



METABOLISMO DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA CIUDAD DE TOLUCA, MÉXICO

Metabolism of Water Management in the City of Toluca, Mexico

María Estela Orozco-Hernández

Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-7742>

E-mail: eorozcoh61@hotmail.com

Arturo Venancio-Flores

Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8149-8247>

E-mail: arturo_venancio@hotmail.com

Socorro Flores Gutiérrez

Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3652-7459>

E-mail: socorro.flores@iecrimt.org.mx

Trabalho enviado em 26 de fevereiro de 2022 e aceito em 01 de abril de 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Rev. Dir. Cid., Rio de Janeiro, Vol. 14, N.02., 2022, p. 1201-1230.

María Estela Orozco-Hernández, Arturo Venancio-Flores e Socorro Flores Gutiérrez

DOI: [10.12957/rdc.2022.65660](https://doi.org/10.12957/rdc.2022.65660) | ISSN 2317-7721

RESUMEN

El estudio analiza el metabolismo de la gestión del agua en la ciudad de Toluca por medio de un procedimiento deductivo-inductivo consta de registros estadísticos y administrativos, informes técnicos, ordenanzas, literatura, cartografía, observación y diálogo con autoridades y usuarios. Examina la jerarquía de los mecanismos de apropiación de los recursos hídricos, el entorno urbano y el acceso al agua, la gestión del agua de uso público y la asequibilidad de los servicios de agua potable y drenaje. El déficit de agua disponible, el aumento de la población, la pobreza urbana, la expansión urbana y los costos operativos determinan la vulnerabilidad hidrosocial en la ciudad de Toluca. Las prácticas sociales caracterizan fisuras de planificación y operación, atención deficiente, acuerdos informales y conflictos por el agua. El consumo normalizado promedio alto, el nivel de ingresos, las tasas de recaudación y los descuentos establecen los umbrales para la dotación intermitente, la asequibilidad económica y la inaccesibilidad al agua. La seguridad hídrica exige límites a la urbanización anárquica; legislar la previsión integrada del agua: disponibilidad, capacidad de infraestructura, demanda real y potencial, dotación adecuada al contexto local, incentivos al consumo medidos, estrategias de ahorro y conservación, atención a las brechas de acceso.

Palabras clave: metabolismo social; gestión; acceso; asequibilidad; agua potable.

ABSTRACT

The study analyzes the metabolism of water management in the city of Toluca through a deductive-inductive procedure consisting of statistical and administrative records, technical reports, ordinances, literature, cartography, observation and dialogue with authorities and users. It examines the hierarchy of mechanisms for the appropriation of water resources, urban environment and access to water, the management of water for public use and the affordability of drinking water and drainage services. The deficit of available water, the increase in population, urban poverty, urban expansion, and operating costs determine the hydrosocial vulnerability in the city of Toluca. Social practices characterize planning and operational fissures, poor care, informal agreements, and conflicts over water. High average normalized consumption, income level, collection rates and discounts set thresholds for intermittent endowment, economic affordability, and water inaccessibility. Water security requires limits to anarchic urbanization; legislate integrated water forecasting: availability, infrastructure capacity, real and potential demand, adequate endowment to the local context, measured consumption incentives, savings and conservation strategies, attention to access gaps.

Keywords: social metabolism; management; access; affordability; drinking water.



INTRODUCCIÓN

La agenda mundial suscribe la gestión sostenible del acceso al agua para todos, toda persona contará con agua potable en cantidad y calidad necesaria, accesible y económicamente asequible (CNDH, 2014). La investigación problematiza la disponibilidad, acceso y asequibilidad frente a la demanda y déficit de agua para consumo humano. La comprensión celular define el metabolismo como un conjunto de reacciones causadas por los procesos de control metabólicos (Peinado, 2001). La comprensión social concilia las escalas urbanas y rurales que delimitan espacialmente los procesos metabólicos organizados por las instituciones, las reglas de acceso, el poder político, la fiscalidad y la familia a través de acciones de apropiación, transformación, circulación, consumo y excreción (Toledo, 2013). El análisis metabólico requiere entender la influencia de las fuerzas políticas, económicas, sociales y culturales, los conflictos de la gestión, la cantidad y la dirección de los flujos de agua y los actores implicados (Arahuetes, 2017). Se coincide en que los valores atribuidos al recurso hídrico, tales como bien común, bien público o mercancía distinguen las dinámicas de los procesos sociales que ejercen el control metabólico en los espacios de intervención hídrica (Inostroza, 2014; Luna, 2017). Las experiencias documentan el carácter geopolítico de la gestión hídrica en los ámbitos nacionales e internacionales, la carencia de agua en las metrópolis de América latina y el Caribe, la región Centroamericana, identifican a México, Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay como ejemplo, de la inadecuada distribución y el uso del agua. Procopio (2010) sostiene que las acciones de los agentes que tienen el control de las fuentes de abastecimiento, la pobreza, la desigualdad de los usos y la escasez aumentan los riesgos de conflicto, la vulnerabilidad y la inseguridad hídrica local, regional e internacional. Sin embargo, en un contexto de cambios y adecuaciones de los marcos regulatorios, la apropiación antecede al control metabólico de los recursos hídricos. Torres, 2011) concibe la apropiación como el acto instituyente de la adquisición, la posesión y la disposición de bienes por derecho o propiedad, la apropiación de bienes escasos, como los recursos hídricos lleva a conflictos sociales. La perspectiva del estado nacional resalta la expresión territorial de la apropiación del agua por derecho que distingue la estructura institucional que regula los sistemas de aprovechamiento de los recursos hídricos. Los estudios comparativos afirman poco conocimiento y sistematización de las dinámicas a nivel local, proponen abordar este nivel para identificar los puntos críticos y construir tipología para el diseño e implementación de políticas integradas que aseguren los usos intersectoriales del agua y la protección del ambiente natural (Jouravlev et al, 2021).



ANTECEDENTES

Los estudios precedentes muestran, que no existe un modelo único de gestión hídrica, el peso de los factores, los mecanismos de apropiación y los conflictos por el agua varían de acuerdo con el contexto y la escala de aproximación. Ávila (2002), Sainz y Becerra (2003), Audefroy y Aceves (2006), Álvarez (2006), De Alba (2007) y Peña (2007) identifican el carácter multifactorial de la conflictividad hídrica, sobresalen las discordancias de la mercantilización y el derecho al agua, el aumento de la población urbana, los megaproyectos de trasvase, la sobreexplotación de los acuíferos, el balance negativo demanda-disponibilidad, despojo de pozos, contaminación, inoperancia de normas ambientales, inaccesibilidad y rechazo a las tarifas de cobro. Delgado (2016) describe la gestión extractiva para el valle de México, el agua proviene de las cuencas del alto río Lerma y el río Cutzamala en el Estado de México, la cuenca del río Tula en Hidalgo recibe agua residual y de lluvias. La presión demográfica y la demanda impulsan la intervención de los ríos Tecolutla, Hidalgo, Amacuzac, Morelos y Temascaltepec, Estado de México. Venancio; Bernal, Orozco y Álvarez (2020) abordan la subcuenca Valle de Bravo-Amanalco que forma parte de la cuenca del río Cutzamala, exporta agua a las ciudades de México y Toluca-. Las aguas represadas, desviadas y conducidas a través del Sistema Hidráulico Cutzamala -presas, potabilizadoras y red de gran calado- depende de las concesiones otorgadas por el gobierno federal, la distribución del agua en el ámbito urbano depende de las decisiones de las empresas privadas y los organismos municipales. La desvinculación de las necesidades de las etnias, productores agroforestales y usuarios urbanos provoca conflictos distributivos en áreas de producción y consumo de agua. García y Hernández (2020) en las periferias urbanas identifican la permisibilidad e indiferencia de las autoridades ante la ocupación irregular de suelo y la exclusión de los servicios agua potable y drenaje. La gestión del agua está determinada por las necesidades de los habitantes, los intereses de los grupos de poder y el discurso político que exacerba el estrés hidrosocial. Campuzano (2019) describe la gestión de los comités independientes de agua potable en el municipio de Toluca, este tipo de organizaciones están regidas por las reglas consuetudinarias, las decisiones se toman en asamblea, sin intervención de autoridades operan, manejan y distribuyen agua, los comités conectados al sistema Cutzamala tienen relación con el gobierno federal, la organización comunitaria controla la escasez por medio de la distribución alternativa del agua -tandeo-, las buenas prácticas de administración identifican al comité de San Felipe Tlamimilolpan. El estudio de Cadena y Salgado (2015) afirma que el comité de San Felipe Tlamimilolpan, forma parte de una red con diversidad de configuraciones que surgen como espacios de conflicto de intereses, aislamiento, hermetismo, desconfianza e irrespeto a la autoridad. Adolece de algunas capacidades organizativas y de fragilidad que dificultan la gestión hídrica, lo cual pone en riesgo su estabilidad.



MÉTODOS Y MATERIALES

El diseño deductivo-inductivo partió de la interrogante de la investigación, la cual plantea analizar ¿Cómo se articula el metabolismo de la gestión del agua en la ciudad de Toluca? El metabolismo social sitúa los principios cognitivos de la gestión a través los mecanismos y las prácticas de los agentes para producir, distribuir, usar y evacuar el agua servida. El procedimiento se basó en el procesamiento de datos de los censos de población y vivienda y del organismo municipal de agua potables y drenaje (AyST, 2020), reportes administrativos y técnicos, literatura y ordenamientos. El análisis consta de técnicas estadísticas y cartográficas, dialogo con autoridades y usuarios seleccionados, y la construcción de escenarios. La selección de los usuarios se determinó bajo procedimientos cualitativos atendiendo a la disposición para compartir datos, documentos sobre los pagos por servicios de agua potable y drenaje, y las opiniones. El análisis de la asequibilidad de agua potable y drenaje consistió en la comparación de tarifas oficiales, información de dos funcionarios públicos, dialogo con cuatro usuarios en área de agua programado, un usuario con dotación ininterrumpida y verificación de comprobantes de pago. El área de estudio se delimitó con el marco geoestadístico urbano (INEGI 2020), el índice de acceso al agua se calculó mediante el método de componentes principales y técnicas de estratificación de viviendas habitadas, con energía eléctrica; agua entubada y abastecidas del servicio público, disponen de drenaje, excusado o sanitario. Los escenarios de producción, dotación y consumo con datos de extracción de agua subterránea, abastecimiento del sistema Cutzamala (AyST, 2019), población total, ocupantes promedio en las viviendas habitadas, volumen total introducido a la red de agua potable, dotación de agua/número de habitantes, el consumo descuenta pérdidas en la conducción.

