley del Derecho al Acceso,

Disposición y Saneamiento del Agua en la Ciudad de México (2003) que, si bien reconoce el agua como un derecho humano, sigue operando en un contexto institucional que tiende a condicionar el acceso formal al estatus legal de la vivienda. Sin embargo, esto no debe interpretarse como garantía de acceso efectivo, sino como un reflejo de la exclusión estructural que enfrentan muchas colonias: la ley reconoce el derecho al agua, pero en la práctica, se sigue negando o dificultando a quienes no cumplen con requisitos formales de propiedad o urbanización.

En este sentido, el modelo evidencia la necesidad de reformular los marcos de provisión del agua bajo una lógica de justicia hídrica, en la que ni la informalidad urbana ni la condición social del hogar sean usadas como justificaciones para limitar el acceso a un recurso vital. El derecho al agua no puede seguir condicionado a la legalidad del suelo ni a la capacidad de pago de las personas usuarias.

4.3 Análisis de agrupamiento (clústeres)

Los hallazgos obtenidos a partir del modelo de error espacial (SEM) evidencian patrones espaciales significativos en la distribución del consumo doméstico anual de agua, así como la influencia diferenciada de diversos factores estructurales, sociales y de infraestructura. Sin embargo, a pesar de que el modelo SEM permite identificar relaciones estadísticas entre variables, no capta completamente la posible existencia de territorios con dinámicas hídricas similares o diferenciadas más allá de los efectos individuales de cada predictor.

En este sentido, el análisis de agrupamiento (clústeres) se plantea como una herramienta complementaria que permite identificar grupos de colonias con características similares en cuanto a su perfil de acceso, uso y gestión del agua. A partir de este análisis, se busca reconocer patrones latentes en el territorio que puedan estar asociados a desigualdades estructurales, modos de provisión diferenciada o incluso a estrategias locales de adaptación frente a la escasez o mala calidad del suministro.

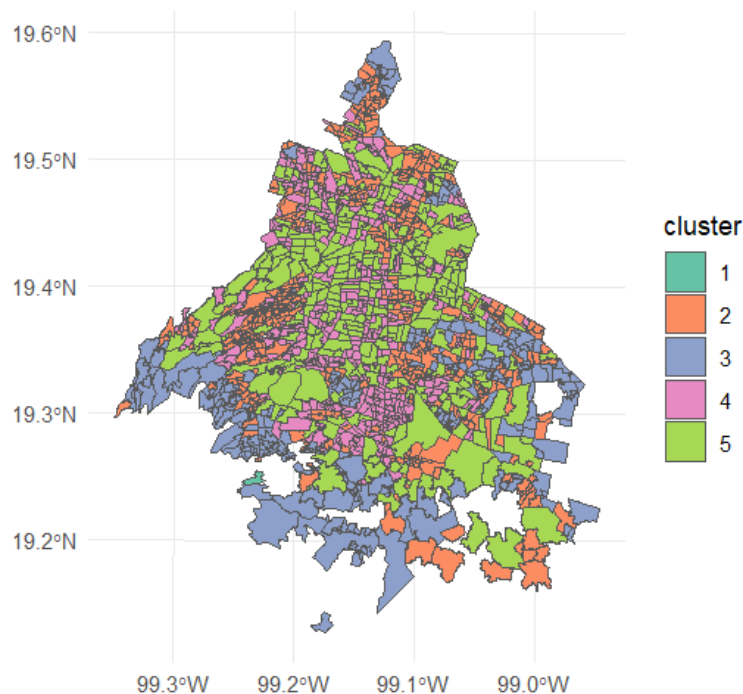
El análisis de clústeres permite validar o matizar los resultados obtenidos en el modelo espacial, identificar tipologías territoriales relevantes para la gestión hídrica, explorar relaciones no lineales o interacciones complejas entre variables que no fueron completamente captadas por el modelo SEM y generar recomendaciones de política pública territorializadas, con base en grupos de colonias que comparten desafíos similares.

En conjunto, el uso de modelos espaciales y técnicas de agrupamiento territorial robustece el diagnóstico de las desigualdades en el acceso al agua, permitiendo avanzar hacia una comprensión más integral y espacialmente explícita del fenómeno.

Análisis de agrupamiento (clústeres)

Después de realizar los modelos espaciales múltiples, se procedió a realizar un análisis de agrupamiento utilizando el método de *K-Medoids*, *K-Means* y *K-Median*. Para determinar el número óptimo de clústeres, se empleó el método de codo el cual mostró que el número ideal de clústeres es 5 (Figura 12).

Figura 12. Clústeres de colonias (k = 5)



Fuente. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Gobierno de la Ciudad de México (2020f).

Con el fin de identificar agrupamientos representativos de colonias a partir de variables asociadas al consumo de agua, infraestructura hídrica, marginación y gobernanza, se aplicaron tres métodos de análisis de clústeres: *K-Means*, *K-Medoids* y *K-Medians*, estableciendo previamente $k = 5$ clústeres con base en el método del codo.

Por estas razones, el modelo *K-Medians* (Figura 13) con $k = 5$ fue elegido para continuar con el análisis detallado de las características promedio de cada clúster, lo que permite identificar patrones diferenciales de acceso y consumo de agua a nivel colonia.

Modelo 4. Modelo de análisis de *clustering* con *K-Medians* para identificar grupos de colonias.

Cluster centers: (median)										
	Viviendas con agua entubada (%)	Viviendas con tinaco (%)	Viviendas con cisterna o aljibe (%)	Viviendas con jefatura femenina (%)	Consumo doméstico anual del agua (m3)	Precio mínimo del agua (MXN/m3)	Longitud de infraestructura hídrica (m)	Metros de infraestructura por habitante (m)	SCALL (uds)	Índice de Desarrollo Social
C1	93.194	78.603	15.522	0.000	9,554.000	54.160	1,875.650	0.792	0	0.722
C2	91.413	82.913	62.444	40.678	44,885.000	54.160	2,444.650	1.186	0	0.850
C3	90.692	81.498	62.391	0.000	78,194.500	54.160	4,096.270	1.317	0	0.864
C4	89.198	80.429	68.990	0.000	307,434.000	54.160	13,344.800	1.674	0	0.907
C5	93.546	82.374	54.705	0.000	7,136.000	54.160	10,501.900	1.205	18	0.756
The total within-cluster sum of squares:			12,461.000							
The between-cluster sum of squares:			5,429.030							
The ratio of between to total sum of squares:			0.303							
(Using Manhattan distance to medians)										
The total sum of distance:			10,198.200							
Within-cluster sum of distances:										
Within										
Cluster D Average										
C1	1,822.940		4.310							
C2	1,828.980		4.461							
C3	1,389.620		3.492							
C4	1,234.680		3.983							
C5	1,079.100		4.334							
The total within-cluster sum of distance:			7,355.330							
The ratio of total within to total sum of distance:			0.721							

Fuente. Elaboración propia con base en datos de Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México (2020); CONAPO (2020); Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México (2020); Gobierno de la Ciudad de México (2019, 2020d); INEGI (2020a, 2023); Sacmex (2023); SEDEMA (2024).

Tabla 18. Interpretación de Modelo 4

Perfiles de clústeres y su distribución territorial

Clúster 1 (432 colonias): se caracteriza por el consumo doméstico anual más bajo (9,554 m³), una muy limitada infraestructura hídrica, baja proporción de cisternas, y un IDS también bajo (0.722). Este grupo está mayoritariamente conformado por colonias de la periferia, lo cual refuerza la asociación entre baja infraestructura, bajo consumo y localización geográfica marginal.

Clúster 2 (410 colonias): presenta un perfil mixto: consumo moderado (44,885 m³), alta presencia de viviendas con cisterna y el porcentaje más alto de jefaturas femeninas (40.7%). Su IDS es medio-alto (0.850), lo que podría representar zonas en transición o con configuración social diversa.

Clúster 3 (398 colonias): agrupa colonias de consumo medio-alto (78,194 m³), buena cobertura de infraestructura, sin presencia de jefaturas femeninas

y un IDS alto (0.864). Refleja zonas posiblemente consolidadas en términos de acceso y servicios.

Clúster 4 (310 colonias): destaca por el consumo más elevado (307,434 m³), acompañado de la mayor infraestructura hídrica y el IDS más alto (0.907), reflejando colonias bien dotadas, centrales y consolidadas en términos socioeconómicos y de servicios. La mayoría de las colonias pertenecientes a este clúster están dentro de las alcaldías Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc

Clúster 5 (249 colonias): también agrupa colonias periféricas con consumo reducido (7,136 m³), pero en este caso contrasta con una infraestructura hídrica considerablemente alta (10,501.9 m). Su IDS es intermedio (0.756) y es el único clúster donde se concentra una cantidad relevante de SCALL (18 unidades). Esto sugiere posibles desequilibrios entre la infraestructura instalada y el consumo efectivo, lo cual podría deberse a baja densidad, baja ocupación o fallas en la conexión de la infraestructura con los hogares.

Evaluación del modelo

El modelo explica el 30.3% de la variabilidad total de los datos, con una proporción interna de distancias de 72.1%, lo que sugiere que los clústeres están bien diferenciados y son consistentes.

Fuente. Elaboración propia

Interpretación del Modelo 4

El análisis de conglomerados mediante el algoritmo *K-Medians* permitió identificar cinco grupos de colonias con perfiles diferenciados respecto al acceso y consumo de agua en las colonias de la CDMX en el año 2020. Este enfoque múltiple proporcionó una visión complementaria a los modelos de regresión, al capturar patrones espaciales de desigualdad hídrica a nivel territorial.

Los resultados muestran una alta heterogeneidad entre los clústeres, tanto en términos de infraestructura hídrica como en indicadores sociales y niveles de consumo de agua. De estos, tres clústeres destacan por su relevancia analítica debido a sus contrastes y características particulares:

- El Clúster 4, con el mayor consumo anual (más de 300,000 m³ anuales), representa colonias con alta infraestructura, cobertura formal y condiciones socioeconómicas privilegiadas.
- El Clúster 5, con el menor consumo (alrededor de 7,100 m³), destaca por tener una importante dotación de infraestructura pero alta dependencia en sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL), lo que sugiere acceso formal limitado o irregular.

- El Clúster 1, también con bajo consumo y escasa infraestructura, refleja condiciones de marginación histórica y fragilidad en el acceso al agua, sin alternativas tecnológicas claras para el almacenamiento o autoabastecimiento.

Una observación clave desde la justicia hídrica es que la mayoría de las colonias ubicadas en la periferia urbana se concentran en los clústeres 1 y 5, es decir, en los grupos que presentan menor consumo, mayores carencias en infraestructura y dependencia de soluciones alternativas o inestables de abastecimiento. Esto confirma que el acceso al agua en la periferia urbana en la CDMX es desigual y segmentado, contradiciendo la idea de que estas zonas se comportan de forma homogénea o compartan un mismo nivel de exclusión.

Esta heterogeneidad en la periferia urbana de la CDMX es central para el análisis de justicia hídrica: demuestra que no todas las colonias que conforman la periferia urbana enfrentan el mismo tipo de precariedad, y que incluso dentro de territorios marginados existen colonias con trayectorias diferenciadas de acceso, adaptación o exclusión. Sin embargo, estas diferencias no son reconocidas por la legislación vigente.

En particular, en la Ley de Aguas de la Ciudad de México, al acceso, disposición y saneamiento, mantienen una visión uniforme que equipara la cobertura nominal con el cumplimiento del derecho, sin atender a las formas concretas de exclusión hídrica que afectan a diversas colonias, especialmente en la periferia. En muchos casos, la informalidad de la vivienda es usada como argumento para justificar la falta de infraestructura o servicios, lo que representa una exclusión institucionalizada de los sistemas formales de distribución de agua.

Así, el análisis de clústeres ofrece evidencia empírica robusta para cuestionar la lógica binaria entre conectado/desconectado o formal/informal, y muestra la necesidad de avanzar hacia un modelo de gestión del agua que reconozca la diversidad territorial, visibilice las distintas formas de vulnerabilidad y garantice el derecho humano al agua desde un enfoque de equidad que no esté basado en el uso formal o informal del suelo.

5. Conclusiones

La presente investigación analiza la distribución espacial del acceso al agua en las periferias urbanas desde una perspectiva de justicia hídrica. La tesis parte de una pregunta central: ¿cómo es la distribución espacial del acceso al agua en la periferia urbana de la CDMX (2020), desde una perspectiva de justicia hídrica? Para responderla, se definieron variables agrupadas en cuatro ejes analíticos propuestos: (1) suministro y almacenamiento; (2) distribución y desigualdad hídrica; (3) gobernanza del agua; y (4) riesgo/sensibilidad. A través de la aplicación de un enfoque cuantitativo con métodos de modelos de regresión y de análisis espacial, se cumplió el objetivo general y los objetivos específicos y se lograron resultados que permiten comprender con mayor profundidad la relación entre territorio y desigualdad en el acceso al agua en la periferia urbana.