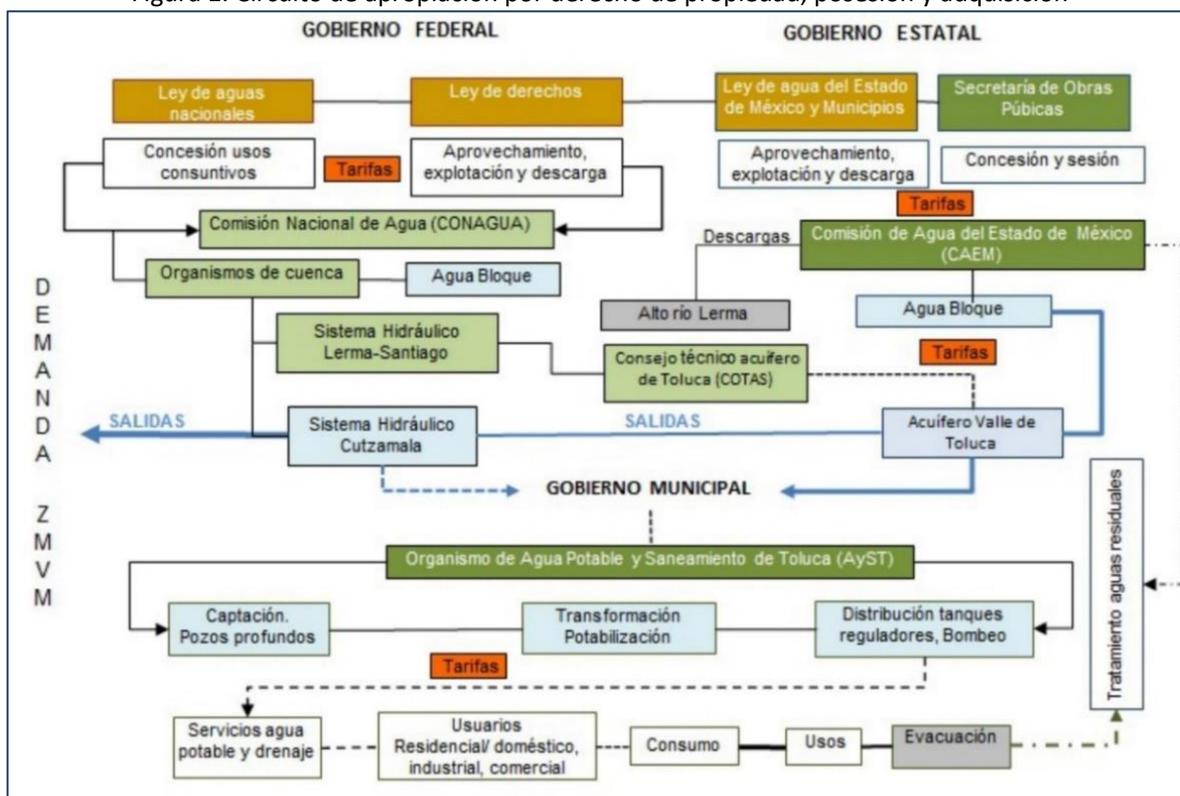
MECANISMOS DE APROPIACIÓN DEL AGUA

En la región de América Latina y el Caribe (ALC), destaca el dominio público del agua, los derechos del agua están protegidos por las constituciones nacionales, estatales o municipales. Los derechos se otorgan bajo el supuesto de que la participación social incentiva la inversión, la conservación del recurso hídrico y previene el malestar social. Los derechos al agua como activo de propiedad se relacionan con la disponibilidad del recurso, la venta de estos derechos representa ventajas estratégicas para controlar un insumo vital en el ámbito del mercado y las prácticas corporativas. La asignación original del agua con frecuencia se reemplaza por la resignación o las transferencias a medida que aumenta la demanda y las fuentes se agotan (Jouravlev et al, 2021). En la ciudad de Toluca la gestión hídrica descentralizada identifica distintos niveles de decisión que regulan el aprovechamiento de las cuencas Lerma y Cutzamala, Estado de México. La constitución nacional



dispone que los recursos hídricos son bienes públicos por derecho pertenecen a la nación, las implicaciones políticas, económicas y regulatorias tienen antecedente en los noventa. El gobierno federal realizó cambios normativos, delegó autoridad a los municipios e instituyó las concesiones para el sector privado y social (De Alba, 2007) (Figura 1).

Figura 1. Circuito de apropiación por derecho de propiedad, posesión y adquisición

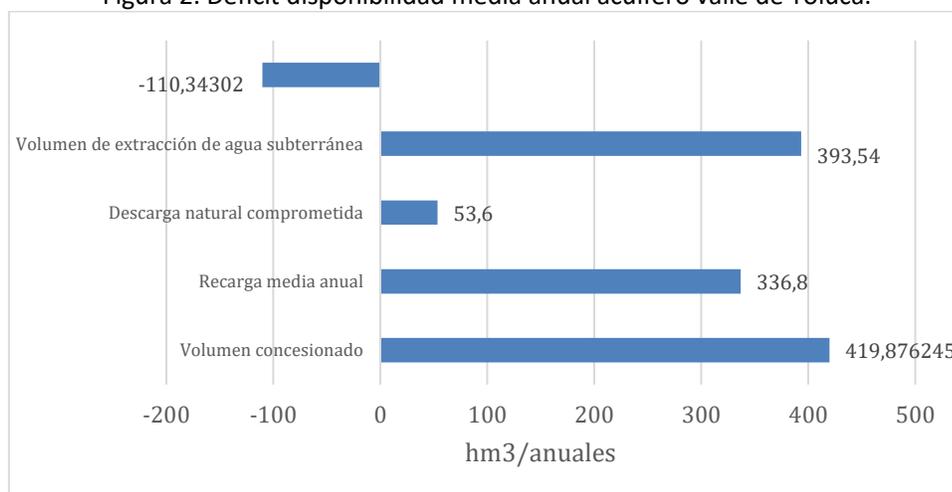


Elaboración propia

Las atribuciones del gobierno federal para decidir cómo se aprovecha el agua tienen fundamento en la Ley de Aguas Nacionales y la Comisión Nacional del Agua (CNA), por medio de organismos de cuenca concede agua en bloque para usos consuntivos: público, riego, industria, termoeléctricas y no consuntivos, conservación ecológica e hidroeléctricas, las concesiones se inscriben en el registro de derechos de agua (REDPA). La Ley Federal de Derechos establece cuotas para aprovechar las aguas nacionales, los ingresos destinados para obras hidráulicas y servicios ambientales (EUM, 1981, art. 223). La reforma 2009 de esta ley ubicó las zonas de disponibilidad por entidad y municipio, Toluca zona 2, tarifa de aguas superficiales o extraídas del subsuelo, \$14.6310 pesos/m³. La reforma 2021 establece zonas de disponibilidad de agua superficial por cuenca y disponibilidad relativa, las aguas subterráneas se determinan con el índice de disponibilidad (Idas), el cual integra la disponibilidad media anual hidrogeológica, la recarga media anual y la descarga natural

comprometida. El comité técnico del acuífero de Toluca (AT) reconoce que se extraen cuatrocientos treinta millones de metros cúbicos (m³) de agua al año, 30% para usos agrícola, industrial y de servicios, 70% uso urbano, suministra 10m³/s a la ciudad de México, 4.8m³/s a los municipios conurbanos, ciudad de Toluca 1.256 m³/s. El acuífero presenta abatimiento promedio 24mts, algunas zonas 30mts (Ríos, 2019), las áreas sobreexplotadas se distribuyen del centro de Toluca, hasta el cerro de las Cruces límite con la cuenca de México. La recarga media anual total, menos la descarga natural comprometida y el volumen de extracción, indica déficit en la disponibilidad media anual -110.34302 hm³ o -110,343,020 m³, este déficit representa el volumen extraído a costa del almacenamiento no renovable, no existe agua disponible para nuevas concesiones (Figura 2).

Figura 2. Déficit disponibilidad media anual acuífero valle de Toluca.



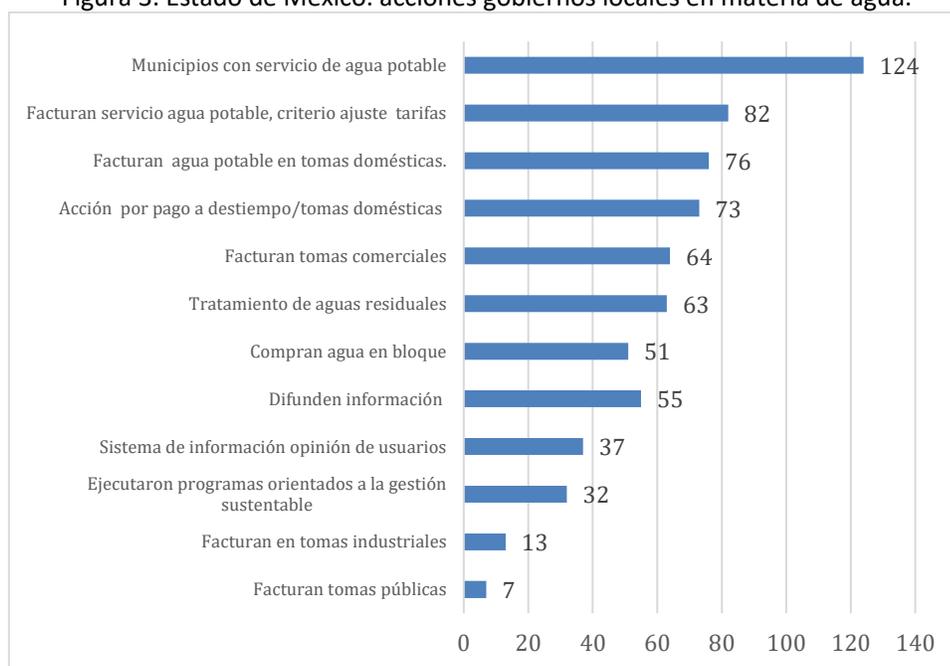
Elaboración propia, CONAGUA, 2020

En la cuarta etapa de intervención el sistema hidráulico Cutzamala (SHC) enfrenta la oposición social para evitar la conducción de agua del río Temascaltepec, Estado de México. El SHC suministra agua complementaria de las necesidades de Toluca, 0.8 m³/por segundo (800 l/s), la zona metropolitana de ciudad de México recibe 14.8 m³/segundo. La Ley de aguas estatal regula el pago de derechos por servicios públicos, tratamiento, reúso y evacuación de aguas de su competencia (GEM, 2013). La Secretaría de Obra Pública suscribe convenios y concesiones con personas físicas o morales para explotar, operar y prestar servicios de agua por tiempo determinado. La Comisión de Agua del Estado de México (CAEM) provee agua en bloque a los municipios, comunidades, núcleos de población, organismos municipales, desarrollos habitacionales y a los particulares, los costos entre 5.59 y 12.03 pesos/m³ (CAEM, 2011). El organismo municipal entrega agua en bloque a los conjuntos habitacionales, empresas industriales, comerciales o prestadores de servicios. Menos de un tercio de los ayuntamientos difunde información de tarifas; infraestructura; estados financieros;

subsidios; calidad del agua; eficiencia, pocos ejecutan programas de gestión hídrica sustentable. El agua para consumo humano cuenta con subsidios, precio base 12.0 pesos/m³, subsidio federal 18.3%, estatal 12.8%, costo de la oferta municipal 8.55 pesos/m³; para los usuarios 1.0 a 3.0 pesos/m³, solo 35% paga el agua (GEM, 2000).