Esta investigación ofrece tres aportes principales:

- Aporte teórico: propone una estructura analítica que traduce los principios de la justicia hídrica en variables cuantificables aplicables al análisis urbano. Esta sistematización permite operacionalizar un enfoque que suele quedar restringido al plano normativo o discursivo.
- Aporte metodológico: introduce el uso articulado de análisis estadístico y espacial (regresiones espaciales, análisis de clústeres) para examinar patrones de desigualdad hídrica. Esta estrategia permite ir más allá del análisis descriptivo tradicional e identificar dinámicas territoriales que influyen en el acceso al agua en las periferias urbana.
- Aporte práctico y legislativo: el estudio señala que el marco normativo actual de la CDMX no incorpora herramientas espaciales en el diagnóstico o regulación del acceso. Al proponer un enfoque territorializado que puede implementarse mediante SIG y análisis espacial, esta tesis plantea un camino concreto para que actores como el Congreso de la CDMX, SACMEX o la SEDEMA puedan actualizar criterios técnicos y normativos en favor de una distribución más eficiente y equitativa del agua.

Estos aportes se materializan en los resultados obtenidos a través del análisis empírico, el cual combinó técnicas de regresión lineal, regresión espacial y análisis de clústeres. Esta estrategia metodológica no solo permitió identificar las variables más relevantes para explicar el acceso al agua en las colonias de la CDMX (2020), sino también capturar la dimensión espacial de estas desigualdades y clasificar los diferentes perfiles territoriales existentes. A continuación, se

sintetizan los principales hallazgos empíricos derivados de cada modelo, así como su interpretación desde el marco de la justicia hídrica.

El análisis combinado de regresión lineal, regresión espacial y análisis de conglomerados posibilitó una comprensión integral y multifacética de las desigualdades en el acceso al agua en la CDMX (2020), particularmente a nivel de colonia.

El primer modelo (regresión lineal, Modelo 1) permitió identificar variables con fuerte influencia sobre el consumo doméstico anual de agua en la CDMX en el año 2020, como la longitud de infraestructura hídrica, el IDS y la condición de tandeo, todas estadísticamente significativas. También reveló que variables habitualmente usadas como *proxy* de informalidad (como el porcentaje de viviendas con piso de tierra) no mostraron efectos significativos, lo cual sugiere que la precariedad material no necesariamente implica menor acceso al agua. Este hallazgo cuestiona los supuestos entre marginación estructural y consumo, y apunta a la necesidad de comprender mejor las formas complejas de exclusión hídrica.

El segundo modelo (regresión de error espacial, Modelo 3) incorporó explícitamente la dependencia espacial entre colonias, lo que permitió mejorar la capacidad explicativa del modelo ($R^2 = 0.58$). Este enfoque confirmó la relevancia de varias variables destacadas en modelos anteriores, pero también aportó matices importantes. Por ejemplo, la presencia de cisternas o aljibes surgió como una variable estadísticamente significativa y con efecto positivo sobre el consumo de agua, lo que sugiere que contar con esta infraestructura proporciona una mejor capacidad de almacenamiento y, por ende, un acceso más efectivo al agua. En contraste, la jefatura femenina del hogar mostró un efecto negativo sobre el consumo, indicando dinámicas sociales complejas que merecen un análisis más profundo.

Además, se detectó un efecto espacial significativo ($\text{Lambda} = 0.39$), lo que evidencia que el acceso al agua no es un fenómeno distribuido de manera homogénea en el espacio, sino que está significativamente influenciado por las dinámicas territoriales, reforzando la necesidad de abordajes que tomen en cuenta la dimensión espacial de la desigualdad.

Por último, el análisis de clústeres (*K-Medians*, Modelo 4) identificó en la CDMX, para el año 2020, cinco tipos de colonias con perfiles contrastantes en términos de infraestructura, consumo y condiciones socioeconómicas. Es importante destacar que de las 1,564 colonias estudiadas en la CDMX, la mayoría de las colonias ubicadas en la periferia pertenecen a los

clústeres 1 y 5 (103 y 30 colonias, respectivamente). En contraste, solo 16 colonias del Suelo de Conservación pertenecen al clúster 2, 7 colonias pertenecen al clúster 3, y ninguna al clúster 4.

Los clústeres 1 y 5 comparten niveles bajos de consumo y condiciones restrictivas de acceso al agua, aunque por motivos diferenciados: el clúster 1 corresponde a zonas con escasa infraestructura hidráulica, mientras que el clúster 5 representa áreas con infraestructura relativamente más extensa, pero con alta dependencia en sistemas alternativos como los SCALL (Sistemas de Captación de Agua de Lluvia).

Estos hallazgos refuerzan la idea de que la periferia urbana no es un espacio homogéneo, sino que presenta una diversidad de condiciones de acceso al agua, reflejando distintas formas de vulnerabilidad y adaptación frente a la desigualdad hídrica.

Desde una perspectiva de justicia hídrica estos hallazgos ponen en evidencia que las desigualdades territoriales en el acceso al agua en las periferias urbanas son persistentes y complejas. Más aún, demuestran que las categorías legales actuales no logran captar estas diferencias. La Ley de Aguas de la Ciudad de México y otras normativas que regulan el derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua, mantienen una visión binaria del acceso (formal/informal; conectado/desconectado) que ignora la pluralidad de trayectorias territoriales. En consecuencia, existen colonias que, aun teniendo infraestructura parcial o conexiones formales, enfrentan un acceso intermitente, precario o desigual, sin que esto se traduzca en reconocimiento institucional ni en acciones correctivas por parte del gobierno.

Este trabajo demuestra que abordar el acceso al agua desde la perspectiva de la justicia hídrica en la ciudad requiere, en primer lugar, reconocer su dimensión espacial, visibilizar la heterogeneidad que existe en las periferias urbanas y repensar los marcos legales y técnicos para garantizar una distribución equitativa, suficiente y digna del recurso, tal como lo establece el derecho humano al agua consagrado en la Constitución y en tratados internacionales.

Además, los resultados ponen de manifiesto los distintos retos que deben abordarse territorialmente, evidenciando que las soluciones no pueden ser uniformes, sino adaptadas a las condiciones específicas de cada zona, atendiendo tanto las desigualdades en infraestructura como las formas locales de vulnerabilidad y exclusión hídrica.

Si bien los hallazgos obtenidos permiten avanzar en la comprensión de las desigualdades territoriales en el acceso al agua desde una perspectiva de justicia hídrica, es importante reconocer que estos resultados no explican completamente la complejidad del fenómeno. Como todo

ejercicio de investigación, el presente estudio está marcado por ciertas restricciones metodológicas y contextuales que es necesario considerar al interpretar sus alcances. En este sentido, las siguientes reflexiones apuntan a delimitar los márgenes del análisis realizado y a señalar posibles rutas para investigaciones futuras que profundicen o complementen esta aproximación.

En primer lugar, la disponibilidad de datos a nivel de colonia es desigual y, en ciertos casos, limitada o desactualizada, lo que restringe la inclusión de variables clave (por ejemplo, calidad del agua o fuentes alternas de abastecimiento). En segundo lugar, si bien el análisis espacial permitió captar patrones territoriales, no exploró dinámicas temporales ni procesos históricos de urbanización que también inciden en el acceso al agua. Finalmente, el estudio se centró en una escala intraurbana específica (colonias de la CDMX), por lo que se recomienda su replicación o comparación con otras metrópolis latinoamericanas para robustecer el marco conceptual y empírico aquí propuesto. En suma, este trabajo contribuye a visibilizar las desigualdades espaciales en el acceso al agua en las periferias urbanas y demuestra que una aproximación desde la justicia hídrica permite ir más allá de diagnósticos centrados en la infraestructura o el consumo.

Integrar esta mirada implica reconocer las formas múltiples en que se produce la exclusión hídrica y los sesgos normativos que la perpetúan. Avanzar hacia una distribución justa, equitativa y digna del agua requiere, por tanto, no solo voluntad política, sino también nuevas herramientas conceptuales, técnicas y legales que coloquen al territorio, y no solo a la red de infraestructura hidráulica, en el centro del derecho humano al agua.

Referencias

- Agencia Digital de Innovación Pública [ADIP]. (2019). Informe de Gobierno. <https://informedegobierno.cdmx.gob.mx>
- Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México [ADIP]. (2020). Cobertura de infraestructura de agua potable por habitante. Datos Abiertos CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/cobertura-de-infraestructura-de-agua-potable-m-hab>
- Agencia Digital de Innovación Pública de la Ciudad de México [ADIP]. (2021). Suelo de Conservación. Datos Abiertos CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/suelo-de-conservacion>
- Aguilar, A. G. (2013). Sustentabilidad urbana y política urbano-ambiental. La Ciudad de México y el Suelo de Conservación. En *La sustentabilidad en la Ciudad de México: El suelo de Conservación en el Distrito Federal*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Aguilar, M. (2025). La alcaldía Álvaro Obregón y Sedema restauran el suelo de conservación en riesgo de invasión. Cúspide México. <https://cuspidemexico.com/2025/02/24/la-alcaldia-alvaro-obregon-y-sedema-restauran-el-suelo-de-conservacion-en-riesgo-de-invasion/>
- Aguilar, A. G., y López, F. M. (2014). *La periurbanización y los retos de su organización territorial*. En B. Graizbord (Coord.), *Metrópolis: Estructura urbana, medio ambiente y política pública* (Primera edición, pp. 61–101). El Colegio de México.
- Aguilar, A. G., y López, F. M. (2009). *Water Insecurity among the Urban Poor in the Peri-urban Zone of Xochimilco, Mexico City*. *Journal of Latin American Geography*, 8(2), 97–123. <https://doi.org/10.1353/lag.0.0056>
- Ahlers, R. (2006). *Fixing Water to Increase Its Mobility: The Neoliberal Transformation of a Mexican Irrigation District*. Ithaca: Cornell University.
- Ahlers, R. (2010). *Fixing and Nixing: The Politics of Water Privatization*. *Review of Radical Political Economics*, 42(2), 213–230. <https://doi.org/10.1177/0486613410368497>
- Ahlers, R., Rusca, M., Schwartz, K., y Cleaver, F. (2014). *Informal Space in the Urban Waterscape: Disaggregation and Co-Production of Water Services*. *Water Alternatives*, 7(1). https://www.researchgate.net/publication/260145123_Informal_Space_in_the_Urban_Waterscape_Disaggregation_and_Co-Production_of_Water_Services
- Allen, A., Dávila, J. D., y Hofmann, P. (2005). Gobernabilidad y acceso al agua y saneamiento en la interfaz periurbana: Análisis preliminar de cinco estudios de caso. *Cuadernos del CENDES*, 22(59), 23–44.
- Allen, A., Dávila, J. D., y Hofmann, P. (2006a). *Governance of Water and Sanitation Services for the Peri-urban Poor. A Framework for Understanding and Action in Metropolitan Regions*. University College London-Development Planning Unit.
- Allen, A., Dávila, J. D., y Hofmann, P. (2006b). The peri-urban water poor: Citizens or consumers? 18(2), 333–351. <https://doi.org/doi.org/10.1177/0956247806069608>
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, L. (1995). *Local Indicators of Spatial Association—LISA*. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal. (2000). *Decreto de Ley Ambiental del Distrito Federal*. <https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/9a652d89d1f2a7aad5639423290f57b0a82635c3.pdf>
- Avendaño, G. A. (2016). Privatización y mercantilización del agua. Reflexión acerca de un bien común. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 2(1), 40–43.

- Ávila-García, P. (2015). Hacia una ecología política del agua en Latinoamérica. *Revista de Estudios Sociales*, 55, 18–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.7440/res55.2016.01>
- Ávila Sánchez, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Estudios Agrarios*, 15(41), 93–123.
- Bakker, K. (2007). *The “Commons” Versus the “Commodity”: Alter-globalization, Anti-privatization and the Human Right to Water in the Global South*. *Antipode*, 39(3), 430–455. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2007.00534.x>
- Bakker, K. (2010). *Privatizing Water: Governance Failure and the World’s Urban Water Crisis*. Cornell University Press.
- Bazant S., J. (2004). Introducción. En *Asentamientos irregulares. Guía de soluciones urbanas*. Editorial Trillas.
- Becerra Ramírez, J. D., y Salas Benítez, I. (2016). El derecho humano al acceso al agua potable: aspectos filosóficos y constitucionales de su configuración y garantía en Latinoamérica. *Prolegómenos. Derechos y Valores*, XIX (37), 125-146.
- Boelens, R., Getches, D., y Guevara-Gil, A. (2010). *Out of the Mainstream: Water Rights, Politics and Identity*. Earthscan Ltd.
- Boelens, R., Cremers, L., y Zwarteveen, M. (2011). Justicia Hídrica: acumulación de agua, conflictos y acción de la sociedad civil. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Boelens, R., Perrault, T., y Vos, J. (2018). *Introduction: The Multiple Challenges and Layers of Water Justice Struggles*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Coords.), *Water Justice* (pp. 1–32). Cambridge University Press.
- Bossenbroek, L., y Zwarteveen, M. (2018). *New Spaces for Water Justice? Groundwater Extraction and Changing Gendered Subjectivities in Morocco’s Saïss Region*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 330-345). Cambridge University Press.
- Britos, N. (2017). El derecho al agua en la Nueva Constitución Política del Estado Unitario Social de Derecho Plurinacional Comunitario de Bolivia. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5192/EI%20derecho%20al%20agua%20en%20la%20Constituci%C3%B3n%20de%20Bolivia.pdf>
- Budds, J. (2011). Relaciones sociales de poder y la producción de paisajes hídricos. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Bueno de Mesquita, M. (2011). Agua, concentración de recursos naturales y conflictos en el Perú. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Cámara de Diputados. (2020). *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación*. <https://www.diputados.gob.mx/ley-HCTI/CONACYT%20MICROSITIO/I.%20Iniciativas%20y%20reformas%20en%20materia%20de%20CTI/28.pdf>
- Caracheo Miguel, C. E. (2021). Desigualdad territorial y acceso a agua potable en el contexto de pandemia en la ciudad de México. *Argumentos. Revista de Crítica Social*. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2024/02/6976-19411-1-SM.pdf>
- Castells, M. (1986). *La cuestión urbana*. Siglo XXI, México.