Hansen et al (2005) afirman que las tarifas no cubren los gastos de operación, las ineficiencias de medición, facturación y cobranza ocasionan mantenimiento deficiente, poca capacidad de prevención, detección y reparación de fugas (Figura 3).

Figura 3. Estado de México: acciones gobiernos locales en materia de agua.



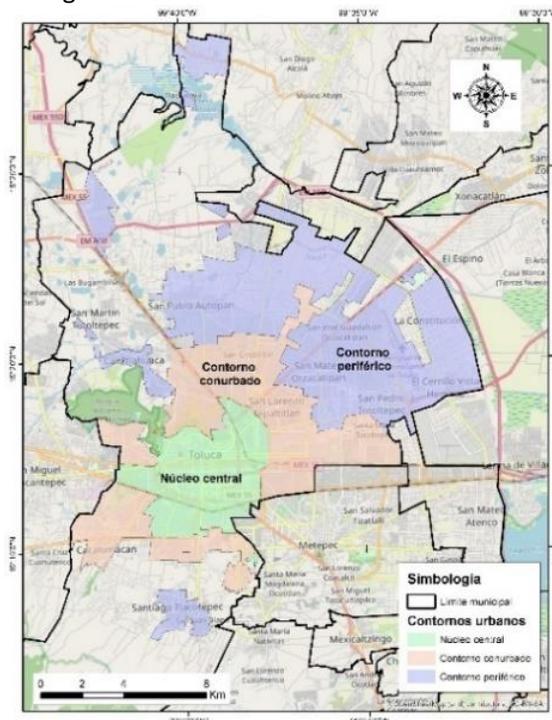
Elaboración propia, INEGI, 2017.

ÁMBITO URBANO Y ACCESO AL AGUA

La zona metropolitana de Toluca integra veintidós municipios, ocupa la quinta posición en el el país, congrega 2,353,924 habitantes, superficie 2410.5 km², densidad 977 hab-km². La superficie del acuífero del valle de Toluca (AVT) abarca 89% de la superficie metropolitana, el municipio de Toluca con 426.85km² ocupa 20% de la superficie del acuífero, densidad 2,133.32 hab-km². La demarcación de la ciudad de Toluca configura el primer contorno con la localidad Toluca de Lerdo, la cual caracteriza consolidación urbana. El contorno conurbado-funcional agrupa veintiún localidades que mantienen contacto físico y/o funcional con Toluca de Lerdo. El contorno periférico con treinta y uno establece relaciones económicas y laborales con la ciudad de

México. La ciudad de Toluca experimenta crecimiento demográfico en ascenso, 435,125 (2000); 489,333 (2010); 521,554 (2015), 869,426 (2020). (Figura 4).

Figura 4. Contornos de la ciudad de Toluca



Elaboración propia, INEGI, 2020

Toluca de Lerdo, con cincuenta y dos localidades urbanas, agrupa 70.9% de la población y 68.4% de las viviendas habitadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Población y viviendas habitadas, municipio Toluca

Categoría	No.			Viviendas habitadas	
	Localidades	Población	%	habitadas	%
Toluca de Lerdo	1	223,876	24.6	66,037	27.5
Contorno conurbado-funcional	21	342,414	37.6	87,143	36.3
Contorno periférico	31	303,136	33.3	76,957	32.1
Subtotal	53	869,426	95.5	230,137	96.0
Rurales	44	38,783	4.3	9,542	4.0
Rurales sin polígono	15	2,399	0.3	55	0.02
Municipio	112	910,608	100.0	239,734	100.0

Elaboración propia, INEGI, 2020

A partir de los sesenta el crecimiento urbano se expandió al este, noreste y norte, en los noventa al oeste, sur y suroeste. La expansión urbana en ambos sentidos caracteriza la mezcla de áreas de cultivo,

segmentos urbanos dispersos y contiguos al aeropuerto y zona industrial, vialidades Toluca-Naucalpan y México-Toluca. El uso de suelo habitacional, comercial y de servicios. La densidad de la población (habitante/hectárea) define el tamaño medio de los predios, centro 115 m² y periferia 370 m² (Figuras 5, 6).

Figura 5. Densidad urbana (hab/ha)

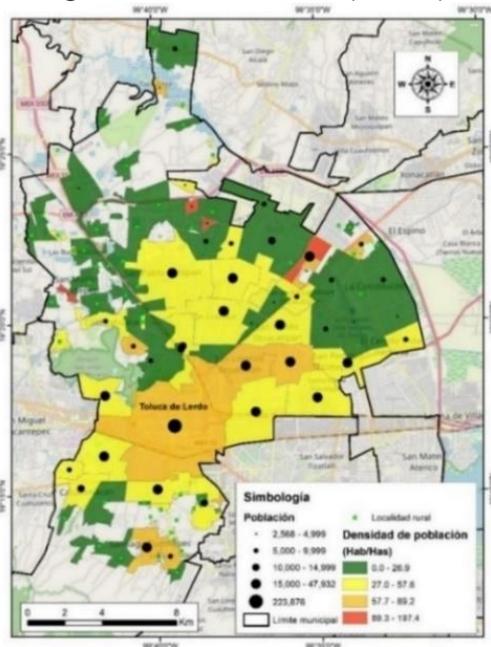
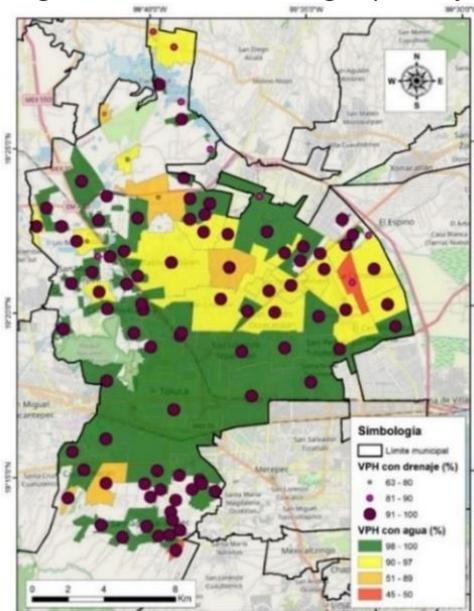


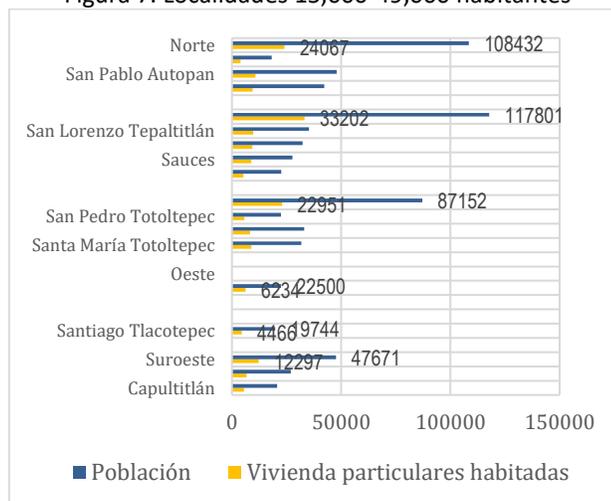
Figura 6. % Viviendas con agua y drenaje



Elaboración propia con INEGI, 2020.

Toluca de Lerdo y el contorno conurbado-funcional presentan coberturas de disponibilidad de agua cerca de 100%, la periferia 90%-97%, segmentos dispersos 50%-81%, el drenaje 91% y 100%. Catorce centros urbanos entre 15,000 y 49,000 habitantes afianzan el crecimiento y la presión hídrica. (Figura 7).

Figura 7. Localidades 15,000-49,000 habitantes



Elaboración propia

La marginación en grado alto y muy alto en las áreas periféricas, segmentos urbanos de estratos variados y Toluca de Lerdo, muy baja, baja y media. La población urbana en pobreza por ingresos 30% y 50% (CONEVAL, 2015), la población ocupada 569,289, la mitad recibe uno y dos salarios, \$123.22 pesos m/n/día, \$3,696.6 pesos m/n/mes (INEGI, 2020). La presión demográfica, la marginación y la pobreza contradicen la disponibilidad de agua, la verificación de la cobertura llevó a la construcción del índice de acceso al agua.

4. ÍNDICE DE ACCESO AL AGUA (IAA)

La accesibilidad representa el porcentaje de población con acceso a una fuente de agua segura, conexión domiciliaria, pozos y otras fuentes públicas (OMS, 2011). El índice incorpora las viviendas habitadas y las variantes con servicios de agua y drenaje en áreas geoestadísticas básica urbanas. La pertinencia se determinó a través de la varianza total explicada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cálculos de la varianza

Componente		Autovalores iniciales ^a			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
		Total	% varianza	% acumulado	Total	% varianza	% acumulado
Puro	1	5.752	95.872	95.872	5.752	95.872	95.872
	2	.188	3.135	99.007			
	3	.056	.930	99.937			
	4	.003	.056	99.993			
	5	.000	.006	99.999			
	6	7.418E-5	.001	100.000			
Re escal ado	1	5.752	95.872	95.872	5.752	95.872	95.872
	2	.188	3.135	99.007			
	3	.056	.930	99.937			
	4	.003	.056	99.993			
	5	.000	.006	99.999			
	6	7.418E-5	.001	100.000			

a. Análisis de covarianza: autovalores iniciales son los mismos en las soluciones re escalada y pura.
Elaboración propia

Los primeros factores explican 99.937% de la varianza, las variables elegidas pertinentes para el índice que explica la multidimensionalidad del fenómeno en estudio y se aplicó un factor de ponderación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Matriz de coeficiente de puntuación de componente ^a

	Componente 1
Puntuación Z(VIVTOT)	.169
Puntuación Z(TVIVHAB)	.173
Puntuación Z(VPH_C_ELEC)	.173



Puntuación Z(VPH_AEASP)	.160
Puntuación Z(VPH_EXCSA)	.173
Puntuación Z(VPH_DRENAJ)	.173

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. Puntuaciones de componente.

a. Los coeficientes se han estandarizado.