- Castro Lucic, M., y Quiroz, L. (2011). La crisis del agua en Chile: «el futuro de Chile requiere una nueva política de agua. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades [CEIICH]. (2024). *Documento de incidencia. La gestión del agua en México: Retos y oportunidades*. <https://ceiich.unam.mx/documento-de-incidencia-la-gestion-del-agua-en-mexico-retos-y-oportunidades>
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH México]. (s/f). *¿Qué son los derechos humanos?* CNDH México. Recuperado el 1 de junio de 2025, de <https://www.cndh.org.mx/derechos-humanos/que-son-los-derechos-humanos>
- Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI]. (2020). *Rezago Habitacional 2020*. https://siesco.conavi.gob.mx/doc/analisis/2021/Censo_Rezago_ENIGH_2020.pdf
- Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural [CORENADR] (2003). El Suelo de Conservación del Distrito Federal. <https://paot.org.mx/centro/programas/suelo-corena.pdf>
- Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural [CORENADR] (2024). Genera Suelo de Conservación 75 litros de agua al día por habitante de CDMX. CORENADR. <https://altepetl.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/genera-suelo-de-conservacion-75-litros-de-agua-al-dia-por-habitante-de-cdmx>
- Consejería Jurídica y de Servicios Legales de la Ciudad de México [Cejur CDMX] (2023). *Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México (última reforma 14 de abril de 2023)*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 27 de mayo de 2003. https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/leyes/LEY_DERECHO_ACC_DISP_Y_SANEAMIENTO_DEL%20AGUA_DE_LA_CIUADAD_DE_MEXICO_4.1.pdf
- Congreso de la Ciudad de México. (2019a). Ley de Aguas de la Ciudad de México. Gaceta Oficial de la Ciudad de México. <https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/20af644dec17c38142fd2e7da44ddb44eb8b0dca.pdf>
- Congreso de la Ciudad de México. (2019b). Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX. https://paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/2019/LEY_DER_ACCE_DISP_AGUA_09_05_2019.pdf
- Congreso de la Unión. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Congreso de la Unión. (1992). *Ley de Aguas Nacionales*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>
- Consejo de Evaluación para el Desarrollo Social del Distrito Federal [Evalúa]. (2011). *La evolución de la Ciudad de México*. <https://evalua.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/files/Estudios/Informe/evpobcdm.pdf>
- Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México [Evalúa]. (2020). Medición del Índice de Desarrollo Social de las Unidades Territoriales. <https://www.evalua.cdmx.gob.mx/principales-atribuciones/medicion-del-indice-de->

desarrollo-social-de-las-unidades-territoriales/medicion-del-indice-de-desarrollo-social-de-las-unidades-territoriales

- Consejo Nacional de Población [CONAPO]. (2020a). Índices de marginación. (2020). [Base de datos]. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Consejo Nacional de Población [CONAPO]. (2020b). Índice de marginación urbana 2020. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/828844/urbana.pdf>
- Cortés Lara, M. A. (2018). *Las urbanizaciones populares de origen irregular y su proceso de consolidación con relación a la configuración socio-espacial de la ciudad*. Universidad de Guadalajara. https://www.researchgate.net/publication/336315895_Las_urbanizaciones_populares_de_origen_irregular_y_su_proceso_de_consolidacion_con_relacion_a_la_configuracion_socio-espacial_de_la_ciudad
- Cossio, V. (2011). Justicia hídrica en Bolivia: Afectación en el acceso al agua y conflictos. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwartveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Copus, A. K. (2001). *From Core-periphery to Polycentric Development: Concepts of Spatial and Aspatial Peripherality*. *European Planning Studies*, 9(4), 539–552.
- Cremers, L., Ooijevaar, M., y Boelens, R. (2005). Institutional reform in the Andean irrigation sector: Enabling policies for strengthening local rights and water management. *Natural Resource Forum*, 29(1), 37–50. <https://doi.org/doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00111.x>
- Crow, B. (2018). *Urban Water and Sanitation Injustice: An Analytic Framework*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 89–106). *Cambridge University Press*.
- Cruz Almaraz, B. (2004). Servicios de agua potable y drenaje en asentamientos irregulares de la Cd. de México: tres casos de estudio en suelo de conservación.
- Cruz-Muñoz, F., e Isunza, G. (2017). Construcción del hábitat en la periferia de la Ciudad de México: Estudio de caso en Zumpango. *EURE (Santiago)*, 43(129), 187–207. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612017000200009>
- Davidson-Harden, A., Naidoo, A., y Harden, A. (2007). *The geopolitics of the water justice movement*. *Peace Conflict & Development*, 11. https://www.bradford.ac.uk/library/library-resources/journal-of-peace-conflict-and-development/PCD-Issue-11_Article_Water-Justice-Movement_Davidson-Naidoo-Harden.pdf
- Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento. (2022, enero 20). Agua Potable y Saneamiento. [Argentina.gob.ar. https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/infraestructura-y-politica-hidrica/agua-potable-y-saneamiento](https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/infraestructura-y-politica-hidrica/agua-potable-y-saneamiento)
- Domínguez, A. (2015, abril 28). *¿Qué es la reforma política del Distrito Federal?* Grupo Milenio. <https://www.milenio.com/politica/que-es-la-reforma-politica-del-distrito-federal>
- Domínguez, J., y López, C. (2023). Los desafíos de gobernanza y seguridad hídrica en las ciudades mexicanas. En J. Domínguez y C. López (Eds.), *Agua y ciudades* (pp. 19–38). El Colegio de México.
- Doornbos, B. (2011). Justicia Hídrica: ¿Por qué y cómo considerar el cambio climático en el análisis de la distribución del agua? En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwartveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S. y Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua

- potable a la Ciudad de México, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 68(3): 409-427. Sociedad Geológica Mexicana. ISSN: 1405-3322.
- Feitelson, E., y Chenoweth, J. (2002). *Water poverty: Towards a meaningful indicator*. *Water Policy*, 4(3), 263–281. [https://doi.org/10.1016/S1366-7017\(02\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00029-6)
- Fernandes, E. (2011). Regularización de asentamientos informales en América Latina (p. 56) [Informes sobre Enfoque en Políticas de Suelo]. *Lincoln Institute of Land Policy*. https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/regularizacion-asentamientos-informales-full_0.pdf
- García-Estrada, L., y Hernández-Guerrero, J. (2019). Ciclo hidrosocial y acceso al agua en la periferia de la ciudad de Morelia, México: Estudio de caso en La Aldea. *Revista Geográfica de América Central*, 1(64), 245–273. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.64-1.10>
- Gaybor, A. (2011). Acumulación en el campo y despojo del agua en el Ecuador. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwartveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Gentes, I. (2011). Políticas hídricas, institucionalidad compleja y conflictos transfronterizos en Nicaragua. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwartveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Giatti, L. L., Urbinatti, A. M., Monteiro de Carvalho, C., Penha de Oliveira Santos, I., Omori Honda, S., Fracalanza, A. P., y Jacobi, P. R. (2019). Nexus of exclusion and challenges for sustainability and health in an urban periphery in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00007918>
- Gilbert, A. (2017). *Chapter 2: Poverty, Inequality, and Informality*. En *Urban Latin America. Inequalities and Neoliberal Reforms*. Rowman & Littlefield.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2000). Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX. <https://paot.org.mx/centro/programas/pgoedf.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México. (s/f). Agua En Tu Colonia. Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de México. Recuperado de 2024, de <https://aguaentucolonia.sacmex.cdmx.gob.mx/#/supply-source>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2018). Programa de conservación y manejo del Suelo de Conservación del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. <https://www.transparencia.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5cb/4e0/daa/5cb4e0daa7e1e462582296.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2019). Colonias con distribución de agua por tandeo 2019 [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/colonias-con-distribucion-de-agua-por-tandeo-2019>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020a). Asentamientos Humanos Irregulares: Diagnóstico, prospectiva y estrategia de atención integral. <https://ipdp.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/63a/482/80e/63a48280e36f7893549739.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020b). Consumo de agua [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/consumo-agua>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020c). Consumo habitacional promedio bimestral de agua por colonia (m³) [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/consumo-habitacional-promedio-bimestral-de-agua-por-colonia-m3>

- Gobierno de la Ciudad de México. (2020d). Factibilidad hídrica [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/factibilidad-hidrica>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020e). Reportes de agua [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/reportes-de-agua>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020f). Colonias de la Ciudad de México [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/coloniascdmx>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2020g). Pueblos Originarios (SEPI) [Base de datos]. Plataforma de Datos Abiertos de la CDMX. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/pueblos-originarios-sepi>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2023). Garantizamos protección de Suelo de Conservación en la Ciudad de México con Reforma Constitucional. <https://gobierno.cdmx.gob.mx/noticias/garantizamos-proteccion-de-suelo-de-conservacion-en-la-ciudad-de-mexico-con-reforma-constitucional/>
- Gobierno de la Ciudad de México e IPDP. (2021). Proyecto del Programa General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. <https://ceavi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/7.%20Proyecto%20Programa%20General%20de%20Ordenamiento%20Territorial%202020-2035.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México e IPDP. (2023). Proyecto del Programa General de Ordenamiento Territorial. El Derecho a Transformar la Ciudad. <https://ipdp.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/648/282/400/6482824001317200327314.pdf>
- Gobierno de México. (2020). Programa Nacional Hídrico 2020-2024 [Resumen ejecutivo]. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/553479/PNH_Resumen_Impronta_v200311.pdf
- Gobierno de México. (2024, noviembre 21). Presidenta Claudia Sheinbaum presenta Plan Nacional Hídrico que concibe al agua como un derecho y un bien de la nación. gob.mx. Recuperado el 26 de noviembre de 2024, de <http://www.gob.mx/presidencia/prensa/presidenta-claudia-sheinbaum-presenta-plan-nacional-hidrico-que-concibe-al-agua-como-un-derecho-y-un-bien-de-la-nacion>
- González, P. (2025). Brugada afirma que en CDMX no se permitirán nuevas construcciones en suelo de conservación. Diario de México. <https://www.diariodemexico.com/mi-ciudad/brugada-afirma-que-en-cdmx-no-se-permitiran-nuevas-construcciones-en-suelo-de>
- González Sánchez, J., y Kunz Bolaños, I. (2005). Regionalización habitacional de la Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.
- Guerrero, E. M. (2012). Caracterización de los movimientos urbanos ambientales vinculados a la gestión del agua. Estrategias sociales por el acceso al agua potable en Tandil, Argentina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 20, 17–26.
- Gujarati, D. N., Y Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed). McGraw-Hill Irwin. https://ucanapplym.s3.ap-south-1.amazonaws.com/RGU/notifications/E_learning/Online_study/Basic-Econometrics-5th-Ed-Gujarati-and-P.pdf

- Hendriks, J. (2011). Análisis de grupos de interés. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteven (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Hernández, J. Á., y Campos, V. (2023). *Gobernanza del agua en espacios periurbanos: Una revisión histórica de los modelos de gestión en la ciudad de Puebla y su zona conurbada*. En J. Domínguez y C. López (Coords.), *Agua y ciudades* (pp. 157–217). El Colegio de México.
- Hicks, G. A., y Peña, D. G. (2011). Normas conflictivas en la lucha por una gobernanza comunitaria en las acequias de la cuenca del Alto Río Grande en Estados Unidos. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteven (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Human Right 2 Water*. (2023). El agua potable en Sudáfrica – Human Right 2 Water (ES). *Human Right 2 Water*. <https://humanright2water.org/es/blog/2023/01/10/el-agua-potable-en-sudafrica/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020a). Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/download/default.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020b). Modelo digital de elevación de México. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2023). Mapas. Obtenido de Información geoespacial sobre la gestión municipal de los servicios de agua y saneamiento: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463858560>
- International Human Rights Law Clinic y University of California, Berkeley, School of Law*. (2013). *The Human Right to Water Bill in California: An implementation framework for agencies*. [https://www.law.berkeley.edu/files/Water Report 2013 Interactive FINAL\(1\).pdf](https://www.law.berkeley.edu/files/Water Report 2013 Interactive FINAL(1).pdf)
- IntraMed. (2024, septiembre 12). Cerca de 3,5 millones de peruanos carecen de agua potable de red. Noticias médicas. <https://www.intramed.net/content/66e1a53c8ef3d03bfa95efa1>
- Jain, A. K. (2010). *Data clustering: 50 years beyond K-means*. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>
- Jiménez Cisneros, B. E., Gutiérrez Rivas, R., y Marañón Pimentel, B. (2011). *Evaluación de la política de acceso al agua potable en el Distrito Federal* (A. E. González Reynoso, Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Joshi, N., Gerlak, A. K., Hannah, C., Lopus, S., Krell, N., y Evans, T. (2023). Water insecurity, housing tenure, and the role of informal water services in Nairobi’s slum settlements. *World Development*, 164, 106165. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106165>
- López, P. (2024). Hacia un mejor acceso a la vivienda en América Latina y el Caribe. Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. <https://www.caf.com/es/blog/hacia-un-mejor-acceso-a-la-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe/>
- López Fabila, A. (2021). El agua en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas: Pistas para pensar la crisis hídrica desde la (in)justicia ambiental. [https://www.academia.edu/86046221/El agua en San Crist%³B3bal de Las Casas Chiapas pistas para pensar la crisis h%³ADdrica desde la in justicia ambienta](https://www.academia.edu/86046221/El_agua_en_San_Crist%C3%B3bal_de_Las_Casas_Chiapas_pistas_para_pensar_la_crisis_h%C3%ADdrica_desde_la_in_justicia_ambiental)
- 1
- Massiel Medina-Rivas, C., Rodríguez-Tapia, L., Morales-Novelo, J. A., y Revollo-Fernández, D. A. (2022). Spatial inequality of domestic water consumption in Mexico City. *Water Resources and Economics*. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.wre.2022.100210>