Elaboración propia

La estratificación se definió a través de la técnica de Palacio-Prieto et al. (2004) (Cuadro 4).

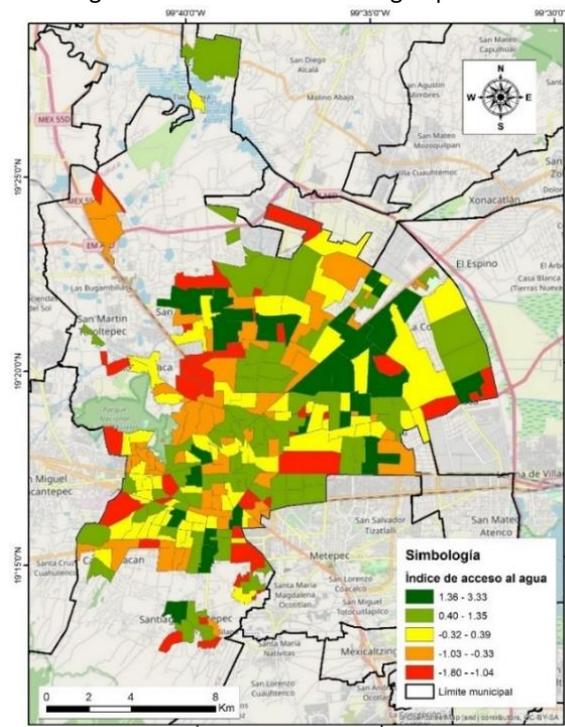
Cuadro 4. Cálculos de estratificación

Estratos	Límite mínimo	Límite máximo	Grado de acceso al agua	Frecuencia	%
Estrato 1	-1.8000	-0.7740	Muy Bajo	65	24
Estrato 2	-0.7740	-0.0900	Bajo	76	28
Estrato 3	-0.0900	0.5940	Medio	51	19
Estrato 4	0.5940	1.2780	Alto	51	19
Estrato 5	1.2780	3.3300	Muy Alto	29	11
			Total	272	100

Elaboración propia.

El patrón espacial identifica cinco grupos de acceso al agua, el estrato muy bajo y bajo 24% y 28% respectivamente, localizados en la periferia en coexistencia con áreas agrícolas y pastizales. (Figura 8).

Figura 8. Índice de acceso al agua potable



Elaboración propia

El segmento medio y alto en ambos casos 19%, identifica zonas con suministro regular de agua, la transición rural a urbana exhibe economías de localización: conjuntos urbanos habitacionales, comerciales y de servicios que por acuerdos administrativos disponen de agua ininterrumpido. El estrato muy alto 11% conformado por viviendas unifamiliares en áreas urbanas consolidadas, el índice de acceso al agua identifica diferencias de atención, negociaciones y acuerdos informales para acceder al agua, la situación se verifica en el conjunto Galaxia, la localidad El Panteón, el cerro la Teresona con pendientes de 3 a 5 grados, el Barrio los Cipreses, Barrio la Peñita, Santiago Tlaxomulco, Barrio San Marcos, Rancho los Uribe y La Vega.

GESTIÓN MUNICIPAL DEL AGUA DE USO PÚBLICO

El ayuntamiento opera por medio del organismo descentralizado agua y saneamiento de Toluca (AyST), el cual tiene carácter no lucrativo, desempeña funciones de gestión técnica y conservación, asesoría para dotar agua a los desarrollos urbanos nuevos (GEM, 1980). Concesiona agua en bloque, proporciona servicios de agua potable y recauda ingresos, cuenta con 966 personas, gerentes y directivos, 5%; administrativos, 32%; operativos, 63%. El sistema de captación conforma 97 pozos, zona urbana 25%, conurbada 29%, periférica 46%, los comités independientes gestionan 29 pozos en área urbana (Figuras 9, 10).

Figura 9. Pozos volumen promedio extraído mensual, miles m³

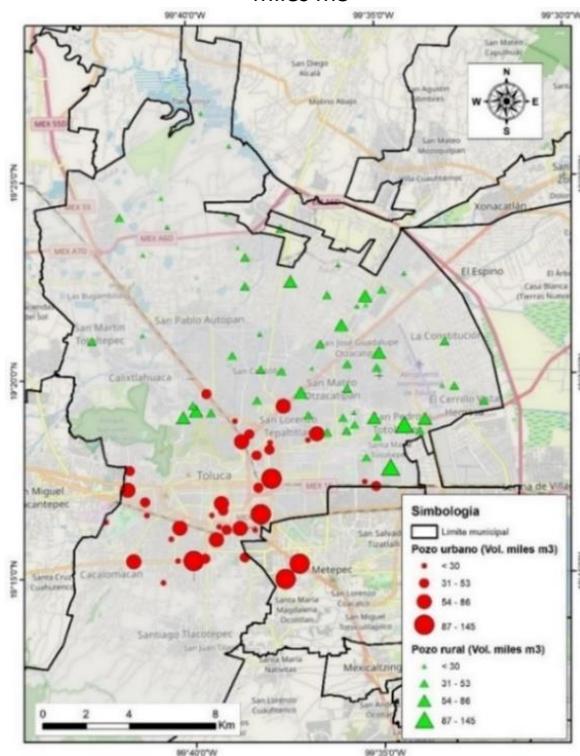
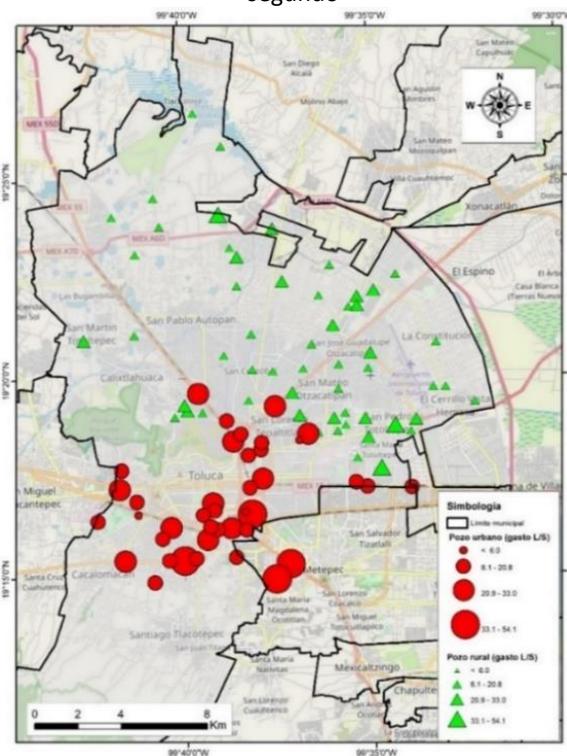


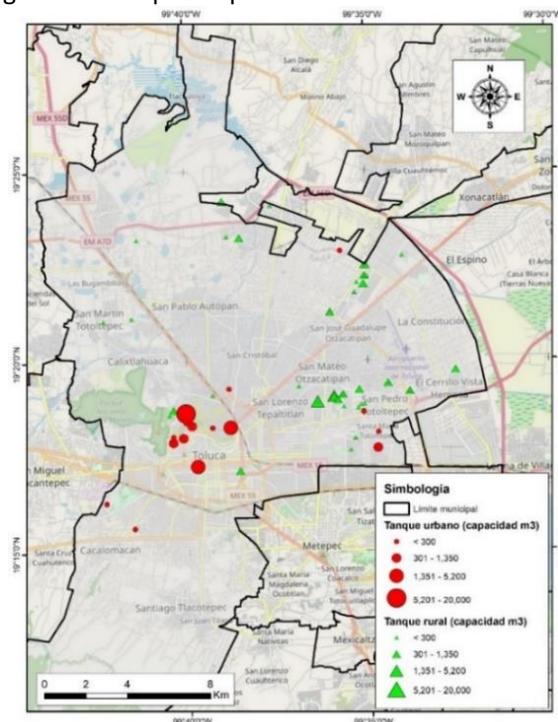
Figura 10. Pozos gasto promedio mensual en litros por segundo



Elaboración propia, AyST-Toluca, 2020

La mayoría de los pozos (98%) cuenta con medidor, el agua servida se descarga sin tratamiento en receptores municipales y el río Lerma (INEGI, 2017), este río recibe aguas residuales municipales e industriales de la zona metropolitana de Toluca. El agua de los pozos y la red de distribución se analiza por medio de pruebas bacteriológicas y de cloración residual, la calidad del agua se reporta dentro de los límites para consumo humano (AyST,2019). La capacidad de los pozos estima 70%, el volumen de extracción en los meses enero a marzo 2020, indica que el área urbana y el contorno conurbado concentran mayor número de pozos con índice de extracción y gasto promedio mensual altos (AyST-Toluca, 2020). La distribución del agua potable se realiza por medio de ochenta y uno tanques de regulación, tanque elevado 43%, tanque superficial 28%; cisterna 29%, el rebombeo aplica en tanques y cisternas, se aprovecha la presión del agua en las zonas altas por 24 horas/día. El tanque La Teresona con la mayor capacidad, 20,000 m³, El Calvario, 3,700 y Lomas Altas, 5,500. Tanques 1,000 m³-1,800 m³ cerro de Coatepec, Tlaxomulco, Agustín Millán, Geo villas Independencia y Apinahuizco, la red de distribución presenta tasas de conservación entre 60% y 70% (Figura 11).

Figura 11. Tanques capacidad de almacenamiento m³



Elaboración propia, AyST-Toluca, 2020

PRODUCCIÓN, DOTACIÓN, CONSUMO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El perfil tiene carácter indicativo se construye acudiendo a distintas fuentes de información y suponiendo una distribución equitativa de agua. El análisis muestra que ingresa mayor volumen de agua al



sistema de agua potable (20,833.15 m³/día), descuenta 30% (48,076.5 m³/día) de pérdidas en la conducción (AyST, 2019). La dotación municipal estima la relación producción litros al día/población (CONAGUA, 2015, INEGI, 2020), dotación 195 l/habitante/día, menos las perdidas, consumo 136.5 l/habitante/día. Con los habitantes promedio 3.7, dotación familiar 721.5 l/día y consumo 505.0 l/día (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción y dotación de agua

A	B	C	D	E	F	G	
Total: producción de agua introducida m ³ /s	Total: agua introducida a litros/s	Total: agua (estimada) m ³ /s/24 horas	Total: agua (estimada) litros/s/ 24 horas	% pérdidas de agua en red m ³	Pérdida estima de agua en red litros	Total: agua sustrayendo 30% de pérdidas litros/24 horas	
2.056	2,056	177,638.4	177,638,400	53291.52	53,291,520	124,346,880	
H	D/H	G/H	I	D/H*I	G/H* I		
Población municipal, 2020	Dotación l/hab/día	Consumo l/hab/día	Ocupantes promedio	Dotación doméstica l/día	Consumo doméstico l/día	Dotación doméstica m ³ /mes	Consumo domestico m ³ /mes
910,608	195	136.5	3.7	721.5	505.05	21.645	15.15

Elaboración propia, AyST,2019, INEGI 2020. Conversión L=m³/ 0.0010000

Los datos 2015 indican que la producción de agua fue de 160, 255 m³/día o 160,255,000 l/día, estima un incremento de 11% entre 2015-2019 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estimación de la producción de agua

Producidos m ³ /día	160,255
Costo de operación pesos/día	637,814
Producidos m ³ /año	58,499,973
Costo de operación pesos/año	232,802, 032
	(160,255/637,814) X
Tasa de costo m ³	100=25.1256 m ³

Fuente: CONAGUA, 2015, p. 60

El municipio contaba 873 536 habitantes, dotación promedio per cápita 183 l//día, menos las perdidas, consumo 128 l//día. Por cada 100 pesos invertidos se producen 25.1256 m³/día, costo 3.98 pesos/m³, máximo explotable 1,855 litros/segundo. Ambos escenarios advierten incertidumbre sobre la distribución, el consumo y las pérdidas de agua en la conducción. El tratamiento de aguas residuales atiende las necesidades del valle de Toluca, conformado por veintidós municipios, entre ellos Toluca. Las aguas desechadas se tratan en la planta Toluca Norte con capacidad de 1, 250 litros/segundo, caudal 1, 200 l/s, cuerpo receptor sin nombre. La planta



Toluca Oriente 1,000 litros/segundo, caudal 891.0 l/s, ambas plantas tratan 99.7% del volumen mensual de agua servida regional. El agua tratada no tiene reúso se descarga en el río Lerma y en los colectores municipales, esta agua de retorno aguas abajo se utiliza para riego agrícola, en las inmediaciones de la entidad y otras entidades hasta desembocar en el océano pacífico (Cuadro 7).

Cuadro 7. Plantas tratadoras de aguas residuales

Localidad	Año	Nivel de tratamiento	Proceso	Habitantes Beneficiados	Capacidad l/seg	Caudal OP l/seg	Volumen m3/mes
Toluca Norte	Toluca	1994	Secundario	Biofiltros lodos activados y desinfección	736,726	1,250	1,029 2,756,074
Toluca Oriente	Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco	1994	Secundario	Lodos activados y desinfección	336,191	1000	937 2,509,661
Subtotal					1,072,917	2,250	1,966 5,265,735
Otras plantas Alto río Lerma.	2005-2009	Secundario	Reactor anaerobio, Lodos activados, Laguna de estabilización	3,000	23	6	16,070
					1,075,917	2,273	1,972 5,281,805

Elaboración propia, CONAGUA, 2014; CAEM, 2015.

La inversión se verificó del programa federal de incentivos para operar plantas de tratamiento de aguas residuales (PROSAM). La entidad recibió 30,000,000 pesos/MN, las plantas Toluca Norte y Oriente captaron 82%, el subsidio cubrió 60% del costo de agua tratada, estima 1.34 pesos/m3 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Desgloses incentivos PROSAM

Capacidad l/seg	Volumen m3/año		Calidad de agua mg/l				Apoyo PROSAM		Inversión
			Entrada		Salida		volumen m/3	Pesos/Mn	
	Influyente	Efluyente	DB O5	SST	DBO5	SST			Efluente
Toluca Norte 1,250	29,959,200	29,959,200	300	275	30	40	17,975,520	13,444,704	1.34
Toluca Oriente 1000	24,598,080	24,598,080	215	150	30	40	14,758,848	11,038,887	1.34
Total 2,250	54,557,280	54,557,280					31,734,368	24,483,591	1.34

Elaboración propia, CONAGUA, 2016.



El subsidio cubre eventualmente el tratamiento de aguas residuales, la cobertura total a precios de subsidio requería \$73,106,755.2 pesos mexicanos, el costo real asciende a \$163,671,840 o tres pesos/m3.

ASEQUIBILIDAD DE AGUA POTABLE Y DRENAJE

La asequibilidad comprende costos de conexión y adquisición, la población conectada a la red de distribución pagará la tarifa del proveedor (OMS, 2011). El organismo municipal abastece usuarios industriales, comercial y de servicios, la toma de agua define al usuario doméstico/residencial. Los usuarios no tienen previsión del suministro y consumo de agua, en las viviendas prevalece el tinaco como dispositivo de almacenamiento, 70% y 92%; lavadora 60% y 77%, cisterna 11% a 37% (INEGI, 2020).

Las tarifas de agua potable se basan en el usuario doméstico/residencial de consumo alto, 30 m3/mes -30,000 l/mes; 1000 l/día, la tarifa fija cubre gastos de medición, facturación y cobranza, la tarifa de consumo alto se incrementa 8 y 11 pesos/m3 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparativo tarifas pesos/m3

Municipio	Industrial	Comercial	Doméstico
Toluca	20.2	20.2	10.8
Naucalpan	33.1	31.6	19.1
Atizapán	36.7	36.7	18.5

Tarifas de agua potable y saneamiento (pesos por metro cúbico)						
Uso doméstico residencial				Uso doméstico popular		
Municipio	Cargo fijo total	Cuota		Cargo fijo total	Cuota	
		menos cargo fijo total	Cuota solo drenaje y/o saneamiento		menos cargo fijo total	Cuota drenaje y/o saneamiento
Toluca	2.7	8.2	2	2.9	8	2.2
Naucalpan	4.4	14.8	1.8	2.5	8.9	1.2
Atizapán	2.8	15.7	2	2.4	12	2

Elaboración propia, CONAGUA, 2015. Base de 30m3/mes o 30,000 litros

La gaceta de gobierno publica la cuota fija de agua potable y drenaje¹, cuando el inmueble no corresponde al contexto social, la autoridad lo reclasifica con el valor catastral. El drenaje paga 20% de la cuota fija de agua, la recaudación se utiliza para saneamiento hídrico. Los usuarios autoabastecidos y conectados al drenaje deben reportar el agua recibida, extraída y el agua residual descargada, pagan por drenaje y alcantarillado, 20% la cuota fija. El organismo municipal ofrece descuentos para grupos vulnerables² (AyST,

¹Recepción, tratamiento y disposición de aguas residuales.

²Pensionados, jubilados, personas con discapacidad, viudos o viudas sin ingresos fijos, adultos mayores y personas con ingresos igual o menor a tres salarios mínimos.



2021). La verificación de una toma de interés Social y Popular "B", reclasificada de interés Social y Popular "C", sin medidor, toma 13 milímetros, con cisterna, recibe agua programada, bonificación por intermitencia y pago anual anticipado. El acercamiento en profundidad muestra incremento de la tarifa fija 2015-2021, 24%, la bonificación se oferta pago anual anticipado (8%), cumplimiento (4%), intermitencia 20%, total 32.1%. El usuario entrevistado considera que los servicios son caros, desconoce cuánto cuesta la producción, conducción y tratamiento de agua. (Cuadro 10).

Cuadro 10. Asequibilidad económica usuario doméstico

Año	Tarifa fija anual	Agua potable	Drenaje	Aguas residuales	Drenaje %	Descuento	%	Pago agua	Pago drenaje	Pago Total	Costo mensual pesos	Costo día pesos
2015	4272.48	3,281.52	656.28	334.68	15.4	513.00	12.0	2,768.52	656.28	3424.80	285.40	9.51
2020	5157.14	4,297.56	859.50	0.00	16.7	1504.14	29.2	2,793.42	859.50	3,652.92	304.41	10.15
2021	5,303.00	4,419.12	883.80	0	16.7	1546.68	29.2	2,872.44	883.80	3,756.24	313.02	10.43
2021*	1,368.81*	1173.276	195.54	0	16.7	399.23	29.2	774.05	195.54	969.59	80.80	2.69

Elaboración propia recibos de usuario, *estimación 107.64 m³/año x \$10.90 pesos/metro³ (CONAGUA, 2015), drenaje y bonificación 2021, 16.7% y 29.2.

El consumo de cuatro habitantes estimó 200 litros día, para lavado de utensilios de cocina, deyección de excusados (uno estándar, otro ahorra agua), baño personal (2 o 3 veces/semana), el agua gris se utiliza para regar plantas y para el inodoro, el agua de lluvia para los excusados y los pisos. La lavadora de 9 kilos consume 62 litros por carga, 70 kg de ropa en cinco días naturales, 8.0 cargas, 496 litros, 99 l/día. Consumo familiar 299 litros/día, 75 litros/persona/día, el pago estimado es inferior cuatro veces al monto pagado. En el caso de un usuario popular residencial "B", la vivienda habitada por una persona se localiza en una zona urbana consolidada que dispone de mercado, supermercado y vialidades principales. El usuario no cuenta con medidor, la cisterna está desuso, pagó en el año 9, 370 pesos, recibe agua permanente, no requiere recibo o factura. Otro usuario de interés social popular B verificó descuento de 50%, 38% por ingreso menor a tres salarios mínimos, pago anticipado 8%, puntual cumplimiento 4%.

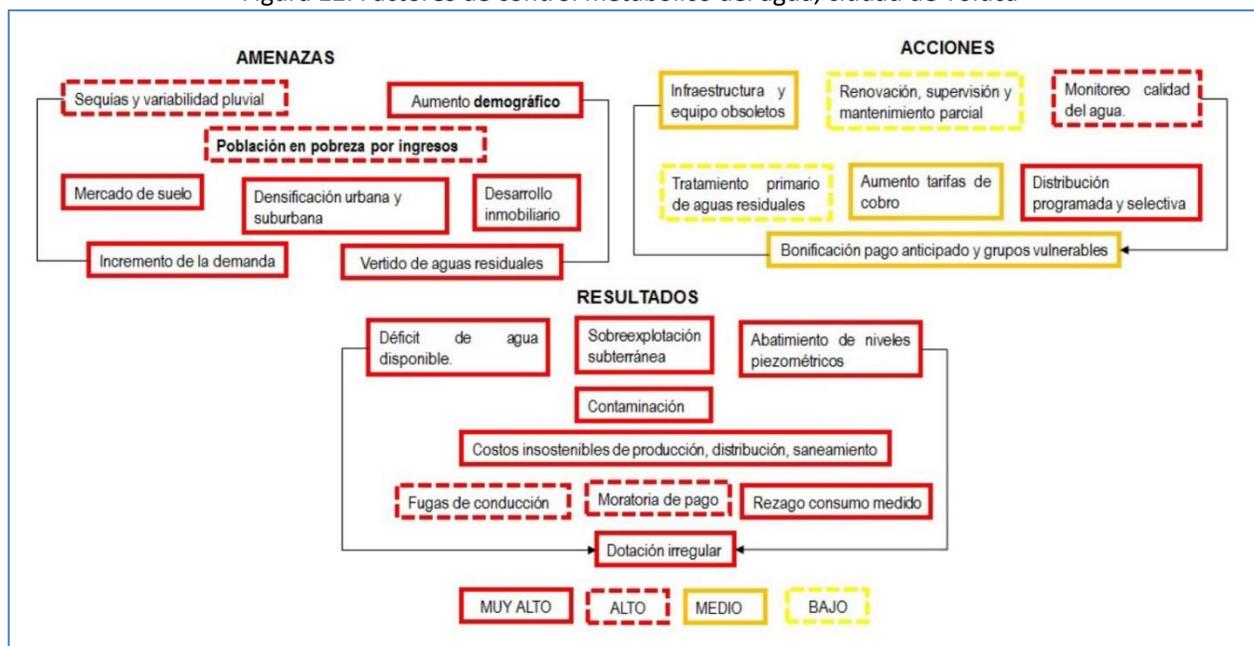
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El circuito metabólico identifica amenazas con dinámica propia, las acciones y resultados configuran las decisiones sociales que controlan la gestión del agua. Las amenazas o factores de presión identifican las



sequías, la variabilidad de las lluvias y el crecimiento demográfico. La connotación de las sequías relativiza los efectos en las escalas regional y local. El valle de Toluca registró estados sin sequías (2018, 2019), anormalmente secos y sequía moderada (2020), sin sequía (2021). Este año declaró sequías severa y extrema en el norte del país y la ciudad de México. La vertiente alta del río Lerma y el acuífero de Toluca, la cuenca del río Balsas en la que se ubica el Sistema Hidráulico Cutzamala, presentaron estados anormalmente secos y sequía moderada (CONAGUA, 2022). (Figura 12).

Figura 12. Factores de control metabólico del agua, ciudad de Toluca



Elaboración propia

La impredecibilidad de los fenómenos hidrometeorológicos afecta la recarga natural del acuífero de Toluca y el caudal de las corrientes de agua que alimentan al sistema hidráulico Cutzamala. Los habitantes de Toluca de Lerdo y los que viven en la porción occidental de la ciudad, experimentan cortes de agua dos o tres veces al año, debidos a la disminución de almacenamiento y mantenimiento del sistema Cutzamala. Los técnicos apagan los equipos de bombeo 44 horas durante tres días a fin de ahorrar 650 mil m³ de agua, en época de secas estas operaciones afectan 250, 000 habitantes, el organismo municipal suministra agua de emergencia (AyST, 2020). El sistema hidráulico Cutzamala mitiga desigualmente la demanda de las ciudades de México y Toluca, el acuífero del valle de Toluca presenta déficit debido a la relación inversa entre la recarga media anual, el volumen de extracción y la descarga para usos consuntivos. Los pozos de Toluca de Lerdo y el contorno conurbado presentan niveles altos de extracción debidos al descenso de la recarga y el

almacenamiento natural, lo que reduce el gasto diario y mensual destinado a la dotación de agua para uso público. Mata, Garrocho y Díaz (2018) prevén para 2030 balance deficitario en la relación oferta-demanda de agua, poca capacidad del sistema ciudad para absorber los cambios y perturbaciones socio hídricas, sugieren atender fugas, reutilizar agua residual tratada, captación de agua de lluvia y reglamentar estas medidas en los desarrollos habitacionales nuevos. El aumento de la población urbana y la población pobre por ingresos activa los mercados formales e informales de suelo con fines habitacionales, la ocupación de tierras agrícolas carentes de equipamiento, asimismo, la peri-urbanización y suburbanización de conjuntos urbanos planificados dirigida por el interés privado demanda agua para consumo, la evacuación de agua residual alimenta zonas agrícolas locales e interestatales. La gestión del agua para uso público acusa deficiencias de operación debidas al deterioro e insuficiente mantenimiento de la infraestructura y la red de distribución, lo que ocasiona la pérdida de agua por fugas. La transformación del agua inicia en los pozos, sometida a filtración, desinfección y potabilización acredita parámetros para consumo humano y la condición de recurso de segunda naturaleza, la circulación inicia cuando se introduce el agua potable al sistema de conducción, los tanques de regulación amplifican la distribución, una vez que el agua se recibe en los hogares, el consumo y los usos excretan agua de tercera naturaleza que se vierte en el río Lerma y los colectores municipales, el volumen de agua residual tratada es insuficiente y la contaminación por agua servida aguda. El bajo nivel de consumo medido refleja atraso tecnológico y carencia de estrategias de ahorro de agua, las moratorias, los costos de producción, distribución y saneamiento insostenibles exhiben fisuras de planificación y previsión. La demanda agua resitúa la circularidad de los factores de presión naturales, sociodemográficos y económicos que repercuten en la distribución irregular de la dotación de agua. Huaquisto y Chambilla (2019) contrastan zonas urbanas de México y la localidad de Puno, Perú. El primer caso reporta una dotación 250 litros per cápita al día, sustrae 100 por fugas, consumo per cápita 150 l/día, el segundo 67 litros per cápita al día, concluyen que el consumo está condicionado por los factores climatológicos, los ingresos y la dotación de agua. Las instancias nacionales e internacionales recomiendan mínimo-básico 20 l/p/día (CNDH, 2014), intermedio 50 l/p/ d, óptimo 100 l/persona/ día (OMS, 2011). La ciudad de Toluca estimó un consumo familiar 505.0 l/día y las entrevistas 299 litros/día, el primer caso excluye las pérdidas de agua en la conducción y el segundo incorpora prácticas de ahorro. Los consumos per cápita, 136.5 l/habitante/día y 75 l/persona/día, ambos inferiores al promedio alto definido para fines administrativos, 300 l/hab/día y 270 l/persona/día. La situación evidencia la reasignación del agua para solucionar la demanda de los sectores comprometidos. La estimación de los costos de servicios de agua potable y drenaje, y los pagos efectivamente realizados, muestran que se paga un promedio de 2.6 pesos por agua y 0.60 centavos por drenaje al día. La producción y tratamiento de aguas oscila entre 1.20 y 0.24 pesos/día. A precios corrientes un garrafón de agua de veinte litros cuesta 46 pesos y un litro 8.0 pesos/MN.



Pacheco-Vega (2015) atribuye el consumo de agua envasada a la incertidumbre de la salubridad de agua de la red pública y al débil marco institucional que cede terreno a las empresas multinacionales. La situación nacional revela que 68% de los hogares reciben agua diariamente, no reciben agua por tubería la consiguen en otros lugares, 7%, reciben agua cada tercer día, dos o una vez a la semana y de vez en cuando, 25%. Las fugas y vertido de aguas residuales tratadas y no tratadas estiman 86% del volumen extraído- 216 593 millones de m³- (INEGI, 2018).

En la ciudad de Toluca el suministro intermitente de agua acota dos o tres días a la semana en los contornos conurbado y periférico, significa la redistribución de las pérdidas de agua y la reasignación del agua para garantizar la dotación y la recaudación de sectores urbanos, actividades económicas y nuevos desarrollos inmobiliarios. La sobre explotación y déficit del acuífero de Toluca, el nivel de ingresos, las tarifas de cobro y las bonificaciones racionalizan la dotación programada y el suministro intermitente. Saumeth (2016) señala que la dotación de agua doméstica está afectada por la disponibilidad, los ingresos y las tarifas de cobro, los flujos residuales por la densidad de población, consumo residencial, comercial y de servicios. Los resultados indican que la tarifa fija de agua potable y drenaje tiene efectos de acuerdo con los ingresos, para el usuario de interés social popular C, los pagos mensuales 2015, 2020 y 2021 representan 14%, 8% y 7%.³ del salario mínimo; 22%, 18%, 17% del costo de la canasta alimentaria urbana⁴. La marginación grados alto y muy alto, la población en pobreza y el nivel de ingresos (CONEVAL, 2015; INEGI, 2020b) explican el origen de las moratorias, siendo la prioridad para el ayuntamiento, no informan mejoras y las acciones de concientización social ausentes. Los contextos culturales abonan al despilfarro o al cuidado del agua, las prácticas de ahorro y reuso mitigan la escasez. Las áreas urbanas con muy bajo y bajo acceso al agua identifican la irregularidad, las deficiencias de atención y los conflictos por agua. No obstante que las alternativas reiteran fortalecer las capacidades de repuesta y adaptación a los cambios socioeconómicos y medioambientales a través de la Gestión integrada del Recurso Hídrico (GIRH), incorporar la transversalidad de la política de agua como eje articulador de la política económica y las políticas transectoriales nacionales. En América Latina y El Caribe, solo Cuba, Brasil y Colombia cumplen más del 50% de los criterios de preparación institucional y legal para la implementación de GIRH (Urquiza y Billi, 2020), sin embargo, los avances reflejan respuestas distintas. En otra perspectiva, la seguridad hídrica aceptable sugiere incorporar la incertidumbre y priorizar la formulación de políticas públicas, planes y programas robustos y flexibles, considerando los escenarios futuros (Peña, 2016). La mirada imparcial identifica alternativas generales que convierten las amenazas y vulnerabilidades en oportunidades de seguridad hídrica y desarrollo socioeconómico, el círculo virtuoso nos regresa a la transformación de los sistemas institucionales

³Salario mínimo diario 2015 (70.10 pesos), 2020 (123.22); 2021 (141.70 pesos).

⁴Canasta básica urbana mensual 2015 (1295.05 pesos), 2020 (1681.61 pesos); 2021 (1798.13 pesos).



que regulan-controlan- el aprovechamiento del agua. El círculo vicioso parte de la apropiación de los recursos hídricos, en favor de unos y detrimento de otros, los derechos humanos de acceso al agua establecen el orden y la obligación de los gobiernos para suministrar el agua para vivir, pero no consignan compromisos y obligaciones de los usuarios respecto a los usos y las prácticas de conservación y ahorro del agua. En México el incremento de la demanda urbana y la agropecuaria, la incidencia de los fenómenos hidrometeorológicos y la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento acusan la pobreza hídrica – balance disponibilidad natural y alto consumo de agua-, lo cual no garantiza en el largo plazo la sostenibilidad de la provisión de agua en cantidad y calidad para consumo humano. La gestión hídrica no ha resuelto la equidad del agua en los ámbitos locales, es urgente poner fin a las prácticas de gestión que amplifican la incertidumbre y anticipan la inseguridad hídrica.

CONCLUSIONES

El metabolismo de la gestión del agua es un proceso socialmente construido por sujetos actuantes, medios de actuación, acciones y resultados. La estructura procesual articula las diversas formas que adquieren el dominio público y la seguridad de los derechos al agua en las áreas de gestión hídrica. La jerarquía institucional ejerce derechos de posesión, disposición y propiedad legitimados por ordenamientos federales, estatales y municipales, la gestión descentralizada basada en el supuesto de la participación social, des territorializa y re territorializa el aprovechamiento del agua. La gestión hídrica caracteriza la línea indeleble entre los fines políticos, los económicos y los derechos de propiedad que condicionan el aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas. Las prácticas sociales que regulan las relaciones de conflicto, negociación y acuerdo determinan las particularidades de la gestión hídrica, las contradicciones de la reasignación administrativa, los mercados de suelo y las prácticas de aprovechamiento del agua. El déficit de agua y la sobreexplotación del acuífero de Toluca y la distribución desigual del sistema Cutzamala expresa dilemas de equidad interestatal, regional y local. Las asignaciones, concesiones y pago de derechos conjugan intereses y necesidades de organizaciones, grupos y personas que utilizan y explotan las fuentes de abastecimiento y evacúan las aguas residuales. La dotación promedio alto en términos demográficos, el consumo de agua ajustado a los mecanismos administrativos y económicos: tarifas de cobro, descuentos y dotación irregular establecen la racionalidad instrumental de la gestión hídrica. La cobertura deficiente de las necesidades de la población pobre y la incapacidad de pago, incentivan la incertidumbre de la escasez de agua y deterioran la calidad del servicio de agua potable y saneamiento. El crecimiento urbano, la marginación social y la pobreza transfieren la inequidad a los sectores de población menos favorecidos. Los resultados plantean cuestiones contradictorias, aumento de la oferta y la demanda de suelo destinado a vivienda popular y planificada, costos



económicos, sociales, medioambientales y técnicos insostenibles, moratorias de pago, inaccesibilidad del agua, el agua se paga a costos de producción, el drenaje a un tercio, el nivel de ingresos, el equipamiento urbano, la localización y valor catastral de las viviendas estratifican la asequibilidad económica del agua potable y drenaje. La vulnerabilidad hidrosocial demanda estrategias de defensa: limitar nuevos desarrollos urbanos, equilibrar la dotación de agua por medio de ordenamientos que instruyan el suministro de acuerdo con las condiciones locales, previsión de la capacidad y renovación de infraestructura, la demanda real y potencial, incentivos de consumo medido, ahorro y conservación.

Las recomendaciones representan oportunidades para mitigar el estrés hidrosocial y anticipar los riesgos de la escasez de agua. El índice de acceso al agua fortalecido con datos de suministro, calidad y desplazamiento es útil para planificar la ruta de atención de las áreas carentes de acceso al agua. El análisis del metabolismo de la gestión del agua en la ciudad de Toluca en concordancia con el objetivo seis de la Agenda 2030, provee bases analíticas y empíricas para racionalizar la equidad de la oferta, la distribución y el acceso al agua a través del replanteamiento del encadenamiento causal legislación, política, planificación, administración y manejo del agua. Los principios teóricos y metodológicos establecen una línea base espacial y socialmente situada para avanzar en la edificación de la gobernanza hídrica.

BIBLIOGRAFÍA

Agua y Saneamiento de Toluca (AyST). (2019). Agua potable y de calidad para todo el municipio, Comunicado Número 032/2019, 26 de junio, 2019. Boletines AyST. Toluca, México: Agua y Saneamiento de Toluca, disponible en: https://www.ayst.gob.mx/portal2/comsoc_0322019/

Agua y Saneamiento de Toluca. (2020). "Toluca afectada por la reducción en el caudal del sistema Cutzamala", comunicado, no. 37/2020. Boletines AyST. Toluca, México: Agua y Saneamiento de Toluca, disponible en: https://www.ayst.gob.mx/portal2/aystcomsoc_116112020-2/

Agua y Saneamiento de Toluca (AyST). (2020). "Estadísticas pozos y tanques. Departamento de Electromecánico y tanques", Toluca, México: Agua y Saneamiento de Toluca.

Agua y Saneamiento Toluca (AyST). (2021). Atractivos descuentos pago anual en agua y saneamiento de Toluca. Boletín AyST, 06-01. Toluca, México: Agua y Saneamiento de Toluca, disponible en: https://www.ayst.gob.mx/portal2/aystcomsoc_106012121/

Álvarez, P. 2006. *Dinámicas colectivas en la apropiación de las aguas subterráneas en México. Manejo de Recursos de Uso Común*. México: Instituto Nacional de Ecología.



Arahuetes, A. (2017). Los recursos no convencionales en el metabolismo hídrico del litoral de la provincia de Alicante. Tesis doctorada. Universidad de Alicante, España, disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/73750>

Audefroy, J.; Aceves, F. (2006). Los conflictos por el agua en México y desastres potenciales. La crisis del agua. Políticas públicas, conflictos sociales, visiones estratégicas, escenarios de futuro. XXIX Encuentro RNIU. Guadalajara Jalisco, 21 y 22 de septiembre, 2006. Jalisco: Gobierno del Estado de Jalisco, Red Nacional de Investigación Urbana.

Ávila, P. (2002). *Cambio global y recursos hídricos en México: hidropolítica y conflictos contemporáneos por el agua. Informe. Proyecto ADE 045, 2002*. México: Instituto Nacional de Ecología.

Ayuntamiento Municipal de Toluca. (2013). *Plan municipal de desarrollo urbano de Toluca 2013-2015*, Toluca, México: Secretaría de Desarrollo Urbano, disponible en: <https://amdiac.org.mx/documentos/Plan-Municipal-de-Desarrollo-Urbano-Toluca.pdf>

Cadena, C., Salgado, L. (2017). Redes y capacidades de actores en torno a comités independientes de agua potable: el caso de San Felipe Tlalmimilolpan, Toluca, México. *Revista De El Colegio De San Luis*, 7(13), 62-90, disponible en: <https://doi.org/10.21696/rcsl7132017635>

Campuzano, AJ. (2019). Sistema de cargos y manejo de agua potable en los comités de Toluca de Lerdo. *Tecnología y Ciencias del agua*, 10(1), 52-84, disponible en: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-03>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). 2021. Evaluación de las líneas de pobreza por ingresos, disponible en:

<https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx>

Comisión de agua del Estado de México (CAEM). (2011). *Cuenta Pública del Gobierno y Organismos Auxiliares*. Toluca, México: Comisión de agua del Estado de México. Recuperado de https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2014/34/3/ae72ecdc1e4ac53ceb000fd27f8fcc6.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2011). "Estadísticas del agua en México, capítulo 3 Usos del agua". México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_3.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2014). *Inventario nacional de plantas de potabilización y tratamiento de aguas residuales en operación*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Inventario_Nacional_Plantas1.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2015. *Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía (PMPMS) para usuarios urbanos de agua potable y saneamiento*. México: Organismo de cuenca Lema-Santiago-Pacífico, consejo de cuenca Lerma-Chapala, recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99853/PMPMS_Toluca_Mex.pdf



Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Recuperado de https://backend.aprende.sep.gob.mx/media/uploads/proedit/resources/situacion_del_subse_c220a56b.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). *Volumen concesionado para usos consuntivos, Registro público de derechos de agua REDPA*. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua&ver=reporte&o=0&n=regional>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2016). *Plantas apoyadas en el Estado de México. Anexo Técnico del Programa de incentivos para la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales (PROSAM)*. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106194/ATECPROSANINC2016EDOMEX.pdf>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2017). *Estadísticas del Agua en México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Toluca (1501), Estado de México*. México: Subdirección general técnica gerencia de aguas subterráneas. Recuperado de https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/edomex/DR_1501.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Estado de México: aguas subterráneas y acuíferos*. México: Subdirección general técnica gerencia de aguas subterráneas. Recuperado de <https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/edomex/edomex.html>.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2022). *Monitor de sequías en México*, <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>

Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH). (2014). *El derecho humano al agua potable y saneamiento*. México: Comisión Nacional de los Derechos Humanos. Recuperado de <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-08/Derecho-Humano-Agua-PS.pdf>

Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI, 2021), <https://www.gob.mx/conasami/articulos/se-publica-en-el-diario-oficial-de-la-federacion-los-salarios-minimos-que-rigen-a-partir-del-1-de-enero-de-2021?idiom=es>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública (CONEVAL). (2015). *Estado de México: pobreza a nivel de municipio*. México: Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/EstadodeMexico/Paginas/pobreza_municipal2015.aspx

Consejo Nacional de Población & Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (CONAPO-SEDATU). (2018), *Sistema Urbano Nacional*. México: Consejo Nacional de Población & Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/sistema-urbano-nacional-2018>



De Alba, F. (2007). "Geopolítica del agua en México: La oposición entre la hidropolítica y el conflicto sociopolítico. Los nuevos rostros de las luchas sociales". *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*. V. 8, N. 1, p. 95-112.

Delgado, G. C. (2016). Metabolismo urbano y ecología política en el Valle de México. En Lucía Álvarez Enríquez. *Ciudadanía y nuevos actores en las grandes ciudades* (pp. 103-16). México: UNAM/CEIICH/UAM/Juan Pablos Editor.

Estados Unidos Mexicanos (1981, 31 de diciembre). *Ley Federal de Derechos. Publicada. Reforma 05-06-2009, 20-05-2021*. México: Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, Centro de Documentación, Información y Análisis, México, México. Diario Oficial de la Federación.

Estados Unidos Mexicanos (EUM). (1981, 31 de diciembre). *Ley Federal de Derechos*. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México: Diario Oficial, reforma 05-06-2009; reforma 20-05-2021. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lfd.htm>

García-Estrada, Lorena; Hernández-Guerrero, Juan (2020). 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*, vol. 1, número. 64, pp. 269-297, <https://doi.org/10.15359/rgac.64-1.10>

Gobierno del Estado de México (GEM). (1980). *Decreto número 245, Ley que crea al Organismo Público Descentralizado, por servicios de carácter municipal, denominado Agua y Saneamiento de Toluca*, Periódico oficial del Gobierno Constitucional del Estado de México. Gaceta de Gobierno, julio 5, tomo CXXX, XLVII, número 3. Toluca, México: Legislatura del Estado. Recuperado de <http://legislacion.edomex.gob.mx/node/28454>

Gobierno del Estado de México (GEM). (2000, marzo 14). Plan de Desarrollo del Estado de México 1999-2005. Toluca, México: *Gaceta de Gobierno del Estado de México, tomo CLXIX, No 51*.

Gobierno del Estado de México (GEM). (2005). *Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca. Volumen 1*. Toluca, México: Gobierno del Estado de México. Recuperado de http://seduv.edomexico.gob.mx/dgau/planes_regionales/prduvt/Doc%20PRDUVT.pdf

Gobierno del Estado de México (GEM). (2013, febrero 22). Ley del Agua para el Estado de México y municipios. Toluca, México: *Decreto 52. LVIII Legislatura del Estado de México*. Recuperado de https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo3/2019/43005/10/b5295b480e1d3595be9fcee401a2562b.pdf

Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) (2015). *Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales operando en el Estado de México*. Toluca, Estado de México: Gobierno del Estado de México, Secretaría de Agua y Obra Pública.

Gobierno del Estado de México (GEM). (2015). *Programa hídrico integral del Estado de México 2015-2017*. Toluca, Estado de México: Comisión del agua del Estado de México. Recuperado de https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2015/28/1/928fd762cefc24c6b7e885c378d3a51a.pdf



Gobierno del Estado de México (GEM). (2018). *Plan municipal de desarrollo urbano de Toluca*. Toluca, Estado de México: Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra. Recuperado de <https://seduo.edomex.gob.mx/toluca>

Gobierno del Estado de México (GEM). (2019, 26 de diciembre). "Decreto número 124, por el que se aprueban las tarifas aplicables al pago de los derechos por los servicios públicos municipales de agua potable, drenaje, alcantarillado y recepción de los caudales de aguas residuales para su tratamiento y disposición, ejercicio fiscal 2020". *Gaceta de Gobierno. Registro DCG 001 1021. Tomo CCVIII Número 12*. Toluca, Estado de México: Gobierno del Estado de México. Recuperado de <http://www.secretariadeasuntosparlamentarios.gob.mx/mainstream/Actividad/Decretos/LX/decretos/DECRETO%20121.pdf>

Hansen, IR, Mantilla, G.; Moeller, G.E.; Pozo, F.; Ruíz, A. (2005). *Diagnóstico de las necesidades de tratamiento de aguas residuales en las poblaciones de la cuenca Lerma-Chapala*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1510/TC-0585.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huaquisto, S., Chambilla, IG. (2019). "Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno". *Investigación & Desarrollo*, 19(1), 133-144. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312019000100010&lng=es&tlng=es.

Inostroza, L. (2014). "Metabolismo urbano y apropiación de excedentes ecológicos. De la estepa a la arquitectura burguesa". *Urbano*, 17(29), 31-44, Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=198/19836173006>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2015). *Encuesta intercensal*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/#Tabulados>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2017). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2018). "Estadística a propósito del día mundial del agua (22 de marzo)". *Comunicado de prensa núm. 132/18 de marzo de 2018*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2018/agua2018_Nal.pdf

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2020). *Marco geoestadístico nacional y resultados por localidad*. México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2020). "Población ocupada". *Encuesta Nacional de ocupación y empleo*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos_colores.asp?c=



Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2020). "Indicadores estratégicos área Metropolitana de la ciudad de Toluca Tercer trimestre". *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE)*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/#Tabulados>

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI). (2020). Censos y conteos de población y vivienda. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>

Jouravlev, A; Saravia, S; Gil, M. (2021), Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. Textos seleccionados 2002-2020, en Páginas selectas de la Cepal, p. 332, Editorial CEPAL. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-latinoamerica-revista-estudios-latinoamericanos-83-pdf-S1665857414717284>

Luna, J. (2017). "El Metabolismo Urbano-Rural del Agua, actores sociales y gestión de los recursos hídricos público urbano de la ciudad de Cuautla, Morelos" (2006-2013). *Revista De Geografía Espacios*, 5(10), 43-62. Recuperado de <https://doi.org/10.25074/07197209.10.695>

Organización de las Naciones Unidas. Hábitat-México (ONU-HÁBITAT-MÉXICO). (2021). *Hacer de la densidad una variable fundamental, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*: Organización de las Naciones Unidas. Hábitat-México. Recuperado de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/hacer-de-la-densidad-una-variable-fundamental>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>

Pacheco-Vega, Raúl. (2015). Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos. *Espiral (Guadalajara)*, 22(63), 221-263. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652015000200007&lng=es&tlng=es.

Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado Izquierdo J. M., Propin Frejomil E., Delgado Campos J., Velázquez Montes A., Chías Becerril L., Ortiz Álvarez M. I., González Sánchez J. Negrete Fernández G., Gabriel Morales J., Márquez Huitzil R. (2004), *Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Peinado, M.A. (200). "La ciencia de las células: Un paseo por la historia", *Seminario Médico*, vol. 53, núm. 1, p. 51-64.

Peña, A. (2007). "Una perspectiva social de la problemática del agua". *Investigaciones geográficas*, (62), 125-137. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112007000100008&lng=es&tlng=es

Peña, H. (2016), Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe, en Recursos naturales e infraestructura, serie 178. Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.



Procopio Filho, Argemiro (2010). Geopolítica y recursos hídricos. *Revista del CESLA*, 2(13),611-622. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243316493016>

Ríos, E. (2019, 6 de septiembre). "Agua del acuífero del valle de Toluca solo debe ser para uso de consumo humano: especialista", *El Sol de Toluca*, sección local. Recuperado de <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/agua-de-acuifero-del-valle-de-toluca-solo-debe-ser-para-uso-de-consumo-humano-especialista-4146232.html>

Sainz, J., Becerra, M. (2003). "Los conflictos por el agua en México". *Gaceta Ecológica*, (67),61-68. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906705>

Saumeth, LA. (2016). *Metabolismo Urbano del agua potable. Aproximación al caso de Cartagena de Indias*. Universidad del Norte. Tesis Maestría en Urbanismo y Desarrollo Territorial. Barranquilla, Colombia.

Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). (2021). Fuente predominante para usos consuntivos por municipio, México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua>

Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). (2021). Regional volumen concesionado para usos consuntivos 2019. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua&ver=reporte&o=0&n=regional>

Toledo, V. M. (2013). "El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica". *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 34(136), 41-71. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-39292013000400004&lng=es&tlng=es.

Torres, E. (2011). "Los conceptos de apropiación y poder en la teoría económica de Max Weber". *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 42(165), 141-160. Recuperado de <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2011.165.24977>

Urquiza, A; Billi, M. (2020), Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población, documentos de Proyectos (LC/TS.2020/138), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46408/1/S2000631_es.pdf

Velázquez, L. (2020, 9 de febrero). Grave falta de operación de plantas de tratamiento de aguas municipales. *El Heraldo. Estado de México*. Sección reportajes. Recuperado de <https://hgrupoeditorial.com/grave-falta-de-operacion-de-plantas-de-tratamiento-de-aguas-municipales/>

Venancio-Flores, A.; Bernal-González, I.; Orozco-Hernández, ME; Álvarez-Arteaga, G. (2021). Capítulo 10. Distribución del agua del Sistema Cutzamala a la Zona Metropolitana de la ciudad de México. Reflexiones críticas desde la gobernanza. En: Dilemas Ambientales-Urbanos Em duas Metrôpoles Latinoamericanas. Sao Paulo e Cidade do México no século XXI. Coord. Pedro Jacovi; Mario Federico Bassols Ricárdez; Pedro Henrique Campello Torres; Silvana Zioni; Arturo Venancio Flores. Paco Editorial, Brasil, pp.503. <https://www.amazon.com/-/es/Pedro-Roberto-Jacobi-ebook/dp/B092RH5GZ1>



Vilchis-Mata, I; Garrocho-Rangel, CF; Díaz-Delgado, C (2018). Modelado dinámico adaptativo para la toma de decisiones sostenibles en el ciclo hidrosocial urbano en México. Revista de geografía Norte Grande, (71), 59-90. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022018000300059>

Agradecimientos:

Universidad Autónoma del Estado de México, Secretaría de Investigación y los Estudios Avanzados. Proyecto 6164/2020CIF.

Sobre os autores:

María Estela Orozco-Hernández

Doctora en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Profesora de tiempo completo "F". Facultad de Planeación Urbana y Regional, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial (CEPLAT), Universidad Autónoma del Estado de México. Investigadora nacional nivel 1.
Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-7742>
E-mail: eorozcoh61@hotmail.com

Arturo Venancio-Flores

Doctor en Ciencia Sociales. El Colegio Mexiquense. Profesor de tiempo completo "C". Facultad de Planeación Urbana y Regional, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial (CEPLAT), Universidad Autónoma del Estado de México. Investigador nacional nivel 1.
Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8149-8247>
E-mail: arturo_venancio@hotmail.com

Socorro Flores Gutiérrez

Especialista y Maestra en Geomática. Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo). Estudiante del Doctorado en Urbanismo por la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEMéx.
Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3652-7459>
E-mail: socorro.flores@iecrimt.org.mx

Os autores contribuíram igualmente para a redação do artigo.