- Melgarejo, J., López-Ortiz, M. I., y Fernández-Aracil, P. (2023). Seguridad hídrica. Universidad de Alicante. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/137099>
- Mendoza Flores, M. (2016). En la periferia de la ciudad y la gobernanza”. Un estudio de caso sobre la gestión local del agua y saneamiento en el Asentamiento Humano del Cerro Las Ánimas [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/5f764b89-0258-4354-adf8-58cfed09c1e3>
- Ministerio de Economía. (2023, marzo 15). ODS 6 | Agua limpia y saneamiento. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/habitat/objetivos-de-desarrollo-sostenible/ods-6-agua-limpia-y-saneamiento>
- Moran, M. (2015). Agua y saneamiento. Desarrollo Sostenible. Recuperado el 23 de febrero de 2025, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Naciones Unidas. (2010). Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010. <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n09/479/38/pdf/n0947938.pdf>
- Neal Patrick, M. J., Lukaszewicz, A., y A. Lukaszewicz. (2014). Why justice matters in water governance: Some ideas for a ‘water justice framework’. *Water Policy*, 16(S2), 1–18. <https://doi.org/doi.org/10.2166/wp.2014.109>
- OECD. (2012). *Water Governance in Latin America and the Caribbean*. OECD. https://www.oecd.org/en/publications/water-governance-in-latin-america-and-the-caribbean_9789264174542-en.html
- OEHHA. (2018, noviembre 30). *The Human Right to Water in California* [Text]. <https://oehha.ca.gov/water/report/human-right-water-california>
- Ojeda, L., Mansilla Quiñones, P., Rodríguez, J. C., y Pino Vásquez, A. (2019). El acceso al agua en asentamientos informales. El caso de Valparaíso, Chile. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 30(1). <https://www.redalyc.org/journal/748/74862087012/74862087012.pdf>
- Oteng-Ababio, M., Smout, I., y Yankson, P. W. K. (2017). *Poverty Politics and Governance of Potable Water Services: The Core–Periphery Syntax in Metropolitan Accra, Ghana*. *Urban Forum*, 28, 185–203. <https://doi.org/10.1007/s12132-017-9301-8>
- Palacios Alfaro, M., Quesada Araya, L. A., y Zúñiga Chacón, B. I. (2014). Dinámica periurbana. Consideraciones para su estudio en el caso costarricense. *Revista Geográfica de América Central*, 53.
- Paolasso, P. (2020). Desigualdad y fragmentación territorial en América Latina. *Journal of Latin American Geography*, 19(1), 152–162. <https://doi.org/10.1353/lag.2020.0000>
- Parra-Leal, P. V. (2023). El caso del pueblo Wayúu: El abordaje del derecho al agua en Colombia desde el estándar del Soft Law Internacional [Trabajo final de Maestría, Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83917/1010231425.2023.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Pastrana-Miranda, T., y González-Caamal, M. M. (2022). Injusticia ambiental y marginación: La falta de acceso al agua en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Territorios*, 46, 1–25. <https://doi.org/doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.9931>
- Perrault, T. (2011). Las contradicciones estructurales y sus implicaciones para la justicia hídrica: Pensamientos incompletos. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.

- Perrault, T. (2018). *The Meaning of Mining, the Memory of Water: Collective Experience as Environmental Justice*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 316-329). Cambridge University Press.
- Peña, F. (2011). Acumulación de derechos de agua en México: El poder de las élites. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Pradilla Cobos, E. (2014). *La economía y las formas urbanas en América Latina*. En B. R. Ramírez Velázquez y E. Pradilla Cobos (Coords.), *Teorías sobre la ciudad en América Latina*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial [PAOT]. (2006). *Elementos para una gestión adecuada del Suelo de Conservación del Distrito Federal*. <https://paot.org.mx/centro/paot/suelodeconservacion06.pdf>
- Ramos Bueno, A., Perevochtchikova, M. y Heejun Chang. (2021). *Socio-spatial analysis of residential water demand in Mexico City*. *Tecnología y Ciencias del Agua* 12 (2). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ISSN: 2007-2422 DOI: 10.24850/j-tyca-2021-02-02
- Ramos-Bueno, A., Galeana-Pizaña, J. M., y Perevochtchikova, M. (2024). *Urban water consumption analysis through a spatial panel modeling approach: A case study of Mexico City, 2004–2022*. *Water Supply*, 24(9), 3179–3195. <https://doi.org/10.2166/ws.2024.191>
- Ranganathan, M., y Balazs, C. (2015). *Water marginalization at the urban fringe: Environmental justice and urban political ecology across the North–South divide*. *Urban Geography*, 36(3), 403–423. <http://dx.doi.org/10.1080/02723638.2015.1005414>
- Ranganathan, M. (2014). *Paying for Pipes, Claiming Citizenship: Political Agency and Water Reforms at the Urban Periphery*. *International Journal of Urban and Regional Research*, 38(2), 590–608. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12028>
- Rojas P, J. (2011). Injusticia Hídrica en Colombia: Un esbozo. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Roth, D., Zwarteveen, M., Joy, K. J., y Kulkarni, S. (2018). *Water Governance as a Question of Justice: Politics, Rights, and Representation*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 1–32). Cambridge University Press.
- Salazar Cruz, C. E. (2024). *Comprender la vivienda desde una nueva mirada*. En C. E. Salazar Cruz (Coord.), *La vivienda: Uso, usufructo y transferencia generacional* (pp. 23–46). El Colegio de México.
- Santos Cerquera, C. (2013). Interacciones y tensiones entre la expansión urbana y el Suelo de Conservación. En *La sustentabilidad en la Ciudad de México: El suelo de Conservación en el Distrito Federal*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Schteingart, M. (1989). *Los productores del espacio habitable: Estado empresa y sociedad en la Ciudad de México*. El Colegio de México.
- Secretaría de Gestión Integral del Agua [SEGIAGUA]. (s/f). *Tarifas*. Secretaría de Gestión Integral del Agua. Recuperado de <https://segiagua.cdmx.gob.mx/atencion-usuarios/tarifas>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA]. (2016). *Suelo de Conservación*. https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Libro_Suelo_de_Conservacion.pdf
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA]. (2017). *Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-008-AMBT-2017, que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de agua pluvial en la Ciudad de México*. Gobierno de la

- Ciudad de México. <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF-008-AMBT-2017.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA]. (2024). Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Portal de Datos Abiertos de la Ciudad de México. <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/scall>
- Seven Seas News Team. (2024). Comprender la gestión del agua urbana. *Seven Seas Water Corporation*. <https://sevenseaswater.com/es/gestion-agua-urbana/>
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX]. (2012). Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de la Ciudad de México, Visión 20 Años (PGIRH-CDMX). Gobierno de la Ciudad de México. https://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/PGIRH_Final.pdf
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX]. (2018). Diagnóstico, logros y desafíos SACMEX 2018. <https://aplicaciones.sacmex.cdmx.gob.mx/libreria/biblioteca/libros/2018/diagnostico-logros-y-desafios-2018.pdf>
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX]. (2023). Portal de Transparencia. Solicitud de información pública 090173523000957 sobre consumo medido de agua y usuarios con medidor. Obtenido de Sistema de Solicitudes de Información, INFOMEX CDMX: <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/>
- Soares, D., y Salazar, H. (2017). Agua y saneamiento en zonas periurbanas. Manual de planeación participativa con enfoque de género. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <https://www.gob.mx/imta/documentos/agua-y-saneamiento-en-zonas-periurbanas-manual-de-planeacion-participativa-con-enfoque-de-genero>
- Sosa, M., y Zwartveen, M. (2011). Acumulación a través del despojo: El caso de la gran minería en Cajamarca, Perú. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwartveen (Eds.), Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Stake, R. E. (2005). Investigación con estudio de casos. Madrid, Morata.
- Stettin, C. (2022). Distribución de agua es desigual en las 16 alcaldías de la CDMX. *El Herald*. <https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2022/8/17/distribucion-de-agua-es-desigual-en-las-16-alcaldias-de-la-cdmx-431317.html>
- Stoler, J., Jepson, W., Velasco, C. A., Wutich, A., Thomson, P., Staddon, C., y Westerhoff, P. (2022). *Modular, adaptive, and decentralised water infrastructure: Promises and perils for water justice*. *Science Direct*, 57. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101202>
- Sultana, F. (2018). Water justice: Why it matters and how to achieve it. *Water International*. <https://doi.org/doi.org/10.1080/02508060.2018.1458272>
- Swyngedouw, E. (1999). Modernity and Hybridity: Nature, Regeneracionismo, and the Production of the Spanish Waterscape, 1890-1930. *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3).
- Swyngedouw, E. (2004). *Social power and the urbanization of water: Flows of Power* (G. Clark, A. Goudie, y C. Peach, Eds.). *Oxford University Press*.
- Swyngedouw, E. (2009). The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 1(142). <https://www.researchgate.net/publication/228049876> The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle

- Tomas, F. (1997). Los asentamientos populares irregulares en las periferias urbanas de América Latina (A. Azuela y F. Tomas, Coords.). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales.
- United Nations. (s/f). *Agua | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. Recuperado el 1 de junio de 2025, de <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- van den Berge, J., Rutgerd, B., y Vos, J. (2018). *Uniting Diversity to Build Europe's Right2Water Movement*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 226-245). Cambridge University Press.
- Veldwisch, G. J., y Bolding, A. (2011). Desarrollo rural y conflictos sobre el uso de agua en Mozambique. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Veldwisch, G. J., Franco, J., y Mehta, L. (2018). *Water Grabbing: Practices of Contestation and Appropriation of Water Resources in the Context of Expanding Global Capital*. En R. Boelens, T. Perrault, y J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 241 –254). Cambridge University Press.
- Vergara-Perucich, F., Fuster-Farfán, X., Rojas Rubio, I., Hidalgo Dattwyller, R., Rincón Quiroz, S., Álvarez, J. C., Alvarado Peterson, V., Meseguer Ruiz, O., y Lizana Vásquez, F. (2022). Vivienda informal y las organizaciones territoriales en América Latina. *Revista de geografía Norte Grande*, 81, 5–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000100005>
- Water and Sanitation Program y Banco Mundial. (2008). Agua y saneamiento para las zonas marginales urbanas de América Latina. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/290891468270866504/pdf/722240WSP0SPAN04B00PUBLIC00Medellin.pdf>
- We Are Water*. (s/f). ¿De qué hablamos cuándo hablamos de acceso al agua? Recuperado el 1 de junio de 2025, de <https://www.wearewater.org/es/insights/de-que-hablamos-cuando-hablamos-de-acceso-al-agua/>
- Wester, P., y Hoogesteger, J. (2011). Uso intensivo y despojo del agua subterránea: Hacia una conceptualización de los conflictos y la concentración del acceso al agua subterránea. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Wutich, A., Budds, J., Eichelberger, L., Geere, J., M. Harris, L., A. Horney, J., Jepson, W., Norman, E., O'Reilly, K., Pearson, A. L., H. Shah, S., Shinn, J., Simpson, K., Staddon, C., Stoler, J., Teodoro, M. P., y L. Young, S. (2017). *Advancing methods for research on household water insecurity: Studying entitlements and capabilities, socio-cultural dynamics, and political processes, institutions and governance*. *Water Security*, 2, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.09.001>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research*. London: Sage.
- Zwarteveen, M., y Boelens, R. (2011a). La investigación interdisciplinaria referente a la temática de «justicia hídrica»: Unas aproximaciones conceptuales. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.
- Zwarteveen, M., y Boelens, R. (2011b). Justicia Hídrica: Algunas reflexiones. En R. Boelens, L. Cremers, y M. Zwarteveen (Eds.), *Justicia hídrica: Acumulación, conflicto y acción social*. IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica.