



Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales

LA CAPTACIÓN Y EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA : ¿UNA
POSIBLE SOLUCIÓN AL ABASTECIMIENTO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO?

Tesis presentada por

CHARLES BENA

Para optar por el grado de

MAESTRO EN ESTUDIOS URBANOS

Director de Tesis

CARLOS LÓPEZ MORALES

CIUDAD DE MEXICO – 15 de Agosto de 2020

Resumen

En 2019, el Gobierno de Ciudad de México inició el programa Cosecha de Lluvia. En un periodo de seis años, este programa contempla la instalación de 100 000 sistemas domésticos de captación de lluvia en la capital mexicana. La presión de las actividades metropolitanas sobre los recursos hídricos, materializada por la sobreexplotación de los acuíferos y la precariedad hídrica de una parte de sus residentes, llevó a reconsiderar una práctica alternativa descartada por varias décadas. Este programa entonces plantea la cuestión del establecimiento, a largo plazo, de la captación de lluvia como una práctica hídrica en la Ciudad de México. Este proceso requiere la inclusión de la captación de lluvia en los discursos políticos, la demostración de su potencial técnico, y la valoración social de una nueva forma de relacionarse al agua.

La historia socio-ambiental y el paradigma hídrico de la Ciudad de México, caracterizado por una desaparición del entorno lacustre y grandes obras de ingeniería, impidieron, en un primer tiempo, la consideración seria de la captación de lluvia. Sin embargo, la escasez de agua en la Ciudad de México, medible por indicadores físicos de disponibilidad hídrica e indicadores sociales de precariedad hídrica, obligó las autoridades políticas a implementar formas alternativas de abastecimiento y de ahorro de agua. En particular, la captación de lluvia entró al campo político mediante actores del empresarismo social (Isla Urbana), y por su capacidad a reducir la precariedad hídrica de miles de hogares en alcaldías del Sur-Poniente de la ciudad.

La demostración del potencial técnico de la captación de lluvia en hogares fue una condición de su inclusión en programas políticos. Un análisis más atento de este potencial es una condición para que se establezca de forma durable en las prácticas hídricas de la ciudad. A pesar de una temporalidad restringida y de límites físicos de almacenamiento, la captación de lluvia resulta ser una fuente significativa de agua para los hogares de usuarios. De buena calidad, el agua cubre hasta la totalidad de la demanda en temporada de lluvias. Esta práctica, si generalizada, podría representar un porcentaje significativo del suministro de agua en la Ciudad de México y aumentar la resiliencia hídrica de la metrópoli. Tal generalización de la captación de lluvia significa la aceptación social de esta práctica. Una variedad de incentivos y de costumbres facilitan esta aceptación en zonas de alta precariedad hídrica, donde residen los beneficiarios actuales. Mas allá de los incentivos individuales, la difusión amplia de la captación de lluvia cuestiona la relación de los residentes capitalinos al recurso hídrico y a las diferentes escalas de gobierno, sentando las bases de una nueva cultura del agua.

Agradecimientos

Agradezco primero a Sciences Po y al Colegio de México por darme la oportunidad de seguir la doble titulación en *Comparative Urban Governance*. Los equipos pedagógicos de ambas instituciones me ayudaron en adquirir un marco sólido de reflexión sobre una gran variedad de problemáticas urbanas.

En el marco de mi tesis, agradezco mucho a Carlos López Morales, quien aceptó dirigir mi trabajo y cuyos consejos fueron siempre justos y útiles, y a Judith Domínguez, quien aceptó ser lectora de esta tesis y cuya ayuda también fue valiosa.

Estoy también muy agradecido por la confianza que me dieron los miembros de Isla Urbana, en particular Emilio Becerril y Ana Paula Mejorada, a lo largo de mis investigaciones. Ellos me recibieron con mucha amabilidad, me dieron informaciones valiosas, y me dejaron participar en unas actividades de campo en la alcaldía Tláhuac.

Agradezco, por fin, al equipo pedagógico y a las familias de la Escuela Daniel Cosío Villegas y de la Escuela Luis Peniche Vallado, quienes aceptaron mi presencia y tomaron de su tiempo para contestar mis preguntas. En particular, quiero agradecer a Sofía (seudónimo) por su tiempo y su benevolencia, y a la directora de la Escuela Peniche, por su disponibilidad y su honestidad.

INDICE

Introducción	7
I. La aceptación política de la captación de lluvia en un contexto de crisis hídrica	21
A. La constitución histórica del paradigma hídrico de la Ciudad de México	21
1. Historia de las obras hidráulicas en la Ciudad de México	21
1.1 “De Tenochtitlan a la megalópolis” (Legorreta) : la desecación del Valle de México...21	
1.2. Historia de los trasvases de agua hacia la Ciudad de México.....28	
2. Un paradigma hídrico en situación de crisis	32
2.1. La formación de un paradigma hídrico y de una región hidropolitana.....32	
2.2. Una situación hídrica insostenible	36
2.3. Hacia un cambio de paradigma : el desarrollo de políticas hídricas alternativas	43
B. La aceptación progresiva de la captación de lluvia en las políticas públicas.....53	
1. Captar la lluvia : una opción descartada y marginalizada en la época moderna.....53	
1.1 Una variedad de propuestas descartadas en los siglos XIX y XX	53
1.2. Una aparición marginal en la esfera pública a finales del siglo XX.....56	
1.3. Una inercia institucional frente a la alternativa de la captación de lluvia	59
2. La inclusión de la captación de lluvia en los discursos y los programas políticos	62
2.1. El desarrollo de Isla Urbana y sus primeras colaboraciones con gobiernos locales	62
2.2. La aparición de la captación de lluvia en documentos institucionales a nivel municipal y a nivel nacional	64
2.3. La captación de lluvia como política pública de la Ciudad de México	71
II. La captación de lluvia : una solución viable más allá de casos de emergencia ?	82
A. Descripción y evaluación técnica de los sistemas de captación de lluvia.....82	
1. Requerimientos técnicos de la captación de lluvia	82
2. ¿Un abastecimiento de agua potable?	86
3. ¿Una fuente de abastecimiento a escala de ciudad?.....94	
B. La adopción social de la captación de lluvia.....98	

1. Estudio de caso : El programa Escuela de Lluvia en la Escuela Primaria Daniel Cosío Villegas, Colonia San Miguel Zapotitlán, Alcaldía Tláhuac, Ciudad de México.....	98
1.1 Inicios del programa en la Escuela Primaria Daniel Cosío Villegas	98
1.2. Reestablecer una relación feliz con el agua	104
2. Percepción social de la captación de lluvia.....	108
2.1. Una situación hídrica atribuida a fallos del gobierno	108
2.2. Incentivos en favor de la captación de lluvia.....	110
2.3. ¿Una nueva relación con el agua?.....	113
2.4. ¿Una nueva relación con el gobierno?	115
Conclusiones	119
Bibliografía	123

“Let’s not allow a single drop of water to flow into the sea without being used for the benefit of mankind”

Parakramabahu I (1123-1186)

Rey del Polonnaruwa (actual Sri-Lanka)

Introducción

“Cierto, esa lluvia fue una bendición!” contesta Yeon-Gyo, sentada en el banco trasero de su Mercedes Benz. Al escuchar estas palabras, su chofer, Kim Ki-Taek, aprieta nerviosamente el volante. Su cara dice una mezcla de rabia y de cansancio. Residente de un barrio popular de la capital surcoreana, Señor Kim amaneció en un gimnasio convertido en dormitorio de emergencia. El subsuelo donde vive con su esposa y sus hijos fue uno de los primeros inundados por las lluvias de anoche. “Hoy el cielo es tan azul, y no hay contaminación gracias a toda la lluvia de ayer” sigue Yeon-Gyo con su conversación telefónica. Ella se alegra por, esta tarde, decidió celebrar el cumpleaños de su hijo Da-Song en el jardín de la casa familiar. Con sus amigos, disfrutarán del pasto recién regado, de espectáculos improvisados, y de los vinos exquisitos que acaba de comprar con la ayuda del Señor Kim. El chofer sigue manejando con la mirada vacía. No pudo rescatar nada de las aguas, ni la medalla deportiva de su esposa, ni una foto de familia, ni una prenda de ropa. Contiene su resentimiento mientras se dirigen hacia la casa de los Park. Su frustración llega a un colmo cuando la Señora Yeon-Gyo, ostensiblemente incomodada por el olor de su chofer, abre ligeramente la ventana del coche y empieza a taparse la nariz con desprecio. Unas horas más tarde, este último gesto, repetido por el esposo de Yeon-Gyo, llevará a que el Señor Kim suelte su ira y lo apuñale en medio de una fiesta ya trágica.

Esta escena de la película surcoreana *Parásitos*, dirigida por Bong Joon-Ho, revela la relación diferenciada que los habitantes de una misma urbe tienen al agua y a la lluvia. A las desigualdades socio-económicas y a la segregación socio-espacial, se suma una vulnerabilidad distinta frente a los fenómenos naturales. Diferentes experiencias cotidianas así llevan a diferentes percepciones sociales de la lluvia, bendición para unos, desastre para otros. “*Urban formations are fundamentally material, but they are also cultural and political insofar as certain classes and groups of people face different environmental conditions and envision distinct - and often contradictory - uses and practices for metropolitanized environments*” escribe Matthew Vitz, en su brillante análisis de la historia ambiental de la Ciudad de México (Vitz, 2018, p.13). El medio ambiente no es un conjunto exógeno que se impone a la ciudad humana, sino la relación construida entre los humanos y la naturaleza no-humana. (Cronon, 1991 ; Latour, 1991; Giddens, 1994, Greider & Garkovich, 1994; Eder, 1996). Mediante decisiones políticas, fenómenos sociales, y construcciones técnicas, se remodela este medio ambiente urbano.

Según el historiador Matthew Vitz, el “medio ambiente metropolitano” de la Ciudad de México así tiene su origen en el Porfiriato. Las obras de ingeniería llevadas a cabo en este periodo¹ contribuyeron en crear relaciones nuevas entre la ciudad y sus alrededores. Construidas con el objetivo de extraer la ciudad de los aleas naturales y de mitigar los riesgos asociados al agua (inundaciones, escasez, insalubridad), estas obras transformaron las relaciones ecológicas entre el espacio urbano y su entorno natural. Sin embargo, acabaron desatando fenómenos naturales contrarios a sus objetivos : la sedimentación de los lagos y de los ríos agravó las inundaciones en la ciudad, la desecación y la salinización del río Texcoco expuso los capitalinos a tormentas de polvo, y el hundimiento del suelo amenazó las infraestructuras y los edificios urbanos. Dicho de otra forma, mediante sus infraestructuras hidráulicas (canales, alcantarillado, acueductos), la Ciudad de México se volvió aún más dependiente y conectada al suelo, a los bosques, a la lluvia, y al ciclo del agua. La creación de un medio ambiente metropolitano no significó la desaparición de la naturaleza no-humana, sino su imbricación aún más profunda con los fenómenos urbanos (Vitz, 2018, p. 49).

Esta dependencia al medio-ambiente, y especialmente a los recursos hídricos, se volvió aún más crítica a medida que se expandió la Ciudad de México. Carlos Fuentes, connotado novelista y escritor mexicano, escribió: *“Cuando yo nací, México tenía 20 millones de habitantes... El hecho es que en mi vida, la ciudad brincó de un millón a veinte millones, y el país de 20 millones a 110 millones. De manera que la transformación desde el punto de vista de la gente, de los mexicanos que somos, es enorme. Y en consecuencia todo ha cambiado, la política, la cultura, el amor... Entonces no puedo dejar de pensar en el pasado que yo viví, para hablar del presente que estamos viviendo”*. Estas palabras, escritas en 2012, evocan la rápida transición demográfica de la sociedad mexicana en el siglo XX y sus consecuencias sobre la totalidad de los fenómenos sociales en el país. En el ámbito urbano, como lo escribe Fuentes, la Ciudad de México (la metrópoli) pasó, en menos de un siglo, de tener un millón de habitantes a albergar más de 20 millones de personas.

Esta urbanización tiene que ver con la transición demográfica empezada en los años 30 y al propio “efecto tamaño” o “size effect” (McNicoll, 1984) de tal transición, es decir el

¹ Estas obras incluyen la conducción de las aguas de los manantiales de Xochimilco hacia la ciudad y la construcción del túnel de Tequixquiac como parte del Gran Canal de Desagüe

crecimiento poblacional. Entre 1940 y 1990, las tasas de crecimiento de la población mexicana fueron superiores al 2% anual y hasta superiores al 3% entre 1955 y 1975 (Zavala de Cosío, 2014). Sin embargo, la repartición de la población nacional y su concentración en las áreas urbanas también se relacionan con la industrialización de las explotaciones agrícolas y la absorción de una mano de obra creciente por empleos concentrados en los núcleos urbanos. Así, según cifras del INEGI, la población urbana pasó de representar 43% de los mexicanos en 1950 a 78% en 2010. Las estadísticas del Banco Mundial (2018) indican que el 80% de la población mexicana ahora vive en áreas urbanas².

A principios del siglo, en 1910, la ciudad de México contaba con 470 mil habitantes y una superficie de 40 kilómetros cuadrados (Hiernaux, 1992). A lo largo del siglo, la ciudad se expandió sobre su entorno lacustre, y más allá, se urbanizaron los municipios del Estado de México. Según un estudio de ONU-Hábitat³, dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México, la población urbana así pasó de 14 millones a 21 millones entre 1980 y 2017, o sea un crecimiento anual de 1.1%. En el mismo periodo, la superficie urbana dentro de la ZMVM pasó de 62.000 hectáreas a 236.000 hectáreas, lo que representa un crecimiento anual de 3.3%. La superficie urbana creció a un ritmo tres veces superior a la población en este periodo, prueba de un “*patrón de crecimiento expansivo y de baja densidad*”, cual suele ser asociado con un consumo ineficiente del suelo, estructuras urbanas discontinuas, un alto grado de fragmentación, y una mayor degradación ambiental (ONU-Hábitat, 2018). La explosión demográfica sí cambió todo, la política, la cultura, el amor, y tal vez, antes de todo, la relación del hombre a su entorno natural. La constitución de zonas urbanas densas implicó una gestión de los bienes comunes a una escala nueva así como una mayor presión sobre los recursos naturales. En el caso de la Ciudad de México, se tradujo por una desaparición progresiva de las zonas lacustres y un sobreconsumo de los recursos hídricos disponibles. (Legorreta, 2006 ; SACMEX, 2012 ; Vitz, 2018)

Como resultado de la expansión urbana, del crecimiento demográfico, de la artificialización de los suelos, y de la desecación del valle de México, la metrópolis presentaba en 2013 la menor disponibilidad hídrica de todas las regiones hidrológicas del país : 101 metros cúbicos por

² Datos disponibles en <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=MX>

³ “Superficie de CDMX crece a ritmo tres veces superior al de su población”, ONU Hábitat, 2018, disponible en <https://onuhabitat.org.mx/index.php/superficie-de-cdmx-crece-a-ritmo-tres-veces-superior-al-de-su-poblacion?fbclid=IwAR3O0vKLj0z4fglrGrk-dz26ZLOEHnLp4w-NTmcklPJnpFbNjlyV2lFwdwA>

habitante y por año (Cohen & Mancera, 2018). Según la ONU⁴, una área que dispone de menos de 1700 m³ por habitante está en una situación de “estrés hídrico”, si dispone de menos de 1000 m³ por habitante, sufre de “escasez de agua”, y si dispone de menos de 500 m³, presenta una “escasez absoluta de agua”. Al considerar estos estándares internacionales, la situación de la Zona Metropolitana del Valle de México es crítica. La escasez física de agua en el Valle de México, sumada a desigualdades de repartición y de inversiones en infraestructuras, tiene repercusiones directas y espacialmente diferenciadas sobre la vida de los habitantes capitalinos.

En 2015, según estadísticas de la INEGI, el 98.7 % de las viviendas particulares habitadas de la CDMX contaban con disponibilidad de agua entubada en el ámbito de la vivienda⁵, y el 99,42% de los habitantes de la CDMX tenían acceso a agua potable⁶. Ahora, que el 98,7% de las viviendas tengan disponibilidad de agua entubada, es decir que estén conectadas a la red, no significa que les llega agua diario y aún menos que les llega de buena calidad. A nivel nacional, según la Encuesta Nacional de Hogares de 2017 del INEGI, el 94% de las viviendas tienen acceso a agua dentro de la vivienda o en el terreno de la vivienda. Sin embargo, según el mismo estudio, solo el 69,2% de las viviendas tienen recepción de agua diaria. Al contrario, un 13% tiene recepción cada tercer día, un 5% tiene recepción dos veces a la semana, un 3,9% tiene recepción una vez a la semana, y un 2,9% tiene recepción de vez en cuando. La Ciudad de México se ubica arriba del promedio nacional, puesto que el 79,6% de las viviendas capitalinas disponen de una recepción de agua diaria, cuando el Estado de México está en un 61,6%.⁷ Dentro de la Ciudad de México, la recepción de agua es socialmente y espacialmente desigual, siendo las alcaldías del Sur-Poniente las más expuestas a escasez de agua: Iztapalapa, Tláhuac, Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta (Salazar-Vargas, 2014)

En un estudio titulado “*Captación de la lluvia en la Ciudad de México : Un análisis de las desigualdades espaciales*”, publicado en 2019 y dirigido por Elizabeth Tellman, se presentó un mapa de la precariedad hídrica en la Ciudad de México (mapa 4). El índice de precariedad hídrica, se construye a partir de elementos de precariedad social (desarrollo, marginación,

⁴ International Decade for Action “Water for Life” (2005-2015), información disponible en <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

⁵ Datos del INEGI disponibles en <https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda/>

⁶ Datos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales disponibles en https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores19/conjuntob/indicador/02_agua/2_1_11.html

⁷ Resultados de la Encuesta Nacional de Hogares 2017 del INEGI, disponibles en https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enh/2017/doc/enh2017_resultados.pdf

escolaridad, ocupantes por cuarto, asentamientos irregulares) y de precariedad física (viviendas sin agua entubada, tandeo de agua) y se mide a nivel de manzana. Se observa una división entre el Sur y el Norte de la Ciudad de México, destacando zonas de alta precariedad hídrica y social en las alcaldías Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta, y Tláhuac. El Sur de las alcaldías Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, y Magdalena Contreras también presenta altos niveles de precariedad, en las zonas de construcción más recientes y más alejadas. Por fin, la alcaldía Iztapalapa presenta situaciones diversas, con grandes zonas de precariedad media. Cabe aquí recordar que la alcaldía Iztapalapa concentra el 20,5% de la población capitalina pero solo consume el 15% del agua consumido en la Ciudad de México, el mayor déficit de consumo de todas las alcaldías (Salazar-Vargas, 2014). Estos datos de precariedad hídrica coinciden con los datos de consumo, puesto que las cinco alcaldías con niveles más bajos de consumo per cápita en 2012 eran Iztapalapa, Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac (Salazar-Vargas, 2014).

Frente a esta precariedad hídrica, el propósito del estudio dirigido por Elizabeth Tellman era medir el impacto de una solución técnica y política alternativa : la captación de lluvia. En una ciudad enfrentada a inundaciones y escasez de agua (Legorreta, 2012), donde los habitantes sufren a la vez de la abundancia de la lluvia⁸ y de una carencia del recurso hídrico, la captación de agua de lluvia para el consumo doméstico parece solucionar la paradoja. La captación de lluvia (*rainwater harvesting* en la literatura anglosajona) es una técnica de colección y almacenamiento del agua de lluvia en depósitos naturales o en tanques, y también puede designar estrategias de infiltración del agua hacia reservas subterráneas. Una técnica común de captación de lluvia es la captación en techos. Los techos de edificios, aunque de materiales variables (tejas, laminas, cemento, plásticos), se pueden usar para dirigir y captar el agua de lluvia, con fin de reusarla para el consumo doméstico. Estas instalaciones, conocidas como sistemas de captación de lluvia o *rainwater harvesting systems*, se componen de elementos bastante básicos: una área de captación, una tubería de conducta, un separador de primeras lluvias⁹, un tanque de almacenamiento, filtros para mejorar la calidad del agua, un sistema de bombeo y de distribución del agua (Gleason Espíndola y Corona Sánchez, 2020).

⁸ La territorialización del riesgo de inundaciones en la Ciudad de México se representa en un Atlas elaborado por la Conagua y la Conapred, disponible en <https://datos.cdmx.gob.mx/explore/dataset/atlas-de-riesgo-inundaciones/custom/>

⁹ El separador de primeras lluvias colecta el agua de los primeros minutos de lluvia (más cargada de contaminantes) para que no entre al sistema de captación y de almacenamiento

En los últimos años, frente a la urgencia social relacionada a la escasez de agua, la idea de captar la lluvia en la Ciudad de México ganó importancia en el debate público hasta convertirse en una política pública del gobierno de Claudia Sheinbaum : el programa Cosecha de Lluvia¹⁰. Este programa, iniciado en 2019, contempla la instalación de 100 000 sistemas domésticos de captación de lluvia en zonas que presentan altos índices de precariedad hídrica. El primer año del programa estuvo destinado a colonias de las alcaldías Iztapalapa y Xochimilco, y logró la instalación de sistemas de captación en más de 10 000 hogares. El ejecutante de este primer año de programa ha sido la empresa Isla Urbana, una estructura “*conformada por un grupo interdisciplinario de diseñadores, urbanistas, ingenieros, antropólogos, educadores y artistas dedicados a demostrar la viabilidad de la captación de lluvia en México*”¹¹.

Iniciado en 2009, el proyecto Isla Urbana siempre ha tenido una vocación social: dar un acceso doméstico al agua a familias en situación de precariedad hídrica y de marginación social. Para cumplir este objetivo, los ingenieros de Isla Urbana diseñaron un sistema doméstico de captación de lluvia¹², instalado primero de forma independiente, y luego en el marco de colaboraciones con los gobiernos delegacionales. Aunque existen otras iniciativas en la Ciudad de México, como Soluciones Hidropluviales para la captación en grandes superficies, Isla Urbana ha sido la estructura pionera que logró poner el tema de la captación de lluvia en la agenda pública. Al ganar reconocimiento académico, político, e internacional, Isla Urbana demostró la eficiencia del proceso de captación de lluvia para mejorar el acceso al agua en la Ciudad de México. Por la prueba física de los sistemas ya instalados y por un amplio trabajo de comunicación, Isla Urbana, junto a otros actores de la sociedad civil, dio visibilidad a esta opción alternativa de abastecimiento de agua.

La captación de lluvia se implantó en la Ciudad de México por motivos sociales evidentes y por medio del empresarismo social. Esta práctica, a menudo asociada a dinámicas asociativas, respondió a necesidades urgentes de familias en situación de precariedad hídrica. Por el deber históricamente construido de proveer agua a sus habitantes (González Reynoso, 2016) y de garantizar el derecho constitucional de acceso al agua, la captación de lluvia luego recibió apoyo político. El artículo 4, párrafo 6, de la Constitución Política de los Estados Unidos

¹⁰ Página oficial de la SEDEMA (<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/programa-de-sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-en-viviendas-de-la-ciudad-de-mexico>)

¹¹ Sitio de Isla Urbana (<https://islaurbana.org/isla-urbana/>)

¹² Descripción disponible en <https://islaurbana.org/sistemas-de-ciudad/>

Mexicanos así dice *“Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.”* El artículo 9, “Ciudad Solidaria”, de la Constitución Política de la Ciudad de México también garantiza este derecho: *“Toda persona tiene derecho al acceso, a la disposición y saneamiento de agua potable suficiente, salubre, segura, asequible, accesible y de calidad para el uso personal y domestico de una forma adecuada a la dignidad, la vida, y la salud”*. La captación de lluvia entonces vino a percibirse como una forma de garantizar el derecho al agua para habitantes que carecen del líquido vital en la capital mexicana.

Sin embargo, más que una ecotecnología astuciosa para familias en situación de emergencia, lo cual implica una temporalidad y una espacialidad reducidas, los defensores de la captación de lluvia la consideran como una verdadera solución de abastecimiento para la Ciudad de México. El vertiente ecológico de esta práctica, es decir la reducción del consumo del agua de los acuíferos, sugiere que la realización de programas sociales en zonas de alta precariedad hídrica solo es una primera etapa. La siguiente etapa sería generalizar la captación de lluvia en todas las partes de la ciudad, según las posibilidades técnicas ofertas por los diferentes edificios. De esta forma, la captación de lluvia podría representar un porcentaje más o menos significativo del suministro de agua en la Ciudad de México. Esta cantidad de agua captada, la cual evaluaremos más adelante, es una cantidad de agua que no se toma de las fuentes tradicionales de agua (pozos subterráneos y trasvases), así reduciendo la presión sobre los recursos hídricos. Mas allá de la estimación cuantitativa, la captación de lluvia es una forma de incluir formas alternativas de manejo del agua en la cultura hídrica de la ciudad. Hacer que la captación de lluvia se arraigue en las políticas hídricas de la Ciudad de México es un paso hacia una nueva cultura del agua y un manejo más sustentable del agua.

Problemática

De estas primeras consideraciones, resalta una tensión entre la idea de abastecimiento de emergencia y la idea de estrategia hídrica a largo plazo. Las posibilidades de extensión de la captación de lluvia están condicionadas por esta oposición de percepciones. La problemática principal que motivó este trabajo entonces es la siguiente: **¿La captación de lluvia, una tecnología para situaciones de emergencia o una nueva fuente de abastecimiento para la Ciudad de México ?** Para contestar esta problemática, nuestro estudio deberá enfocarse tanto en las posibilidades técnicas ofrecidas por la captación de lluvia, como en las percepciones políticas y sociales de esta práctica. A lo largo de nuestro estudio, así intentaremos contestar una pregunta de investigación más precisa: **¿Cómo y qué tanto la captación de lluvia puede establecerse como una práctica hídrica en la Ciudad de México?**

En un primer tiempo, una revisión histórica de las políticas hídricas en la Ciudad de México nos ayudará en contextualizar y entender los retos actuales de la capital mexicana. De allí, podremos estudiar la aceptación progresiva de la idea de “captar la lluvia” por las autoridades políticas, frente a la crisis hídrica y a sus consecuencias sociales. Acostumbrada a las grandes obras hidráulicas, la administración capitalina paulatinamente incluyó, en su discurso y en sus prácticas, fuentes alternativas de abastecimiento e infraestructuras ligeras. Sin embargo, la implantación durable de esta práctica en los programas políticos está condicionada por la muestra de su potencial técnico y por su aceptación social.

En un segundo tiempo, nos interesaremos en el potencial técnico de la captación de lluvia. Esto requiere una presentación detallada de la tecnología de captación de lluvia en sistemas domésticos, antes de evaluar su potencial a nivel de hogares (¿qué tanto cubre las necesidades de una familia?) y a nivel de ciudad (¿qué beneficios representa para el suministro de agua en la ciudad?). Por fin, para que la captación de lluvia se establezca como práctica hídrica en la Ciudad de México, hace falta una adopción social de la práctica. Con base a un estudio de campo realizado en la alcaldía Tláhuac y en varias fuentes documentales, se discutirán las condiciones, las percepciones, y las consecuencias sociales de la captación de lluvia.

Marco teórico

El estudio de la evolución de las políticas hídricas en la Ciudad de México se enmarca en el campo de investigación de la historia ambiental. La noción y el campo académico de la historia ambiental surgieron en Estados-Unidos, en particular con un artículo del historiador Roderick Nash titulado *American Environmental History: A New Teaching Frontier* y publicado en 1972. El reconocimiento de la magnitud de las amenazas naturales y del impacto humano sobre la naturaleza no-humana, en particular con la desaparición de las zonas consideradas como naturales o salvajes, alimentó este campo de estudio. Sin embargo, esta distinción estricta entre las sociedades humanas y la naturaleza no-humana llevó a los autores anglosajones a enfocarse en territorios rurales. Autores así argumentaron que la historia ambiental no debía estudiar las ciudades, expresión integral de la cultura humana, sino enfocarse en la naturaleza, en la esfera del “no-humano”, en el mundo rural (Worster, 1990). La distinción entre historia “tradicional” e historia “ambiental” se apoyaría entonces en una dicotomía entre cultura y naturaleza, excluyendo necesariamente las ciudades del campo de la historia ambiental. Esta visión fue abundantemente criticada, ya en los años 1990, por autores partidarios de una historia ambiental urbana.

En 1994, en un volumen especial del *Journal of Urban History*, una variedad de historiadores subrayan la “importancia de una perspectiva urbana en la historia ambiental” (Rosen & Tarr, 1994), y presentan investigaciones dedicadas al impacto del crecimiento urbano sobre los entornos naturales de las ciudades (Hamlin, 1994 ; Hurley, 1994 ; Melosi, 1994 ; Rome, 1994). Por ejemplo, Martin Melosi investigó sobre cómo el desarrollo de infraestructuras hidráulicas en Houston (abastecimiento, drenaje, tratamiento) fue una cause de inundaciones, de degradación y de contaminación de los cuerpos de agua, de agotamiento de los recursos subterráneos, y de hundimiento del suelo. Esta inclusión del fenómeno urbano en los estudios que se reclaman de la “historia ambiental” implica una ruptura con la dicotomía entre ciudad humana y naturaleza no-humana. En lugar de esta dicotomía, surge una dialéctica de la coproducción (Cronon, 1991). En un estudio titulado *Nature's Metropolis*, William Cronon así muestra como la naturaleza del Mid-West condicionó la producción de la ciudad de Chicago. Por su consumo de recursos, sus infraestructuras, su régimen tecnológico, y sus decisiones políticas, la ciudad también produjo su entorno natural. La noción misma de medio-ambiente, en oposición a “naturaleza”, corresponde con esta percepción de Cronon. El medio-ambiente

precisamente es la naturaleza transformada por la intervención humana (Giddens, 1994) y la historia ambiental lógicamente tiene que incluir las ciudades.

Si la tradición filosófica occidental opone, desde Aristóteles, la naturaleza, producto de su propio movimiento, y la cultura, producto de la acción humana, la historia ambiental altera esta dicotomía, junto a otros campos de reflexión. Primero, ensayos antropológicos cuestionan la dicotomía naturaleza-cultura, subrayando la hibridez de los objetos modernos (Latour, 1991) o estudiando sociedades que no comparten esta dicotomía (Descola, 2005). Segundo, apoyándose en las nociones de “metabolismo” o de “naturaleza humanizada”, una tradición marxista ve, en las relaciones hombre-naturaleza, una expresión de los sistemas de producción y de dominación. Esta visión alimentó en particular una historia ambiental de los países colonizados por imperios occidentales, es decir de la transformación de la relación hombre-naturaleza impuesta por la dominación colonial. Esta literatura, cuando se reclama del campo de la historia ambiental, suele provenir de academias anglosajones (Arnold & Guha, 1995; Hughes & Grove, 1995). Sin embargo, otra literatura, anterior o no a la noción de “historia ambiental”, proviene de los países sometidos a esta dominación colonial y denuncia la explotación de los recursos naturales locales (Galeano, 1971). Esta percepción de las dinámicas políticas y económicas en las relaciones hombre-naturaleza es transferible al espacio urbano. Mike Davis, autor de sensibilidad marxista y figura estadounidense de la geografía crítica, así estudia la interacción entre las políticas públicas y los desastres naturales en Los Ángeles (Davis, 1998). Esta interacción entre políticas públicas y medio-ambiente ha sido el tema de recientes investigaciones sobre la Ciudad de México. En particular, destaca *A city on a lake : Urban political ecology and the growth of Mexico City* de Matthew Vitz, publicado en 2018. El historiador estadounidense se interesa, en sus investigaciones, a las manifestaciones del poder en el entorno material, en los metabolismos urbanos, en las relaciones de las ciudades y sus alrededores (hinterland). En su obra, así estudia la evolución de las políticas hídricas y la formación del medio-ambiente metropolitano de la Ciudad de México.

En el marco de nuestro trabajo, dedicado a la inclusión de la captación de lluvia en las prácticas hídricas de la Ciudad de México, es imprescindible tener en cuenta esta historia política y ambiental. La evolución de las políticas hídricas de la metrópolis se relaciona con las nociones de “metabolismo urbano” y de “paradigma hídrica”. Como lo mencionamos, la noción de metabolismo urbano es heredada de Marx. Este término regresó a la literatura científica por preocupaciones ecológicas, como la falta de agua, la evacuación de las aguas residuales, y la

contaminación del aire en las ciudades estadounidenses (Wolman, 1965). También se integró a las reflexiones sobre la ciudad sustentable con el objetivo de pasar de un metabolismo lineal a un metabolismo circular (Girardet, 1999 ; Diaz Alvarez, 2014). La captación de lluvia se inscribe dentro de esta lógica circular de una ciudad que aprovecha los recursos naturales ya usados o destinados a desperdiciarse. En el caso más preciso de los recursos hídricos, también se ha desarrollado la noción de sistema hídrico urbano (Hering & al, 2013; Tvedt & Oestigaard, 2014), la cual designa el conjunto de infraestructuras, de relaciones sociales, y de recursos que condicionan el uso del agua en una ciudad. Estos sistemas hídricos urbanos presentan características que permiten su clasificación en paradigmas (Del Moral & al, 2014), en “estadios de transición” (Wong & al., 2009), o en regímenes (Méndez & al, 2012 ; Hess, 2016). Esta literatura presenta un análisis histórico común : una lenta transición de un paradigma hidráulico (caracterizado por grandes obras de ingeniería) a un paradigma post hidráulico (caracterizado por infraestructuras ligeras y dispositivos de ahorro), de una “water-supply city” a una “water-sensitive city”.

En particular, Wong & Brown, basándose en el contexto australiano, proponen etapas interesantes de transición : a) la “water-supply city”, con la simple voluntad de satisfacer la demanda de agua de una población reducida, ; b) la “sewered-city” o ciudad alcantarillada, caracterizada por políticas sanitarias ; c) la “drained city” o ciudad drenada, con la protección de una población creciente de la amenaza de las inundaciones ; d) la “waterway city” con la rehabilitación de las vías de agua contaminadas ; e) la “watercycle city” con prácticas de conservación y de reúso del agua frente al agotamiento de los recursos (incluyendo la captación de lluvia) ; f) la “water-sensitive city” con un compromiso social más profundo en favor de la preservación de los recursos naturales. Aunque suele pertenecer al campo de la planificación urbana, esta literatura se relaciona con el campo de la historia ambiental al proponer una sistematización de la relación entre las ciudades y los recursos hídricos. Establecer paradigmas o regímenes también permite categorizar las políticas y las practicas hídricas de una administración. La captación de lluvia, por ejemplo, no es una práctica aislada sino el símbolo de un cambio de paradigma hídrico. Como lo sugiere el modelo citado, alcanzar los límites de los recursos tradicionales metropolitanos incita a considerar prácticas alternativas que toman en cuenta el ciclo del agua. La captación de lluvia es una de estas prácticas. Sin embargo, prácticas y paradigmas no se imponen naturalmente o mecánicamente, sino mediante conflictos entre actores y coaliciones políticas (Massardier & al, 2016) o mediante perturbaciones importantes del sistema (Johanessen & Wamsler, 2017). La inclusión de la captación de lluvia

en las políticas públicas de la Ciudad de México, con el programa Cosecha de Lluvia iniciado en 2019, se apoyó tanto en un largo trabajo de coaliciones políticas como en la amenaza de la crisis hídrica. Si existe una literatura técnica sobre la captación de lluvia en ciudades, y en particular en la Ciudad de México, la revisión de este proceso político ha sido poco investigada.

A nivel internacional, la literatura sobre la captación de lluvia en espacios urbanos a menudo consiste en estudios técnicos (Mohammed & al, 2018). Sin embargo, publicaciones recientes se esfuerzan en comparar una variedad de experiencias internacionales y proponer una visión integral de la captación de lluvia. Si los autores pertenecen al campo de la ingeniería ambiental y se enfocan al aspecto tecnológico, también cuestionan la estructura institucional y socio-política que condiciona el desarrollo de la captación de lluvia (Campisano & al, 2017). Una publicación reciente de la *International Water Association* así estudió una variedad de experiencias internacionales : territorios insulares, espacios rurales áridos, espacios urbanos, captación doméstica en situaciones de precariedad hídrica, captación mediante infraestructuras públicas ecológicas, políticas gubernamentales, procesos asociativos... (Gleason-Espíndola & al, 2020). Esta obra colectiva da una visión amplia de los retos de implementación que suelen surgir en contextos urbanos, e incluso en la Ciudad de México (Vargas & Lomnitz, 2020).

En el caso específico de la Ciudad de México, la literatura científica ya se interesó a la captación de lluvia y la empresa pionera en este ámbito, Isla Urbana. Dentro de las investigaciones realizadas, destacan estudios de calidad del agua (Isla Urbana, 2017; Gispert Mireya & al, 2018) y estudios del potencial técnico o cuantitativo de la captación de lluvia (Tellman & al, 2019). Esta literatura ha sido un recurso valioso al momento de redactar las partes más técnicas de mi tesis. La investigación reciente de John Mensik también ofreció un análisis pertinente de la dimensión política y social de la captación de lluvia, inscribiéndola en una larga historia de relaciones conflictuales entre gobiernos locales y residentes en situación de precariedad hídrica (Mensik, 2019). Este último estudio se enfoca en las percepciones sociales de los beneficiarios y en sus relaciones con las autoridades políticas. A lo largo de mi tesis, y gracias al estudio de caso realizado, también ambiciono observar y analizar las dinámicas sociales relacionadas a la captación de lluvia. Sin embargo, un objetivo de este trabajo es relacionar el análisis local con la historia ambiental de la metrópoli. Entender las condiciones políticas de un cambio de paradigma hídrico al nivel de la administración central y entender las condiciones técnicas y sociales de la adhesión de los residentes capitalinos a este cambio.

Metodología

Dado el papel destacado de Isla Urbana en la implementación de sistemas de captación de lluvia en la Ciudad de México, decidí entrar en contacto con miembros de la organización. Mis objetivos eran 1) entender mejor todos los aspectos técnicos de los sistemas de captación de lluvia 2) entrevistar a miembros sobre su trabajo, su visión de la captación de lluvia, sus interacciones con actores políticos 3) seguir acciones de Isla Urbana : visitas a comunidades que ya usan el sistema de captación de lluvia (Paraje Quiltepec), instalaciones de sistemas o visitas de seguimiento para entrevistar a familias beneficiarias, juntas comunitarias o trabajo social en escuelas, posibles reuniones con representantes políticos.

Con este trabajo de campo, esperaba observar primero las diferencias de visiones entre Isla Urbana y los actores políticos, así como las consecuencias de la inclusión del trabajo social de la empresa en una política pública de la Ciudad de México. Segundo, esperaba observar las dinámicas sociales relacionadas a la captación de lluvia, es decir quiénes son los beneficiarios, cómo consideran esta práctica, cómo cambian o no sus costumbres, y cómo Isla Urbana intenta difundir otra forma de relacionarse al agua. Mediante estos dos ejes, ambicionaba investigar las condiciones y las posibilidades de anclaje de la captación de lluvia al nivel político y al nivel social. Sin embargo, la pandemia de COVID-19 considerablemente redujo las posibilidades de realizar este trabajo de campo.

De los miembros de Isla Urbana, pude entrevistar a Emilio Becerril, encargado de las políticas públicas, y a Ana Paula Mejorada, encargada del programa Escuelas de Lluvia¹³. Esta última amablemente me dejó acompañarla en intervenciones en la escuela primaria Daniel Cosío Villegas de la alcaldía Tláhuac, la cual recién benefició de un sistema de captación de lluvia. Después de asistir a talleres colectivos con los padres de familia y los alumnos de la escuela, pude realizar dos entrevistas : una madre de familia de la escuela Daniel Cosío Villegas, y la directora de la escuela Luis Peniche Vallado, escuela vecina que lleva un año beneficiando de un sistema de captación de lluvia. Aunque el cierre de las escuelas, medida preventiva frente a la pandemia de Covid-19, me impidió coleccionar más observaciones, este trabajo está presentado en un estudio de caso (II.B.) Para conseguir más información, también pude beneficiar de los

¹³ Este programa contempla la instalación de sistemas de captación de lluvia en escuelas que sufren de escasez de agua (descripción disponible en <https://islaurbana.org/escuelas-de-lluvia/>)

ocho seminarios “Cosecha Colectiva” dados por Isla Urbana cada semana de mayo y junio. En estos seminarios virtuales, miembros de Isla Urbana hablaban de su experiencia y de sus proyectos, y contestaban preguntas durante una hora y media.

Debido a este contexto especial, he tenido que reorientar mi trabajo de investigación hacia más análisis documental. Primero, estudios previos de la historia hídrica de la Ciudad de México me permitieron contextualizar el surgimiento de la captación de lluvia como solución alternativa. Una variedad de documentos institucionales, emitidos a varias escalas de gobierno, luego me ayudaron en describir la aceptación progresiva de esta solución en las políticas públicas. Los documentos institucionales también permiten realizar un análisis discursivo, es decir comparar el discurso oficial con los discursos colectados en las entrevistas y las visitas de campo. Por fin, la literatura científica reciente sobre la captación de lluvia en la Ciudad de México conforma otro bloque documental. En particular, los trabajos de evaluación técnica de los sistemas y los estudios relativos a las percepciones sociales de los beneficiarios me ayudaron en redactar la segunda parte de esta tesis.

I. La aceptación política de la captación de lluvia en un contexto de crisis hídrica

A. La constitución histórica del paradigma hídrico de la Ciudad de México

1. Historia de las obras hidráulicas en la Ciudad de México

1.1 “De Tenochtitlan a la megalópolis” (Legorreta) : la desecación del Valle de México

Este resumen histórico de la historia hídrica de la Ciudad de México se apoya en varias fuentes. Para garantizar la claridad del texto, prefiero mencionarlas una sola vez aquí. Mis fuentes principales fueron *El agua y la ciudad de México : De Tenochtitlan a la megalópolis del siglo XXI* de Jorge Legorreta (2006), *A City on a Lake : Urban Political Ecology and the Growth of Mexico City* de Matthew Vitz (2018), y *El gran reto del agua de la Ciudad de México* coordinado por Salomón Abedrop para el SACMEX (2012). Sobre temas más precisos, también me apoyé en *La región hidropolitana de la Ciudad de México : conflicto gubernamental y social por los trasvases Lerma y Cutzamala* de Arsenio González Reynoso (2016), y en *De Tlaloc à Hippocrate. L'eau et l'organisation de l'espace dans le bassin de Mexico (XVIe-XVIIIe siècle)* de Alain Musset (1991). Por fin, cabe mencionar dos obras colectivas de síntesis sobre la situación hídrica de la Ciudad de México : *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México (2005)* coordinada por Manuel Perló Cohen y Arsenio González Reynoso, y *La Crisis del Agua y la Metrópoli : Alternativas para la Zona metropolitana del Valle de México (2018)*, coordinada por Manuel Perló Cohen y Loreta Castro Reguera Mancera.

- Una política colonial de desaparición del entorno lacustre

“Vi otro mundo de grandes poblaciones y torres, y una mar, y dentro de ella una ciudad muy grande, edificada, que a la verdad ponía temor y espanto”. Estos fueron las palabras del primer soldado europeo quien conoció, a cabo de una larga expedición, la ciudad de Tenochtitlan (Legorreta, 2006). Este relato enfático, pronunciado al regresar a las bases españolas de Tlaxcala, describe la capital del imperio mexica y su entorno natural, la Cuenca de México. Originalmente, la Cuenca de México era una cuenca endorreica, sin ninguna salida hacia el mar, es decir sin ruta de evacuación de las aguas pluviales. El agua precipitada en la zona generaba

escurrimientos cuales originaron un gran lago, aquí evocado como un mar. En las orillas de este mar, otras ciudades conformaban el panorama observado por los españoles en 1519: Coyoacán, Tacuba, Azcapotzalco, Cuautitlán, Zumpango, Texcoco, Chimalhuacán, Iztapalapa, Xochimilco, Chalco. Y en medio de este “mar”, de hecho conformada por seis lagos (Zumpango, San Cristóbal, Xaltocan, Xochimilco, Chalco, y Texcoco), la asombrosa ciudad de México-Tenochtitlan asentada en una isla del lago Texcoco.

Tenochtitlan era una ciudad sobre el agua donde, fuera de la isla central y de unos islotes, se establecieron calzadas y chinampas de uso agrícola, donde se circulaba en canoas por los canales y las zonas de navegación, y donde el agua estaba regulada por construcciones hidráulicas. Esta adaptación al entorno lacustre sorprendió y asustó a los españoles, quienes no sabían manejar las infraestructuras indígenas. Las diques y calzadas descritas por Cortes en sus letras a Carlos Quinto formaban parte de un amplio sistema hidráulico, construido con el propósito de mantener el balance de las aguas en la cuenca. Para protegerse de las inundaciones, los habitantes de México-Tenochtitlan erigieron un sistema defensivo cual ayudaba a contener las aguas y a valorarlas. Una obra maestra de este sistema era el albarradón de Nezahualcóyotl, construido en 1449, construido para mitigar las inundaciones, garantizar el nivel del agua de la culturas, y separar las aguas dulces del sur de las aguas salobres del lago Texcoco. En relación con calzadas y diques, esta construcción permitía proteger la ciudad y los cultivos de las inundaciones causadas por precipitaciones abundantes.



Mapa 1. « Mapa de Nuremberg », 1524 (a la izquierda, el Golfo de México, a la derecha, la ciudad de Tenochtitlan). La representación no corresponde con las verdaderas orientaciones cardinales : el bosque de Chapultepec, aquí representado en el Norte, se ubica más bien en la parte occidental del lago.



La Gran Tenochtitlan, Mural en el Palacio Nacional de México, Diego Rivera, 1945. En el fondo, se reconoce los edificios y los canales de la ciudad de Tenochtitlan, asentada en un lago y rodeada por montañas.

Esta relación de Tenochtitlan con su entorno acuático asombró a los españoles porque no disponían de los modelos culturales ni de los conocimientos técnicos para entenderla. Dicho de otra forma, los españoles no consiguieron el manejo técnico y cultural del agua en esta zona, y la desaparición del entorno lacustre rápidamente se volvió un objetivo estratégico. Los conquistadores, enfrentados a inundaciones importantes, querían transportar el agua fuera de la cuenca de México. Sacar el agua de una cuenca endorreica suponía obras de ingeniería colosales. Tras la consulta de muchos científicos, el cosmógrafo Enrico Martínez quedó encargado del proyecto, y el túnel de Huehuetoca se construyó entre 1607 y 1608. Este túnel, primer drenaje de la ciudad, drenaba las aguas del lago Zumpango hacia el río Cuautitlán, y de allí hacia el río Tula. Sin embargo, las grandes inundaciones que dañaron la ciudad entre 1629 y 1634 demostraron la insuficiencia de tal obra de ingeniería.

La labor de Enrico Martínez fue abundantemente criticada hasta su muerte en 1632, aunque su última propuesta - la construcción de un canal que partiera del lago de Texcoco para luego atravesar los lagos de Xaltocan, San Cristóbal y Zumpango - irónicamente corresponde con la traza del Canal de Desagüe construido tres siglos después y con el del Túnel Emisor Oriente inaugurado a finales de 2019. Después de estas inundaciones, se decidió, en 1637, que el desagüe se hiciera a tajo abierto. Con mayor profundidad y mayor anchura, esta nueva obra permitiría drenar las aguas del norte (concentradas en los lagos Zumpango y San Cristóbal) pero también las de la laguna de México. Estas obras duraron casi dos siglos, pues fue durante la primavera del año 1789 cuando fue instalado el último tramo del tajo abierto del desagüe de Huehuetoca. Conocida bajo el nombre de Tajo de Nochistongo, esta obra fue la primera salida artificial de la cuenca de México, conduciendo sus aguas hacia el río Tula. Con una salida artificial, la cuenca de México entonces dejó de ser una cuenca endorreica.

Esta decisión histórica - abrir la cuenca de México - definió el paradigma de manejo del agua en la Ciudad de México para los siglos siguientes. En la ciudad mexicana, el agua estaba incorporada en el diseño urbano, el agua era presente y visible en el espacio urbano. Al contrario, las obras del siglo XVII fueron el primer paso hacia la desecación de los lagos y la desaparición progresiva del agua de la imagen de la ciudad. En 1803, al relatar su viaje reciente a la Ciudad de México, Alexander Von Humboldt menciona esta desecación con cierta ironía: *“It would appear that the first conquerors wished the beautiful valley of Tenochtitlan to resemble the Castilian soil, which is dry and destitute of vegetation”* (Vitz, 2018, p.28)

- Construir una ciudad moderna en los siglos XIX y XX

En el siglo XIX, a la amenaza de inundaciones se suma la preocupación sanitaria, por la concentración de desechos humanos en las aguas urbanas generaba un problema de salubridad. Para solucionar ambos problemas, se buscó realizar un proyecto de desagüe general, por lo cual se publicó una convocatoria en 1856. Las obras fueron confiadas al ingeniero Francisco de Garay y empezaron diez años más tarde. El proyecto de Garay consistía en crear una nueva salida artificial en la cuenca de México, al abrir un canal entre el lago Texcoco y el río Tequixquiac (mapa 2). Suspendidas por la Guerra de Reforma y el fin del imperio Habsburgo, las obras fueron retomadas bajo el Porfiriato como parte del Gran Canal de Desagüe de la Ciudad de México. Esta obra tenía como propósito controlar el nivel del lago Texcoco conduciendo el agua hacia el río Tula o sus afluentes, y por ende, al Golfo de México.

Tres partes principales eran necesarias para la construcción del Canal de Desagüe : un canal que partiera del oriente de la ciudad y que atravesara los lagos Texcoco y San Cristóbal hasta llegar cerca del municipio de Zumpango, un túnel de 10 kilómetros entre este punto y el pueblo de Tequixquiac, y, al final de este túnel, un tajo de salida que se uniera con el río Tequixquiac. El Gran Canal fue inaugurado el 17 de marzo del año 1900 por Porfirio Díaz, y en los años siguientes, se inició la construcción de una red de alcantarillado asociada al canal. Acabada en los años 30, esta red es un testimonio de las obras higienistas empezadas bajo el porfiriato y del paradigma sanitario que rijo el manejo del agua en la ciudad. Iniciada por razones técnicas y culturales, la desaparición física del agua en la ciudad tenía que seguir por razones sanitarias. Reducir el volumen de los lagos o entubar los ríos eran formas de luchar contra la insalubridad y las enfermedades, encima de las nuevas posibilidades urbanísticas que estas obras permitían.



Mapa 2. Mapa del Desagüe del Valle de México por el ingeniero Francisco de Garay, 1886 (Archivo General de la Nación). Los colores dividen la Cuenca de México en tres partes según factores topográficos e hídricos. El círculo azul, alrededor de la Ciudad de México, delimita la zona que se quiere desecar completamente. Los trazados que se parecen a representaciones de vías son los canales de desagüe imaginados por Garay. En particular, un canal parte del lago Texcoco, atraviesa el lago San Cristóbal, y se dirige hacia el noroeste de la Ciudad hasta unirse con el río Tequixquiac.

En el siglo XX, continuaron las obras de desagüe de la Ciudad de México, destinadas a evacuar volúmenes cada vez más grandes de agua fuera de la Cuenca de México. Entre 1930 y 1940, la población de la ciudad se duplicó para llegar a dos millones, un crecimiento demográfico asociado a una expansión urbana importante. Estos fenómenos revelaron los límites del Gran Canal de Desagüe y la necesidad de más infraestructuras para acabar con las inundaciones. Así se construyó el segundo túnel de Tequixquiac, tercera salida artificial de la Cuenca de México, puesto en servicio en 1947. Solo cuatro años después, el 15 de julio de 1951, surgió la última gran inundación de la Ciudad de México, cual dejó muchas colonias capitalinas bajo el agua. Esta noche de julio, no funcionó el Gran Canal, el agua no llegaba hasta el Túnel de Tequixquiac sino se acumulaba en los drenajes (en parte por la presencia de grandes tapones de grasa), en los colectores, en las calles, y en las viviendas.

A partir de allí, se construyeron primero plantas de bombeo en la Ciudad de México y en el Estado de México, para elevar las aguas negras y pluviales hasta el Gran Canal. Segundo, se empezó a estudiar la construcción de un sistema de drenaje profundo, que no estaría afectado por los hundimientos del suelo y que no necesitaría la energía de centenas de plantas de bombeo. Este sistema fue inaugurado en 1975 con la construcción del Túnel Emisor Central, creando una nueva salida artificial hacia el Estado de Hidalgo y el río Tula. Las administraciones posteriores trabajaron en amplificar el sistema dentro de la Ciudad de México, el cual ahora cuenta con nueve interceptores. A la fecha de su inauguración, la Zona Metropolitana del Valle de México contaba con 10 millones de habitantes, y la capacidad total de evacuación de las aguas negras y pluviales alcanzaba 280 m³/s. En 2008, con una población doble - alrededor de 20 millones de personas - esta misma capacidad era de 195 m³/s¹⁴. Para aumentar de nuevo esta capacidad y mitigar las inundaciones, se inició la construcción de un nuevo drenaje profundo, el Túnel Emisor Oriente. Inaugurado en diciembre de 2019, este túnel forma la quinta salida artificial de aguas de la cuenca de México, llevando aguas del nordeste de la ciudad (la alcaldía Gustavo A. Madero y el municipio de Ecatepec) hacia la presa Endhó y el río Tula en el Estado de Hidalgo.

¹⁴ “El Túnel Emisor Oriente duplicará la capacidad del drenaje profundo del Valle de México”, CONAGUA (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Folleter%C3%ADa/TunelEmisorOriente.pdf>)

Esta historia del desagüe, de la evacuación de las aguas del Valle de México por infraestructuras hidráulicas enormes, es esencial para entender la relación que tiene la ciudad con el agua y para entender el tamaño que han adquirido las problemáticas hídricas del Valle de México. Al conectar artificialmente varias cuencas, al transferir aguas residuales y pluviales hacia el río Tula y áreas alejadas de la ciudad, se crea un nuevo espacio de gestión del recurso hídrico. Se suele hablar de región hidropolitana (González Reynoso, 2016). para describir el conjunto de las cuencas conectadas por las infraestructuras destinadas al abastecimiento y a la evacuación de agua del Valle de México. Antes de desarrollar lo que significa esta noción de “región hidropolitana” y sus consecuencias sobre el manejo del agua en la Ciudad de México, tenemos que recordar aquí que el abastecimiento en agua del Valle de México también depende de infraestructuras hidráulicas mayores, especialmente los sistemas Lerma y Cutzamala.

1.2. Historia de los trasvases de agua hacia la Ciudad de México

- Los orígenes de la importación de agua en la Ciudad de México

Durante el periodo colonial, los acueductos de Chapultepec y de Santa Fe aseguraban el abastecimiento de agua de la Ciudad de México. A finales del siglo XIX, el agotamiento de estos manantiales obliga las autoridades municipales a buscar otras fuentes de abastecimiento. El ayuntamiento y los expertos urbanos quieren identificar nuevas fuentes de agua para la ciudad y optan finalmente por explotar los abundantes manantiales de Xochimilco. Como lo subraya Matthew Vitz, las obras de Xochimilco, iniciadas en 1905 y confiadas al ingeniero Marroquín y Rivera, se enmarcan en el paradigma de la ciudad sanitaria. Según él, el desarrollo urbano ocurrido bajo el porfiriato está caracterizado por la “*jerarquía de la ciudad sanitaria*”, es decir la priorización de grandes obras sanitarias como el Gran Canal sobre otros aspectos de la vida urbana. La construcción del Gran Canal así puso en peligro a las comunidades de los pueblos lacustres al separarlas de las tierras que usaban para cultivo, caza, pesca, y extracción de sal. Por ejemplo, los residentes de Santiago Atzacolco perdieron el acceso a las zonas donde extraían tequesquite, y los residentes de San Juan de Aragón perdieron el acceso a las tierras que eran vitales para su actividad económica.

De la misma forma, las obras del acueducto de Xochimilco - 33 kilómetros entre San Luis Tlaxialtemalco y la Condesa - iban a abastecer una ciudad en expansión, pero los manantiales

de Xochimilco sostenían un entorno acuático más amplio y el modo de vida de varias comunidades. Miles de chinamperos cultivaban vegetales, maíz, pimientos, flores, en canales alimentados por estos mismos manantiales de Xochimilco. Sin duda, la Ciudad de México necesitaba una nueva fuente de abastecimiento pero otras propuestas hechas en este momento, como captar y almacenar el agua de lluvia, fueron rechazadas. Como consecuencias de estas obras, pueblos fueron expropiados de sus tierras, comunidades perdieron el acceso a los manantiales que usaban como fuente de agua potable (San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Santa Maria Nativitas) y a las tierras que usaban para cultivo. *“Marroquin y Rivera explained that the system’s intake would not threaten “third-party” uses, but he also recognized that any quantity above 2,100 liters per second would reduce canal levels. This extraction rate would not be reached until the 1930s; nonetheless, for many Xochimilcans, the mere existence of the waterworks constituted dispossession of land and water”* (Vitz, 2018, p.43).

Las obras hidráulicas modernas entonces agudizaron la desaparición del entorno lacustre y de los modos de vidas asociados al lago. La expulsión de las aguas “malas” y la extracción de las aguas “buenas” cambiaron la relación de la ciudad a su entorno natural e impactaron a comunidades en áreas cada vez más lejanas del centro urbano. En este periodo, dos fenómenos se suman para provocar un agotamiento de los recursos hídricos : la expansión urbana (demográfica y espacial) y la modernización de las ciudades (cual ambiciona la generalización del acceso al agua en los hogares). El paradigma higienista y la revolución hidráulica siguen en obra a mediados del siglo XX y la conquista del agua sigue siendo un símbolo de modernidad y de progreso social. El acceso a la red de agua potable, disfrutado por la elite urbana del porfiriato en el siglo XIX, viene a ser visto como una conquista social de la revolución mexicana en los años 20, y como una condición de construcción de los nuevos desarrollos urbanos.

Según Arsenio Ernesto González Reynoso *“el abastecimiento de agua potable forma parte del discurso desarrollista y de la estructura de compromisos de los tres niveles de gobierno. El acceso al agua potable, procesada químicamente, en cada vivienda y en cada sitio de trabajo, así como el acceso al riego para la agricultura, forma parte, en la sociedad mexicana contemporánea, de un compromiso entre gobernantes y gobernados. Este compromiso se tejió en torno al ideal de construcción nacional entre 1926 y 1976”* (González Reynoso, 2016). El agua potable empieza a ser concebida, a mediados del siglo XX, como un instrumento de desarrollo económico y, por consecuencia, se tiene que dirigir hacia zonas con necesidad o posibilidad de crecimiento. En otros lugares, los actores económicos y sociales ya han

impulsado este crecimiento y se enfrentan a una carencia de agua. Las autoridades políticas se esforzaran entonces de proveer las regiones productivas con el recurso hídrico o, dicho de otra forma, de dirigir el “agua de la nación” hacia las zonas que enriquecen la nación. Así, cuando la modernización y el crecimiento de la Ciudad de México, capital de la nación, vino a poner una presión excesiva sobre los recursos hídricos locales, se decidió realizar grandes obras de trasvase : los sistemas Lerma y Cutzamala.

- El Sistema Lerma

El ingeniero José Cuevas, impulsor de la mecánica de los suelos en México, fue uno de los primeros en advertir del sobreuso de los pozos de extracción de agua en la capital mexicana. En la década de los 30, la ciudad empieza a asentarse de manera alarmante, hundiéndose de hasta treinta centímetros al año, y el ingeniero Cuevas demuestra la relación directa entre el crecimiento de la población, la extracción de aguas subterráneas, y el hundimiento de la ciudad. Este estudio provoca una reacción política con la prohibición de perforar nuevos pozos en la zona lacustre, pero las aguas de Xochimilco no son suficientes y sigue aumentando la presión social y demográfica por más agua. El gobierno federal entonces toma la decisión de importar agua de una cuenca vecina, la cuenca del Alto Lerma, cual se extiende sobre el territorio de cuatro Estados (Michoacán, Estado de México, Guanajuato y Querétaro).

Desde el Estado de México, el agua será trasvasada mediante un acueducto, e importada en la cuenca a través del túnel Atarasquillo-Dos-Ríos. Este túnel, perforado en la Sierra de las Cruces, es una nueva apertura artificial de la Cuenca de México, pero esta vez destinada a la importación de agua desde los acuíferos de Toluca y de Ixtlahuaca. Después de un largo recorrido, el agua desemboca en una gran caja de distribución denominada “Cárcamo de Lerma” y ubicada en el Bosque de Chapultepec, donde se reparte entre cuatro grandes tanques de almacenamiento antes de entrar a las redes de agua potable. Conocido por las obras de Diego Rivera que lo decoran, en particular una fuente escultórica dedicada a Tláloc y una serie de murales, el Cárcamo es un lugar lleno de simbólica.

Como lo subraya González Reynoso, la voluntad del gobierno municipal y de la burocracia hidráulica es identificarse con Tláloc, divinidad mexicana de la lluvia. Al apropiarse este símbolo, la administración sugiere que el gobierno capitalino es el dador de agua: la burocracia da el regalo del agua a sus habitantes mediante infraestructuras modernas y gigantes tal como un dios

ofreciera agua a sus creyentes mediante fuerzas sobrenaturales. *“Este nuevo Tlaloc, tan poderoso como el de la mitología azteca, está representado por un enorme ejército de hombres y máquinas que tiene a su servicio y que trabajan incansablemente para ganar la batalla hacia la “grandeza de México””* escribe Alfredo E. Colin Varela en 1964 (González Reynoso, 2016). La transferencia de agua desde una cuenca vecina está representada allí como un acto de generosidad, como un regalo de las instituciones a la población, como un don universal sin distinción de clase, de raza, o de género. Las autoridades públicas realizan el manejo del agua y reestructuran los espacios naturales para satisfacer las necesidades básicas de la población. Esta representación idealizada de la administración hidráulica y de su misión tiende a legitimar la existencia misma del sistema Lerma y a enmarcar la importación de agua en un discurso nacionalista y progresista.

- El Sistema Cutzamala

La importación de agua hacia la Cuenca de México sigue en las décadas posteriores, puesto que, en 1976, frente a las insuficiencias del Sistema Lerma y al riesgo persistente de hundimiento, se inicia la construcción del sistema Cutzamala. Si las obras de Lerma fueron operadas por el Distrito Federal, el sistema Cutzamala está a cargo del Gobierno Federal y fue inaugurado en 1982 por el presidente José López Portillo. En sus memorias, el expresidente mexicano describe esta ceremonia con cierto fatalismo : *“Hoy inauguré el sistema que trae agua desde el Cutzamala, obra gigantesca para dar agua a las colonias populares del Distrito Federal y del Estado de México. Otra hazaña de lo absurdo. Costoso construir, costoso operar, y costoso drenar. Pero no hay alternativas a este monstruo de ciudad.”* (Cohen & González Reynoso, 2005, p.39). Según él, la construcción del sistema Cutzamala era un mal necesario frente a un crecimiento urbano descontrolado, una solución adaptada al tamaño de la metrópoli pero cuya viabilidad queda muy cuestionable. Estas palabras fueron escritas aunque solo se había construido la primera etapa del sistema Cutzamala: la captación de las aguas de la presa Villa Victoria y su trasvase hacia el mismo túnel Atarasquillo-Dos Ríos.

En las décadas siguientes, el sistema Cutzamala se extendió hacia áreas más lejanas, primero con la explotación de la presa de Valle de Bravo y la perforación de un segundo túnel de importación de agua (Analco-San José), y luego con la extensión hacia la presa Colorines (Estado de México) y las presas del Bosque y Tuxpan (Michoacán). En total, el sistema Cutzamala cuenta con más de 320 kilómetros de canalizaciones primarias, siete presas, seis

plantas de bombeo, y una planta potabilizadora. Para vencer a un desnivel de más de 1100 metros, las plantas de bombeo consumen un total de 2280 millones de kilowatts por hora, “*el equivalente al consumo de energía eléctrica de la ciudad de Puebla*”¹⁵. Con esta obra de ingeniería espectacular y consumidora de energía, se asienta aún más el paradigma hídrico de la Zona Metropolitana del Valle de México, es decir el uso de infraestructuras masivas para importar agua de cuencas vecinas y para expulsarla fuera.

Esta nueva cultura hídrica, adoptada por las administraciones locales y federales, no quedó exenta de críticas. “*Ya nos acabamos la cuenca del Lerma. Ya estamos más lejos. Esto no puedo seguir así. Es una monstruosidad traer agua de lejos, subirla a este valle, para sacarla después*” escribe el expresidente López Portillo (Cohen & González Reynoso, 2005, p.29). dudando de la viabilidad a largo plazo de tales obras. Los conflictos sociales que surgieron en las diferentes etapas de construcción del sistema Cutzamala también subrayan las implicaciones y los límites de tal paradigma. Al conectar cuencas que no eran conectadas, se desposee a comunidades locales de sus fuentes históricas de agua, se contaminan cuerpos de agua de estados vecinos, se crean nuevos equilibrios y desequilibrios ambientales. Mediante su política del agua, la metrópoli extiende su alcance territorial fuera del área urbana y obliga nuevos territorios a vivir a su ritmo, conformando una nueva “región hidropolitana” (González Reynoso, 2016).

2. Un paradigma hídrico en situación de crisis

2.1. La formación de un paradigma hídrico y de una región hidropolitana

- La noción de región hidropolitana (González Reynoso)

En un texto titulado *La Gobernanza (Territorial) Multinivel: Tres Críticas*, el profesor húngaro Andreas Faludi defiende una forma de gobernanza política en la que la necesidad funcional sea la clave para elegir una escala de planeación. A la noción de territorialismo, es decir considerar el mundo como un conjunto de espacios fijos o como una muñeca rusa de jurisdicciones establecidas (País, Estado, Ciudad, Alcaldía, Colonia), opone una visión del espacio como un constructo social maleable y determinado por la extensión de ciertas redes y

¹⁵ “34 años de operación del Sistema Cutzamala”, Nota de la CONAGUA, disponible en <https://www.gob.mx/conagua/articulos/34-anos-de-operacion-del-sistema-cutzamala?idiom=es>

flujos. Los fenómenos sociales o prácticas espaciales suelen superar los límites administrativos y crear un espacio propio, por ejemplo la constitución de una “zona metropolitana” determinada por el alcance de las redes urbanas o la constitución de “espacios fronterizos” entre dos países.

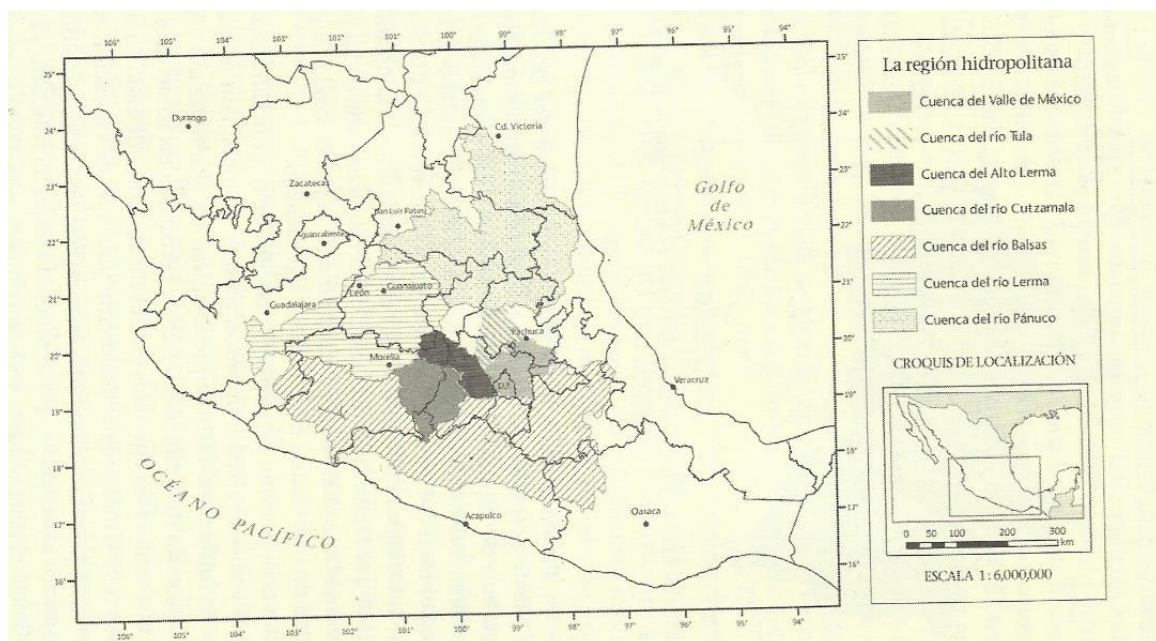
De la misma forma, los residentes de una jurisdicción no son los únicos que tienen interés en lo que sucede en dicha jurisdicción, por sus decisiones pueden afectar a toda una red de actores fuera de este territorio. Faludi aquí menciona a las comunidades que comparten recursos naturales, como los habitantes de una misma cuenca o pueblos que comparten un acceso al mismo bosque. Tal como se crearon autoridades metropolitanas adaptadas al espacio cambiante de las ciudades y a sus redes de movilidad, tal como se crearon programas de colaboración en varias zonas fronterizas de Europa, él sugiere que deben constituirse más de estas autoridades realmente apegadas a las interdependencias espaciales y a las necesidades funcionales.

En México, la Ley de Aguas Nacionales así estipula, en su artículo 5, que *“la coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los Consejos de Cuenca, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno, y participan y asumen compromisos los usuarios, los particulares y las organizaciones de la sociedad, conforme a las disposiciones contenidas en esta Ley y sus reglamentos”*. Órganos colegiados y mixtos, los consejos de cuenca se destinan a una planeación coordinada de la política hídrica de todos los actores (institucionales y civiles) que explotan la misma cuenca. A través del país, así existen 26 consejos de cuenca, incluyendo el consejo de cuenca del Valle de México, y 36 comisiones de cuenca, dedicadas a la gestión conjunta de subcuencas¹⁶. Estos órganos se enmarcan en la noción de gobernanza multinivel y llevan a la colaboración de entidades federativas diferentes que comparten un interés hídrico común.

Sin embargo, en el caso de la Ciudad de México, el conjunto de cuencas artificialmente conectadas por obras de ingeniería conforma un espacio nuevo. Los fenómenos hídricos (lluvias, sequía, contaminación) y las políticas hidráulicas de la administración capitalina tienen consecuencias potenciales sobre todas estas cuencas. Como lo sugiere Faludi, estamos en frente de un nuevo espacio, caracterizado por flujos e interdependencias, y entonces de una escala pertinente de planeación política : la región hidropolitana (González Reynoso, 2016) Una

¹⁶ Ley de Aguas Nacionales (disponible en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf)

versión mínima de la región hidropolitana incluye a las cuatro subcuencas directamente conectadas por infraestructuras hidráulicas : la subcuenca del Valle de México, la subcuenca de Tula, la subcuenca del Alto Lerma, y la subcuenca de Cutzamala. El creador de esta noción, González Reynoso, también incluye las cuencas a las que pertenecen estas subcuencas, porque también están afectadas por los trasvases de agua. Por ejemplo, subraya que la expulsión de aguas residuales hacia el río Tula llega a contaminar el río Pánuco. La cuenca del río Pánuco entonces tiene que incluirse en la región hidropolitana, como representado en el Mapa 3.



*Mapa 3. La región hidropolitana de la Zona Metropolitana del Valle de México.
Extraído de Arsenio E. González Reynoso (2018), La Escala Regional de Los Problemas de
Abastecimiento de Agua y drenaje de la Ciudad de México en Cohen, M. P., & Mancera, L. C. (2018).*

La noción de región hidropolitana está enfocada hacia los problemas de gestión del recurso hídrico, la pertinencia de la jerarquía institucional, los conflictos sociales y las relaciones territoriales generadas por la infraestructura hidráulica. Lleva a cuestionarse sobre la escala de las problemáticas hídricas y de la gobernanza hídrica de la metrópolis, o sea *“el grupo de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que están en posibilidad de desarrollar y administrar los recursos hídricos y distribuir los servicios del agua, en los diferentes niveles de la sociedad”* (Torres Bernardino, 2014, p. 58). Más allá de lo conceptual, el mapeo de una región hidropolitana tiene virtudes prácticas por sugiere formas de gobernanza adaptadas y mecanismos institucionales pertinentes. En el caso de la capital mexicana, la región hidropolitana incluye territorios de varios estados (Ciudad de México, Estado de México,

Michoacán, Hidalgo), conectados por infraestructuras, por acuerdos, por leyes, por instituciones, por intercambios de recursos hídricos, y por los propios usuarios.

- La noción de sistema hídrico urbano

El conjunto de estos elementos - infraestructuras hidráulicas, instituciones y relaciones sociales, recursos naturales - conforma lo que la literatura científica llama un sistema hídrico urbano. Una literatura producida por una variedad de campos académicos (ciencias sociales, ecología urbana, ingeniería hidráulica) intentó clasificar los sistemas hídricos urbanos. A partir de las características de los sistemas hídricos urbanos, unos autores distinguen entre paradigmas diferentes (Del Moral et al., 2014), otros prefieren la clasificación en “estados de transición” (Wong & Brown, 2008), o en “régimenes” (Méndez et al, 2012 y Hess, 2016). Comparten el mismo análisis histórico de una transición progresiva, de un paradigma hidráulico a un paradigma post hidráulico o de la “*water supply city*” a la “*water-sensitive city*”. El primer paradigma se caracteriza por la construcción de infraestructuras masivas, por la ingeniería hidráulica de estado, y por una jerarquía rígida y centralizada. En un estudio titulado *Current Paradigms in the Management of Water : Resulting Information Needs* (2014), Del Moral detalla estas características. El paradigma hidráulico se caracteriza por grandes obras públicas y centralizadas y por políticas públicas verticales, es decir sin participación pública y con pocas posibilidades de adaptación. También se caracteriza por la relación del Estado con la naturaleza. La naturaleza puede ser controlada y el Estado, por medio de sus ingenieros y de sus infraestructuras, la controla a favor del interés común. La burocracia diseña y construye obras para usuarios considerados como sujetos de la política hídrica y no como agentes activos del cuidado y del manejo del agua.

Cuando ya se agotó la explotación exclusiva de las fuentes locales, propia de comunidades bastante reducidas, suele implementarse este régimen hidráulico bastante rígido y jerárquico. Una autoridad centralizada se dedica a un desarrollo masivo de las “infraestructuras grises” como los acueductos y los túneles de trasvases o los sistemas de drenaje, obras que suelen ser costosas y poco viables a largo plazo. Las obras gigantes, tal como el Sistema Cutzamala, son ejemplos claros de este paradigma en la Ciudad de México, y aunque evoluciona paulatinamente a partir de los años 90, el arreglo institucional vigente en la capital ha sido sumamente centralizado (Torres Bernardino, 2017). La inauguración del Túnel Emisor Oriente en diciembre de 2019, así como las críticas hacia el centralismo y la falta de transparencia del

SACMEX, siguen sugiriendo la pertenencia del sistema hídrico urbano de la Ciudad de México a este paradigma hidráulico. Sin embargo, la crisis hídrica actual enseña las insuficiencias de tal modo de gestión y obliga a repensar las políticas públicas en este ámbito, orientándolas hacia los preceptos del diseño urbano sensible al agua.

2.2. Una situación hídrica insostenible

“Tal pareciera que si se insiste en seguir este tipo de planeación para la resolución de los problemas hidráulicos urbanos, las futuras generaciones de la ciudad de México tendrán que ir a buscar su agua potable a los ríos Grijalva y Usumacinta o hasta el río Bravo, mediante costosas y complicadas obras de ingeniería y de mecánica. Les queda también a nuestros hijos la disyuntiva de abandonar la ciudad de México e ir a establecer la capital de la República en donde puedan contar con agua por otros años más” (Cohen & González Reynoso, 2005, p.45). Estas palabras son las del ingeniero Gonzalo Blanco en la primera Conferencia Interamericana para la Conservación de los Recursos Naturales, organizada en Denver (Estados- Unidos) en el año 1948. Tres años antes de la inauguración del Sistema Lerma, ya se cuestiona, en esta conferencia, la viabilidad de grandes trasvases de agua para abastecer la Ciudad de México. Estas obras muy costosas serían soluciones temporales e inadecuadas frente al agotamiento de los recursos hídricos y a la presión demográfica. Los trasvases se consideran aquí como ineficientes para garantizar, a largo plazo, el abastecimiento de agua de la ciudad. Al seguir este camino, la ciudad estaría condenada a buscar agua cada vez más lejos, como lo hizo con el Sistema Cutzamala. Sin embargo, el autor de esta declaración sugiere que otra forma de planeación es posible.

- Vulnerabilidad de las infraestructuras de trasvase

Al considerar la situación de escasez de agua en la Ciudad de México, uno puede considerar que los trasvases intercuenas no bastaron en resolver la crisis hídrica de la metrópoli. Tal deducción sería una simplificación abusiva de la situación hídrica en la capital mexicana. Como lo vimos, la Ciudad de México se enfrenta a la menor disponibilidad de agua de todas las regiones hídricas del país con solo 103 metros cúbicos por persona y por día. Esta situación de escasez absoluta, según la clasificación de la ONU, tiene consecuencias directas sobre el bienestar de la población capitalina. En particular, es una de las razones de la alta precariedad

hídrica padecida en las alcaldías del sur-poniente de la ciudad. El objetivo de los trasvases de Lerma y de Cutzamala era precisamente garantizar el acceso al agua a todos los habitantes y preservar los acuíferos de la ciudad. En este sentido, las obras fueron exitosas puesto que el Sistema Lerma-Cutzamala provee el 30% del agua de la capital, mientras el 70% restante viene de pozos de extracción subterránea.

Las fuentes de abastecimiento locales, es decir los pozos de extracción y los manantiales, presentan un riesgo de agotamiento por sobreexplotación. El agotamiento de estas fuentes no sólo agudiza la escasez de agua, sino también provoca hundimientos del suelo y problemas de calidad del agua. Varias estrategias se combinan para intentar y reducir la explotación de los acuíferos : preservar las zonas de recarga, reducir el consumo, tratar y reusar las aguas usadas, apoyarse en fuentes externas. Sin embargo, las fuentes externas también presentan un riesgo de reducción de su caudal, y los niveles bajos observados en el Sistema Cutzamala sugieren una tendencia a la disminución.

De hecho, según los trabajos de Oscar Escolero¹⁷ sobre la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático, es el Sistema Cutzamala cual reúne más factores de vulnerabilidad. La vulnerabilidad de fuentes de agua consta de tres variables : la vulnerabilidad de la infraestructura (estado físico, exposición a daños por terceros, capacidad de la fuente), la vulnerabilidad ambiental (disponibilidad del agua, calidad del agua, degradación ambiental), y la vulnerabilidad socio-administrativa (degradación ambiental, conflictos sociales, eficiencia económica, situación administrativa). En particular, el Sistema Cutzamala presenta la más alta vulnerabilidad en cuanto a su estado físico, a su disponibilidad de agua, a su degradación ambiental, a los conflictos sociales, y a su eficiencia económica.

Primero, al nivel de infraestructura, el Sistema Cutzamala presenta una vulnerabilidad alta por el estado de las presas, de los sistemas de conducción, de la planta de tratamiento, y también por las extracciones clandestinas que se registran (Escolero, 2016). *“En lo que se refiere a la infraestructura, el acueducto del Sistema Cutzamala ha servido durante 30 años de manera prácticamente ininterrumpida, por lo que requiere inversiones multimillonarias,*

¹⁷ Oscar Escolero & al., “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*. 2016, n° 68., 409-427.

indispensables para garantizar que funcione de manera continua y adecuada, y con ello evitar una crisis en el suministro de agua al Valle de México por ese concepto. Un sistema tan importante para el Valle de México no puede tener un solo conducto, y esto es un problema de origen que ahora se vuelve crítico. Hay muchos elementos que ya están muy rebasados. Se tiene que mejorar el sistema desde la primera presa hasta la llegada a la ciudad. Y no sólo las tuberías, se requiere una revisión completa de todas las partes, porque muchas se quedaron incompletas desde su origen” (SACMEX, 2012, p.130)

Un ejemplo reciente de esta vulnerabilidad fue una fuga ocurrida el 28 de abril de 2020 en el sistema de conducción. Por una falla en una válvula, el servicio ha tenido que ser interrumpido temporalmente, afectando a más de 2.5 millones personas en la zona metropolitana (SACMEX, 2012, p.130). Aún más reciente, el 4 de julio de 2020, el suministro de agua del Sistema Cutzamala fue cortado por 24 horas. Este corte, por obras de mantenimiento, afectó 11 alcaldías de la Ciudad de México y 14 municipios del Estado de México. Este corte dio lugar a una comunicación de Isla Urbana (siguiente imagen). La vulnerabilidad del Sistema Cutzamala, percibida por los residentes durante este tipo de cortes, es aquí un argumento utilizado por Isla Urbana para promover la implementación rápida de soluciones alternativas. La amenaza de la escasez de agua entonces es un incentivo mayor para acelerar la implementación de prácticas alternativas. El sistema Cutzamala también presenta una baja eficiencia económica, en parte por estas inversiones gigantes que requiere, y en parte por su baja eficiencia energética. Cada hora, el sistema consume 2 mil 280 millones de kilowatts, equivalente al consumo de energía eléctrica de la ciudad de Puebla¹⁸, y representando un gasto mensual de 320 millones de pesos por concepto de energía eléctrica¹⁹. Esta preocupación energética podría ir tomando importancia frente a las nuevas exigencias del cambio climático.

¹⁸ “34 años de operación del Sistema Cutzamala”, 3 de mayo de 2016, CONAGUA, disponible en <https://www.gob.mx/conagua/articulos/34-anos-de-operacion-del-sistema-cutzamala?idiom=es>

¹⁹ Video de Isla Urbana disponible en <https://islaurbana.org/project/elinsosteniblegigantesistemalermacutzamala/>



*Comunicación de Isla Urbana en las redes sociales
4 de julio de 2020, día del corte del Sistema Cutzamala*

El cambio climático es otra amenaza ante la cual el sistema Cutzamala es altamente vulnerable. Aunque existen varios esquemas y grados de cambio climático, todos apuntan hacia una misma conclusión : “*un clima más extremo con lluvias y sequías más intensas, añadido a una menor capacidad de resiliencia de las cuencas para amortiguar y regular estos efectos*” (Escolero & al, 2009). Esta tendencia representa una amenaza para la disponibilidad de agua en el Sistema Cutzamala. Primero, temperaturas más altas en las áreas de captación significan un aumento en la evapotranspiración y, por ende, una disminución del volumen de agua captada. Segundo, largas temporadas de sequía implican una disminución del caudal y una reducción del volumen de agua importada hacia la Ciudad de México. Esta situación ya ocurrió en el año 2019, conduciendo a una reducción en un 10% del suministro de agua a la Ciudad de México y llamados a un mejor cuidado del agua por parte de los habitantes²⁰.

Tercero, fuertes lluvias pueden causar mayores tasas de erosión y una mayor degradación de las cuencas, dañando la disponibilidad y la calidad del agua en la cuenca. Por fin, lluvias extremas pueden aumentar la vulnerabilidad de la infraestructura, en particular a nivel de las

²⁰ “Por sequía, se reducirá caudal del Cutzamala que abastece a CDMX”, 4 de septiembre de 2019, El Universal, disponible en <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/por-afectaciones-al-cutzamala-advierten-reduccion-en-suministro-de-agua-en-cdmx-y>

presas. La disminución de los caudales en periodos de sequía también agudizará los conflictos sociales por el agua en las áreas de captación del Sistema Cutzamala. *“La población de las subcuencas que componen la Cuenca de Cutzamala pasó de 300 000 habitantes a 730 000 en tres décadas, buena parte de la cual está en condiciones de marginación y pobreza. En el futuro, será la propia población de las subcuencas y su demanda de agua lo que va a ejercer una presión para dejar de enviar agua a la ZMCM”* (Cohen & Mancera, 2018, p. 49)

- Oposición social y vulnerabilidad social

La historia del Sistema Cutzamala está caracterizada por una variedad de contestaciones sociales. Primero, cabe recordar que la cuarta etapa del Sistema Cutzamala, es decir la explotación de las aguas del río Temascaltepec, fue cancelada por una fuerte oposición social. *“La zona de influencia del proyecto abarcaba parte de los municipios de Zacazonapan, Oztoloapan, Santo Tomás de los Plátanos, Temascaltepec y Valle de Bravo del Estado de México, así como comunidades rurales de los Estados de Guerrero y Michoacán”* (Campos Cabral & Ávila-García, 2013). Para los campesinos de esta zona, iniciar la etapa Temascaltepec y construir la presa Tule significaba despojarlos de su fuente de agua. Entre 1996 y 1999, se movilizaron dentro del “Comité para la Defensa de los Recursos Naturales del Xinantécatl y del Río Temascaltepec” para obtener la cancelación de este proyecto.

Este movimiento ganó visibilidad mediática e institucional, llevando a negociaciones con las diferentes escalas de gobierno. En una junta con Cuauhtémoc Cárdenas, jefe de gobierno del Distrito Federal en este periodo, hasta expusieron soluciones alternativas y más baratas que este proyecto : *“reducción del consumo, programas de ahorro, uso eficiente del líquido, reutilización del agua, captación del agua de lluvia, construcción de pozos de absorción”* (Campos Cabral & Ávila-García, 2013). Es interesante notar que las comunidades amenazadas por las obras de trasvase ya sugieren, a finales del siglo XX, la captación de lluvia como una solución alternativa más viable. Frente a esta movilización, la BID canceló su ayuda al proyecto hasta que se consideren las reivindicaciones campesinas, la Comisión Nacional del Agua canceló el proyecto, y el Gobierno del Distrito Federal volteó la mirada hacia otras soluciones de abastecimiento.

Otra oposición social importante vino de la comunidad mazahua, comunidad indígena asentada en el la región noroccidental y centro-occidental del Estado de México. Esta movilización

surgió en 2003, cuando la presa Villa Victoria desbordó e inundó 300 hectáreas de tierras cultivadas del municipio de Villa de Allende. Sin respuestas a sus demandas de indemnización, los campesinos mazahuas decidieron ocupar pacíficamente la planta potabilizadora de Los Berros, lo cual tuvo una importante resonancia mediática. En esta misma planta, se multiplicaron las acciones de protesta de la comunidad mazahua : detención del cargamento de cloro, campamento permanente, y hasta suicidio de tres campesinos en los canales que alimentan la planta. *“Que quede bien claro, nuestra lucha no es contra la gente, sino contra la mala política hidráulica nacional. Esta vez fueron tres los compañeros que se aventaron, pero hay otros dispuestos a ofrecer su vida para que paren las bombas del Cutzamala. Creo que nos harán caso cuando la gente de la Ciudad de México beba agua con sangre”* (González Reynoso, 2016).

La movilización entonces pasó a ser una movilización más larga para un mejor acceso al agua para las comunidades cercanas a las áreas de captación del Sistema Cutzamala. De una simple indemnización, las comunidades mazahuas pasaron a demandar una dotación de agua potable, un plan de desarrollo sustentable para la cuenca, así como la preservación de sus tierras y de sus costumbres. Sus demandas adquirieron visibilidad mediante acciones simbólicas e imágenes fuertes. En particular, el cierre de seis válvulas del sistema Cutzamala demostró la vulnerabilidad del Sistema Cutzamala frente a movimientos sociales. Otra imagen ampliamente difundida fue la de las mujeres del Ejército de Mujeres Mazahuas por la Defensa Agua, vestidas con ropa tradicional y cargando escopetas de madera. Con estos símbolos, la meta era denunciar la exclusión de las comunidades rurales de la política hidráulica de la Ciudad de México y subrayar la injusticia territorial del Sistema Cutzamala.

Aunque obtuvieron algunas concesiones en este periodo, las comunidades mazahuas siguen pidiendo más consideración y siguen careciendo de agua. Un artículo, parecido en el periódico británico The Guardian en 2015, así menciona la lucha de los mazahuas para su derecho al agua. *“Recientemente, varias decenas de mazahuas ocuparon el sitio de la planta de cloración durante 15 días para demandar que cada hogar de la comunidad reciba agua potable. Entre los ocupantes se encontraba Ofelia Lorenzo, quien recibe agua sólo un día a la semana por una delgada manguera que corre subterránea hasta emerger en su jardín. Los demás días se ve obligada a llevar una cubeta hasta un riachuelo situado más abajo, en el valle, para poder*

*bañarse y lavar su ropa. “Me molesta que se llevan el agua de aquí y no obtengo nada a cambio. Ni siquiera hay suficiente agua para mi casa,” dice.”*²¹

El caso de las comunidades mazahuas entonces pone en evidencia las externalidades negativas de los trasvases y las injusticias causadas por esta política hidráulica enfocada en el abastecimiento de la Ciudad de México. Con discursos cada vez más orientados hacia la descentralización de la gestión de recursos hídricos y hacia la participación ciudadana, las administraciones políticas difícilmente pueden apoyar a nuevos trasvases de este tipo. La alta vulnerabilidad del Sistema Cutzamala cuestiona la sostenibilidad del paradigma hídrico de la Ciudad de México, y apunta hacia un rechazo de nuevas infraestructuras de trasvase. Existe alta probabilidad para que tales proyectos se enfrenten a los mismos procesos climáticos, a los mismos procesos sociales, y a los mismos procesos económicos. Esta vulnerabilidad multidimensional de las obras de trasvase incita la administración capitalina a diversificar sus inversiones y a considerar practicas alternativas como la captación de lluvia.

- Riesgos asociados a la expulsión de las aguas residuales

El paradigma hídrico de la Ciudad de México, basado en la importación de aguas de cuencas vecinas y la expulsión de las aguas residuales hacia el río Tula en el Estado de Hidalgo, también plantea problemas de contaminación. Las aguas residuales de la Ciudad de México, redirigidas hacia el río Tula, son altamente contaminadas y cargadas de patógenos. Este flujo de aguas residuales, que abastece las culturas agrícolas del Valle del Mezquital, entonces plantea problemas ambientales y sanitarios. El tratamiento de esta agua se hace mediante varios procesos. Primero, una parte de las aguas residuales generadas en el Valle de México son tratadas en la Presa Atotonilco, con la meta de quitar los patógenos y disminuir el riesgo de enfermedad para los agricultores. Según datos de la Organización Panamericana de la Salud, esta zona presenta cifras muy superiores a los promedios nacionales en los casos de gastroenteritis, de influenza, de amibiasis, de malformaciones congénitas y de cáncer²². *“El río fue una fuente de vida y de 50 años para acá, para los habitantes de esta región, el río y el*

²¹ “La crisis del agua de la Ciudad de México”, The Guardian, 12 de noviembre de 2015, disponible en <https://www.theguardian.com/cities/2015/nov/12/la-crisis-del-agua-en-la-ciudad-de-mexico>

²² “Exigen Sanear el rio Tula y dejar de recibir aguas negras de CDMX”, 29 de diciembre de 2018, Milenio, disponible en <https://www.milenio.com/estados/exigen-sanear-rio-tula-dejar-recibir-aguas-negras-cdmx>

agua negra ha sido un sinónimo de muerte”²³. Después de atravesar la ciudad de Tula, donde se asientan industrias contaminantes, e incluso una refinería, las aguas residuales llegan a la Presa Endhó.

Esta presa sirve de tanque de sedimentación y está saturada con residuos orgánicos, residuos químicos, y metales pesados (mercurio, arsénico, plomo, bario), generando problemas de salud importante en los pobladores. Con fama de “fosa séptica más grande del mundo”, la presa ha sido declarada como zona de emergencia ambiental por la Semarnat del Estado de Hidalgo. Después de esta presa, el agua llega a las culturas agrícolas del Valle de Mezquital, donde el suelo funciona como filtro para parte de los contaminantes. Actualmente existe incertidumbre sobre la capacidad y la viabilidad del suelo como planta de tratamiento y, entonces, sobre la contaminación potencial de las culturas agrícolas.

Estas problemáticas ambientales llevan a repensar la gestión de las aguas usadas en la Ciudad de México y a favorecer el reúso de las aguas residuales. *“Creo que la Ciudad de México tendría que ser más consciente de dónde viene su agua, a dónde va. (...) Entonces, las soluciones que nosotros vemos es que, primero no se conduzca el agua de lluvia por el drenaje. Parece absurdo que llegue a esta región combinada con el agua residual”*²⁴. Los problemas ambientales y sociales generados por los trasvases de agua, tanto para la importación como la expulsión de agua, empujan el debate sobre la política hidráulica de la Ciudad de México. En particular, tienden a demostrar la insostenibilidad del paradigma actual y la necesidad de una transición hacia políticas alternativas de abastecimiento y de gestión local de los recursos hídricos.

2.3. Hacia un cambio de paradigma : el desarrollo de políticas hídricas alternativas

- La preservación y la valoración de los espacios naturales y de sus servicios hídricos

Frente a esta situación crítica, las administraciones políticas (nivel federal, nivel estatal, y nivel delegacional) y los actores de la sociedad civil (empresas sociales, mundo universitario, periodistas, ciudadanos) plantean alternativas para preservar los recursos hídricos de la ciudad

²³ René Romero Viverra, Presidente de la Red de Conciencia Ambiental “Queremos Vivir A.C”, en el video *Rio Tula : la historia que desconocemos sobre los desechos del Valle de México* realizado por Isla Urbana y OXFAM, disponible en <https://youtu.be/FZxYt4haX3g>

²⁴ Idem.

y, al mismo tiempo, abastecer todos los ciudadanos capitalinos y metropolitanos. Un medio de acción para la preservación de los acuíferos ha sido el control de la expansión urbana y de la artificialización de los suelos mediante el concepto de “suelo de conservación”, designado como el conjunto de *“zonas que por sus características ecológicas proveen servicios ambientales necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes del Distrito Federal”*²⁵. El suelo de conservación representa más de la mitad de la superficie de la Ciudad de México, y uno de sus servicios ambientales principales es la recarga de los acuíferos por infiltración. La área urbana funciona entonces en conjunto con los espacios naturales que la rodean, y la preservación de estos espacios condiciona la preservación de los recursos hídricos de la ciudad. Este paradigma de conservación tiene muchos precedentes en la historia de la capital mexicana, y uno de sus representantes más eminentes fue el ingeniero Miguel Ángel de Quevedo a principios del siglo XX.

En particular, el Bosque de Agua es una zona de recarga para diez acuíferos de la zona centro del país, los cuales proveen el 70% del agua consumido en las áreas metropolitanas de la Ciudad de México, de Toluca, y de Cuernavaca. Estudios recientes han buscado valorar los servicios hídricos producidos por el Bosque de Agua midiendo el costo de reemplazo de esta recarga natural de los acuíferos (López-Morales, 2012). Resulta que, más allá de los problemas ambientales implicados por la desaparición del bosque, un reemplazo de los servicios hídricos al nivel de la “región centro” implicaría a seis nuevas fuentes de agua : cinco trasvases intercuenas, de una forma similar al Sistema Lerma-Cutzamala, y la reinyección de agua tratada en los acuíferos. Sin considerar los daños sociales y ambientales de tales infraestructuras, el costo económico de estas operaciones sería de 31 mil millones de dólares, equivalente a 30 años de presupuesto del Sacmex. Este costo obviamente varía según la zona considerada, zona centro o municipios de extensión del bosque, y según las otras políticas hídricas implementadas. Dentro de estas políticas hídricas, destaca la reparación de las infraestructuras existentes para reducir las fugas en el sistema.

- La reparación de las infraestructuras existentes

Los trasvases intercuenas no son opciones consideradas actualmente por la administración. Sin embargo, intervenciones al nivel de infraestructuras también hacen parte de las soluciones,

²⁵ Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (2015)

en particular la reparación de las fugas en la tubería de la Ciudad de México. En la Ciudad de México, más del 40% del agua que entra en la red de distribución se pierde en fugas. El desperdicio de agua por fugas es una problemática compartida por todas las ciudades. Un estudio comparativo de la OCDE²⁶, realizado en 2012 en 44 ciudades de países miembros, así estableció una proporción promedia de agua perdida en fugas igual a 21%. Por ejemplo, la ciudad de Ámsterdam pierde menos de 5% de su agua en fugas, y ciudades como Nueva York o París pierden menos del 10% de su agua en fugas. Al contrario, dentro de las ciudades estudiadas, las que más agua pierden en fugas son ciudades mexicanas. La primera es Tuxtla, con un 60% de su agua perdida en fugas, seguida por tres ciudades encima del 40% : San Luis Potosí, Chihuahua y la Ciudad de México. La reparación de fugas, por el reemplazo o la reparación de la tubería existente, entonces es una línea de acción mayor para reducir la presión hídrica y garantizar el abastecimiento de la metrópoli. Obras en este sentido fueron realizadas por la Conagua en diciembre del 2019 y en enero del 2020, interviniendo a nivel de los acueductos en de las plantas de bombeo²⁷.

Al nivel de la tubería de la Ciudad de México, la administración de Claudia Sheinbaum y el Sacmex también están trabajando en una mejor gestión de estas fugas. Esto pasa por obras de reemplazo integral de algunas partes de la tubería, y por la reparación puntual de otros trozos en la red de distribución. La jefa de gobierno así anunció, en marzo de 2019, la capacitación y el equipamiento de más brigadas del Sacmex para atender fugas en la capital. En total, son 150 cuadrillas que, en colaboración con las alcaldías, van recorriendo la ciudad para atender a las fugas en menos de media hora. Intervenir en contra de las fugas entonces ha sido una línea de acción mayor en la política hídrica del gobierno capitalino.

- La infiltración del agua en los espacios urbanos

Otra línea de acción se encuentra entre la recarga de los acuíferos por infiltración y las obras de infraestructura. Consiste en transformar el tejido urbano para incluir más zonas de infiltración del agua, o, dicho de otra forma, combatir la impermeabilidad de los suelos urbanos. Este proceso está enmarcado en un paradigma llamado “*water-sensitive urban design*” o

²⁶ OECD Studies on Water : Water Governance in Cities (2016)

²⁷ “La Conagua anuncia reparaciones en tuberías de la CDMX y del EDOMEX”, 14 de diciembre de 2019, Expansión, disponible en <https://politica.expansion.mx/mexico/2019/12/14/la-conagua-anuncia-reparaciones-en-tuberias-de-la-cdmx-y-del-edomex>

“diseño urbano sensible al agua”, concepto desarrollado y empleado en Australia, el cual significa la adaptación del entorno urbano al ciclo del agua. En este paradigma, el agua de lluvia, usualmente considerada como una amenaza o un problema en los contextos urbanos, se percibe como un recurso. Mediante infraestructuras ligeras, o infraestructuras verdes (por oposición a las infraestructuras grises que serían los sistemas de distribución y de drenaje), el diseño urbano sensible al agua se enfoca en el aprovechamiento del agua de lluvia, el tratamiento y reúso de las aguas usadas, y en la reducción del consumo. Para lograr el aprovechamiento del agua de lluvia, se puede implementar su captación y su tratamiento o favorecer su infiltración a los acuíferos. Una tecnología regularmente empleada en los proyectos urbanos contemporáneos es la creación de zonas de infiltración del agua, mediante materiales diferentes en los equipamientos urbanos o zonas vegetales.

La implementación de estas zonas de infiltración obviamente necesita un marco regulatorio y la lluvia llega a ser, en ciertas ciudades, un tema propio de la acción política. La lluvia, amenazada temida por sus efectos destructores en el pasado, se vuelve en un objeto de programas específicos y de políticas propias. El ayuntamiento de París así publicó, en 2019, el plan *Paris Pluie* (Paris Lluvia), un programa exclusivamente dedicado a la valorización de las aguas pluviales en la capital francesa. Este plan busca valorizar la lluvia en el lugar donde cae y “hacer que la lluvia sea 100% útil” (“*Rendre la pluie 100% utile*” es el lema promocionado por el ayuntamiento). Establece un mapeo pluvial, es decir un mapa presentando las obligaciones de gestión del agua de lluvia en cada parte de la ciudad.

Según su ubicación geográfica en la capital, los edificios parisinos tienen que cumplir con condiciones diferentes, y en particular con un volumen mínimo de agua pluvial que no llega al drenaje. Dicho de otra forma, las autoridades públicas y las constructoras tienen que implementar soluciones de captación o infiltración que guardan el agua de lluvia fuera del drenaje. Unos ejemplos interesantes son la generalización de ciclovías en materiales permeables, la creación de espacios vegetales permeables asociada a la construcción de conjuntos habitacionales (el eco-barrio de *Clichy-Batignolles* en el distrito XVII), o la vegetalización de los techos de los edificios privados. A través de este ejemplo, notamos que el aprovechamiento de la lluvia no solo se ha convertido en un campo de acción política, sino implica repensar las estructuras urbanas tradicionales y adaptar la ciudad entera al ciclo hídrico.

En la Ciudad de México, esta idea se notó en varios proyectos de parques. El parque hídrico de la Quebradora en Iztapalapa, aunque se enfrentó a varios problemas al momento de su realización, era un proyecto ejemplar de manejo del agua en espacios públicos. En el marco del programa Sembrando Parques del gobierno Sheinbaum, luego se inauguró la primera etapa del parque lineal Gran Canal, dotado de 24 pozos infiltrantes de lluvia con una capacidad total de 3 mil 700 metros cúbicos. En el mismo programa, el proyecto del parque Imán contempla la creación de mil 400m² de lagunas para la retención e infiltración de agua a los mantos acuíferos, y de estructuras llamadas “árboles de agua” destinadas a la condensación y a la captación de agua. Sin mencionar los beneficios sociales de tales obras, la creación de espacios verdes en la Ciudad de México es una forma de dirigirse hacia un diseño sensible al agua.

- La reducción del consumo por la valoración económica del agua

Si las propuestas previas buscan garantizar la recarga de las acuíferos y el abastecimiento de todos los hogares, es decir aumentar el volumen de agua disponible, otras se enfocan en una reducción del consumo de agua en la Ciudad de México. Una forma de lograr esta reducción del consumo sería la revalorización económica del agua. En la capital mexicana, el agua se paga al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, y su precio depende del tipo de uso (doméstico, no doméstico, o mixto), del Índice de Desarrollo por Manzana (popular, bajo, medio, alto), y del volumen consumido. Por ejemplo, para el consumo mínimo (entre 0 y 15 000 litros por bimestre), la cuota mínima sin subsidios vale 387,57 pesos. En la Ciudad de México, el agua está altamente subsidiada, hasta un 91% para volúmenes bajos de consumo en manzanas de tipo popular. El cálculo de las tarifas, para cada pago bimestral, entonces incluye preocupaciones de justicia social y de reducción del consumo. Sin embargo, frente a la escasez de agua en la capital, actores de la sociedad civil proponen reducir drásticamente o hasta quitar los subsidios a partir de cierto consumo de agua.

En septiembre de 2019, la empresa Isla Urbana y la inmobiliaria Quiero Casa organizaron el foro *“Agua en la Ciudad de México : oportunidades para el desarrollo inmobiliario sostenible”*. Durante este evento, el director de la inmobiliaria, David Hoff, afirmó que el bajo costo del agua en la capital lleva a una subvaloración del líquido vital y a un sobreconsumo a nivel de hogares. *“Uno de los panoramas sería que las autoridades consideraran dejar de subsidiar a los ciudadanos que sobrepasen cierto consumo, así la población tendría un*

incentivo para ahorrar el líquido vital” declaró en el foro²⁸. Según él, habría que subsidiar un volumen de 150 litros diarios por persona, y reducir o quitar este subsidio para los litros de agua consumidos encima de este cuota.

Enrique Lomnitz, cofundador de Isla Urbana, luego subrayó las disparidades geográficas dentro de la Ciudad de México, con niveles de consumo per cápita yendo de 40 a 800 litros diarios, y la necesidad de reducir el consumo en las zonas que más disponen de agua. *“Mientras el metro cúbico cueste tres pesos, la población no le dará la importancia al cuidado del agua, por lo que la creación de políticas públicas y la ayuda del Gobierno para resolver la problemática del abastecimiento es necesaria para canalizar los recursos de formas alternativas y fomentar el ahorro por parte de sus consumidores (...) Hay que cambiar las tarifas pero es algo políticamente muy difícil y nadie lo quiere hacer”* dijo Lomnitz. El director de Isla Urbana luego recomendó un volumen subsidiado de 80 litros diarios por persona, y subsidios más bajos o nulos para los litros suplementarios²⁹. La participación de Isla Urbana a este evento muestra que la captación de lluvia no es una práctica aislada sino se inscribe en un paradigma hídrico y en un abanico de medidas que favorecen la reducción del consumo.

En este sentido, el Gobierno de la Ciudad de México anunció, el 17 de enero de 2020, un incremento de 35% en las tarifas de agua en 165 colonias de la Ciudad de México para los hogares que consumen más de 60 mil litros por bimestre. Según la Jefa de gobierno, este incremento se aplica en colonias destacadas por altos niveles de consumo, y el objetivo es *“poner un límite para que no tengan la manguera abierta regando los jardines, mientras que en el oriente no hay agua. Se puede regar, no de manera eficiente. Como son personas de muy alto nivel económico en la ciudad, no se trata de un castigo, sino de llamarlos a la cooperación para que usen mecanismos de riego eficiente”*³⁰.

²⁸ “Acciones ante la falta de agua en CDMX”, 3 de septiembre de 2019, Revista Smart Building, disponible en <https://smartbuilding.mx/acciones-ante-la-falta-de-agua-en-cdmx/>

²⁹ “Proponen reducir el subsidio al agua en la CDMX para hacerle frente a la escasez”, 28 de agosto de 2019, elEconomistaAmérica.com disponible en <https://www.eleconomistaamerica.com/economia-eAm-mexico/noticias/10058244/08/19/Proponen-reducir-el-subsidio-al-agua-en-la-CDMX-para-hacerle-frente-a-la-escasez.html>

³⁰ “CDMX cobrará 35% más por agua a quien consuma más de 60 mil litros por bimestre”, 17 de enero de 2020, El Universal, , disponible en <https://www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/cdmx-cobrara-35-mas-por-agua-en-algunas-colonias-por-consumo>

- La reducción del consumo por la valoración social del agua

Más allá de esta reforma tarifaria, Enrique Lomnitz, mediante Isla Urbana, trabaja en la revaloración social y cultural del agua. La constitución de una nueva cultura del agua, o de una nueva conciencia al agua, es otro eje principal de las políticas de reducción del consumo. *“Desde la época colonial, el agua se ha percibido como una amenaza, tanto por su exceso a través de las inundaciones, como por su escasez manifestada en la dificultad para obtenerla. Esta situación ha generado una diversidad de campañas para crear una cultura del agua, donde el mensaje principal ha estado enfocado en responsabilizar al ciudadano del cuidado del recurso, consumiendo la menor cantidad posible de este. Sin embargo, los habitantes no cuentan con la información necesaria para comprender por qué deben cuidar el agua, como es que esta llega hasta su casa o cuál es la razón por la que no llega”* escribe Loreta Castro-Reguera Mancera, profesora de la facultad de arquitectura de la UNAM (Cohen y Mancera, 2018, p.118).

Dicho de otra forma, frente a la escasez de agua, la política reciente de la Ciudad de México ha sido responsabilizar a los individuos. Mediante campañas de publicidad o discursos políticos, se pide a los ciudadanos que reduzcan su consumo doméstico de agua. Un ejemplo de este paradigma es la campaña “Pequeñas Acciones”, realizada por la agencia publicitaria Cinco M Dos para las estaciones del Metrobús. Presenta pequeñas acciones cotidianas que los pasajeros pueden hacer para reducir el impacto ambiental de su modo de vida : “colocando la basura en su lugar, generas un cambio”, “reutilizando una botella de agua, generas un cambio”, o “bañándote en menos de cinco minutos, generas un cambio”. El cambio entonces provendría de la suma de las pequeñas acciones individuales y de la concientización de los individuos. Este enfoque en los individuos para la preservación del medio ambiente, y no en las dinámicas institucionales o económicas, es propio de los sistemas neoliberales³¹.

Aunque el modo de vida de cada uno sí es parte del problema, centrar el discurso en la responsabilidad ciudadana tiende a esconder el papel de los actores políticos y económicos en la escasez de agua. El sobreuso y la contaminación de los recursos hídricos por industrias, enmarcados en un modelo económico apoyado por el Estado, o la apropiación y el despilfarro

³¹ “Neoliberalism has conned us into fighting climate change as individuals”, Martin Lukacs, 17 de Julio de 2017, The Guardian, disponible en <https://www.theguardian.com/environment/true-north/2017/jul/17/neoliberalism-has-conned-us-into-fighting-climate-change-as-individuals>

del agua por actores privados que corrompieron autoridades públicas³², también deben ser temas centrales cuando se habla de cuidado del agua. La reflexión sobre el consumo individual de agua entonces adquiere más sentido si se enmarca en una reflexión colectiva más profunda. Esto no solo implica reformas políticas o reglamentarias, sino una resignificación cultural del agua a nivel de sociedad. No basta con incitativos individuales, positivos (felicitar los gestos ecológicos) o negativos (culpar al individuo), para conseguir la reducción del consumo. Hace falta construir una nueva cultura del agua, es decir una nueva relación entre los habitantes de la Ciudad de México y los recursos hídricos de la metrópoli. Una forma de conseguirlo es dar a conocer la historia hídrica de la ciudad y dar a ver el agua dentro del paisaje urbano.

Por un lado, enseñar el pasado lacustre de la ciudad, así como las decisiones históricas que llevaron a la situación actual, ayuda en entender el entorno natural de la metrópoli y demuestra que existen posibilidades de cambio. Un ejemplo es la serie de videos “*Historias de Agua*” realizados por Oxfam e Isla Urbana, las cuales difunden conocimiento sobre temas como “*El Bosque de Agua*”, “*El sistema Lerma-Cutzamala*”, o “*El Río Tula*”. Por otro lado, la inclusión del agua en los espacios urbanos parte del principio que una mayor visibilidad lleva a un mejor cuidado del líquido vital. Los ciudadanos, acostumbrados a la presencia del agua en el entorno urbano, estarían más dispuestos a cuidar el agua por entienden su recorrido y valoran sus espacios. Un ejemplo es la recuperación y el saneamiento del Canal Nacional para convertirlo en un parque lineal en el marco del programa “Sembrando Parques”³³.

Estas obras, empezadas en las tres alcaldías del Canal Nacional (Xochimilco, Iztapalapa, Coyoacán), ambicionan la recuperación de uno de los pocos espacios que todavía tienen cuerpos de agua en la ciudad. La Jefatura de Gobierno así menciona la existencia de este canal en los tiempos prehispánicos y su voluntad de recuperar “*las cualidades paisajísticas desde su esencia lacustre*”. Otro ejemplo fue la movilización ciudadana y artística alrededor del Río Piedad³⁴, estudiada por Itzkuauhtli Zamora Sáenz (Cohen y Mancera, 2018, pp. 205-229). El objetivo de estas acciones, empezadas en 2002 con la obra mural “La Piedad Entubada”, era evidenciar la

³² “Los explotadores del agua” (2020), reporte de la Asociación Civil “Contra la corrupción”, disponible en <https://contralacorrupcion.mx/explotadores-agua-mexico/>

³³ “Supervisa Jefa de Gobierno obras de la rehabilitación y saneamiento en Canal Nacional”, 22 de octubre de 2019, disponible en <https://jefaturadegobierno.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/supervisa-jefa-de-gobierno-obras-de-la-rehabilitacion-y-saneamiento-en-canal-nacional>

presencia de este río entubado y olvidado. Otras movilizaciones ciudadanas en el año 2012 llevaron a la construcción de un ecoducto, un espacio verde encima del río la Piedad, y a un trabajo de información mediante carteles (imagen siguiente).



Cartel “Aquí pasa un río”, Viaducto de La Piedad, Avenida Insurgentes Sur. Foto personal.

Este cartel busca “sembrar conciencia”, alertando primero sobre la desaparición de los cuerpos de agua. “Cinco lagos, quinientos ríos y mil kilómetros de agua han desaparecido en la ciudad. Hay quienes piensan que no pasa nada” dice el texto. Con símbolos simples y cifras impactantes, también subraya la baja viabilidad del Sistema Lerma-Cutzamala, el volumen de aguas negras, o el desperdicio masivo de agua en fugas. El ecoducto, más allá de simbolizar la presencia del río, sirve de depurador de aguas residuales, limpiando una parte de las aguas del río (30 metros cúbicos por día). El ecoducto, con sus zonas vegetales y sus huertos, ambiciona demostrar que otra relación al agua y al medioambiente es posible dentro de la Ciudad de México. Aunque se puede discutir su impacto, tal remodelación urbana, centrada en la valoración del agua, sin duda es un instrumento interesante para generar otra cultura del agua.

Por fin, una solución alternativa de abastecimiento recientemente reconocida por el gobierno de la Ciudad de México es la captación doméstica de lluvia. Con el programa “Cosecha de Lluvia” de la Sedema, que contempla la instalación de 100 000 sistemas domésticos de captación de lluvia, el gobierno de Claudia Sheinbaum dio reconocimiento a una práctica desarrollada por el empresarismo social. Opción descartada por varias décadas, la captación de lluvia entró al abanico de acciones de la administración capitalina, enfrentada a la emergencia social de la escasez de agua. La alta precariedad hídrica de varias colonias de la Ciudad de México, en particular en las alcaldías del Sur-Poniente, y el descontento social y político de los residentes de estas zonas, motivaron esta búsqueda de soluciones novadoras y descentralizadas. Con la influencia de la sociedad civil, y en especial frente a la profesionalización de iniciativas como Isla Urbana, la captación de lluvia entonces vino a formar parte de las políticas públicas del gobierno capitalino. La aceptación progresiva de esta práctica se hizo mediante el empresarismo social y la noción de emergencia, dejando pendiente la cuestión de una implementación durable y a larga escala.

B. La aceptación progresiva de la captación de lluvia en las políticas públicas

Uno de los retos principales de este trabajo fue entender el largo proceso por el cual la captación de lluvia, una opción descartada y marginalizada en la época moderna, llegó a ser una de las políticas públicas del Gobierno de la Ciudad de México. Para evaluar las posibilidades futuras de la captación de lluvia en la Ciudad de México, es importante conocer los antecedentes políticos y técnicos de esta práctica hídrica. Si la captación y el aprovechamiento del agua de lluvia son ideas y prácticas antiguas, su inclusión en las políticas modernas de la Ciudad de México fue un proceso lento y complejo. Dos formas de presiones permitieron acelerar este proceso se aceleró en los últimos años. Primero, la emergencia socio-ambiental de la escasez de agua incentivó al gobierno en considerar una variedad de opciones alternativas de abastecimiento. Segundo, la innovación tecnológica y el labor político de actores de la sociedad civil demostraron el potencial de la captación de lluvia en la Ciudad de México. Un choque ambiental externo y el trabajo de una coalición de cambio ambos cuestionaron las políticas hídricas de la administración capitalina. En las siguientes páginas, reconstituiremos entonces la historia política de la captación de lluvia en la Ciudad de México. Una versión condensada de esta historia así se encuentra en la conclusión de esta parte B, bajo la forma de una línea de tiempo. Esta línea de tiempo podrá ser un instrumento útil para conocer, de forma rápida y clara, las principales etapas de la captación de lluvia en la Ciudad de México.

1. Captar la lluvia : una opción descartada y marginalizada en la época moderna

1.1 Una variedad de propuestas descartadas en los siglos XIX y XX

La captación y el aprovechamiento del agua de lluvia no son ideas nuevas. En su obra *“Water Conservation Techniques in Traditional Human Settlements”*, el arquitecto Pietro Laureano así estudia la variedad de tradiciones antiguas de gestión y almacenamiento del agua de lluvia. Por ejemplo, en el territorio del actual Yemen, restos de los mausoleos y edificios sagrados construidos en la Antigüedad presentan sistemas de conducción de agua de lluvia y cisternas a cielo abierto (Laureano, 2013). Las cisternas de Tawila, ubicadas en el sur del país, son otro ejemplo de las técnicas antiguas de captación del agua de lluvia. En el marco de nuestra reflexión, destaca también el caso de la captación doméstica de lluvia en la *“domus”* del Imperio Romano. El patio central de estas casas particulares presentaba un estanque o *“impluvium”*, el cual se llenaba con aguas pluviales mediante una apertura en el techo o *“compluvium”*.

La práctica de captar la lluvia igual tiene antecedentes históricos en México, en particular con los *chultunes* contruidos por grupos mayas en la región Puuc. Este sistema consta en la excavación de una cisterna en el subsuelo, su impermeabilización con yeso, y la conducción de las aguas pluviales alrededores hacia esta cisterna (Ballén Suarez & al, 2006). Contruidos en zonas que carecían de cenotes naturales, los *chultunes* funcionaban como reservas de agua potable. La captación del agua de lluvia en contextos urbanos entonces tiene numerosos antecedentes, que sean de civilizaciones antiguas o de culturas tradicionales. También tiene antecedentes más recientes, con las varias experiencias modernas de captación de lluvia recopiladas en la obra colectiva *“International Rainwater Catchment Systems Experiences : Towards Water Security”* publicada en 2020 por la *International Water Association* .

En las cuatro últimas décadas, una multitud de experiencias internacionales buscaron crear una nueva relación al agua de lluvia. Territorios y comunidades enfrentadas a escasez de agua se dotaron de sistemas de captación de lluvia para lograr una mayor resiliencia hídrica. En particular, destacan las tradiciones de captación en los contextos insulares : desarrollo de una tecnología de captación en Tokio en los años 80, transformación de una tradición antigua de captación en una política moderna de seguridad hídrica en Sri Lanka, programas de modernización de la captación de lluvia en las islas de Hawái. Otras experiencias ocurrieron en contextos rurales, en zonas áridas y expuestas a sequías, y en distintas zonas del mundo (Malawi, Senegal, Bangladesh, Brasil...). En distintas ciudades, surgieron políticas públicas de captación o marcos regulatorios, con ejemplos en Corea del Sur (Star City, Seoul), en Bélgica (Bruselas), en Alemania (Berlín), o en México (Ciudad de México). Entre estas ciudades, la Ciudad de México es la única en apoyar un programa de captación doméstica con fin de abastecer directamente a hogares en situación de precariedad hídrica. En la Ciudad de México, se combinan la emergencia social de la escasez (como en los casos insulares o rurales) y una preocupación ambiental al nivel de metrópoli (como en los casos urbanos mencionados).

El desarrollo reciente de la captación de lluvia en la capital mexicana se enmarca en un contexto de emulación de esta práctica a nivel internacional, el cual favorece la reinterpretación de tradiciones locales más antiguas. A lo largo de los siglos, y frente a los problemas hídricos de la Ciudad de México, numerosas propuestas surgieron a favor del aprovechamiento de las aguas pluviales. A inicios del siglo XIX, ciertos autores ya criticaban la visión española del agua como una amenaza, y sugerían un mejor entendimiento y aprovechamiento del agua de lluvia para las

actividades humanas. Entre ellos, Alexander von Humboldt, explorador y científico prusiano, autor de un *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España* publicado en 1811. “*Humboldt had chastised the Spanish authorities for seeing water as “a destructive element”, “an enemy against which it was necessary to be defended”. He proposed that water not be expelled during the rainy season and instead be stored for agriculture and transport during the dry season”* (Vitz, 2018, p.31).

Si, aquí, obviamente no se trata de un proceso de captación del agua de lluvia, se nota la voluntad de almacenamiento y aprovechamiento de las aguas pluviales para las actividades económicas urbanas. La valorización del agua de lluvia, frente al paradigma colonial de desecación del valle y de expulsión de las aguas pluviales, es una primera forma de reconsiderar el aporte de las precipitaciones a la ciudad. En el siglo XX, cada vez que las autoridades municipales investigan por nuevas fuentes de agua, el aprovechamiento de las aguas pluviales surge en las propuestas científicas pero siempre se descarta a favor de infraestructuras de importación. Las propuestas concurrentes al acueducto de Xochimilco, construido a partir de 1905, así consistían en la captación y el almacenamiento del agua de lluvia, pero no recibieron consideración seria por parte de las instituciones (Vitz, 2018, p.42). En los debates preliminares a la construcción del Sistema Lerma, el aprovechamiento de las aguas pluviales también hacía parte de los proyectos discutidos. La administración hidráulica de la ciudad y sus consejos científicos debatieron, en este periodo, de las varias opciones de políticas hídricas y de obras de ingeniería. El ingeniero José Arguelles rechazó la perforación de pozos, solución eficaz a corto plazo pero problemática a largo plazo. Él propuso la explotación de las aguas de la cuenca de Lerma y el aprovechamiento del agua de lluvia mediante presas y plantas purificadoras. Si bien se realizó el sistema Lerma, las obras de aprovechamiento del agua de lluvia siguen siendo un deseo incumplido de los ecologistas urbanos (Vitz, 2018, p.106).

En las décadas siguientes, siguen las propuestas de aprovechamiento del agua de lluvia, especialmente por parte del doctor Nabor Carrillo en los años 60, quien insistió en la necesidad de infraestructuras de almacenamiento del agua de lluvia frente al riesgo de hundimiento. Heberto Castillo, ingeniero civil y figura de la izquierda mexicana, también propone, en los años 80, construir “*presas de almacenamiento de agua de lluvia en las partes altas de la ciudad*” (Legorreta, 2006, p.187). Estas propuestas no tratan entonces de un nivel doméstico de captación de lluvia sino de infraestructuras hidráulicas urbanas, es decir de un drenaje pluvial separado, de presas de tratamiento y almacenamiento, y de sistemas de redistribución o de

reinyección al acuífero. La administración capitalina, en la cual domina el paradigma de importación y expulsión, ignoró estas opciones en sus políticas hídricas.

1.2. Una aparición marginal en la esfera pública a finales del siglo XX

- Iniciativas ecológicas autónomas a nivel delegacional

Alternativa rechazada por la burocracia hidráulica, la captación de lluvia regresa paulatinamente en la agenda política por su dimensión doméstica. Un primer ejemplo se observó en la delegación Cuauhtémoc, donde la administración local apoyó la creación de sistemas domésticos de captación de lluvia. Con valor experimental y demostrativo, la delegación así instaló un sistema de captación en la Casa de Cultura de Santa María de la Rivera, conduciendo el agua precipitada en la azotea hacía cinco tinacos. De ahí, el agua se canalizaba a los propios baños del edificio, y el resto enviado hacia un pozo de reinyección. Otro sistema fue instalado por la delegación en los baños públicos del Monumento a la Revolución, demostrando las potencialidades del agua de lluvia para el consumo doméstico.



*Carteles de una campaña de recolección de agua pluvial de la delegación Cuauhtémoc (1998-2000)
Extraídas de Legorreta (2006). El agua y la Ciudad de México: De Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI.*

Este ejemplo también nos enseña el vínculo entre este tipo de iniciativa y la escala de gobierno local. Frente a la complejidad y a la inercia de las instituciones centrales de la ciudad, la delegación es una escala de intervención pertinente para probar nuevas soluciones.

Delegaciones con mayor precariedad hídrica también estarán más dispuestas a implementar otras alternativas de abastecimiento y a solicitar una colaboración unilateral con el gobierno de la ciudad. Entre 2003 y 2005, la delegación Iztapalapa así implementó un programa de almacenamiento de las aguas pluviales y de reinyección hacia los acuíferos mediante más de cincuenta pozos de absorción. Estas obras se desarrollan en un contexto nuevo puesto que, a inicios de los años 2000, la gestión de las aguas pluviales ya empezaba a ganar importancia en las políticas ambientales del Distrito Federal.

- **Una orientación de las nuevas regulaciones constructivas**

Claudia Sheinbaum, secretaria del medio-ambiente del Distrito Federal del 2000 a 2006, apoya la idea de un mejor aprovechamiento de las aguas pluviales. Esta orientación, aunque todavía modesta, se nota entonces en la Ley de Aguas del Distrito Federal, adoptada en mayo del 2003. La captación de lluvia aparece primero como una competencia y un objetivo de la Secretaría de Medio Ambiente, puesto que el artículo 16 de la ley le otorga la facultad de *“construir presas de captación y almacenamiento de agua pluvial, así como colectores marginales a lo largo de los barrancos y cauces para la captación de agua”*. Esta estrategia se combina con la preservación de zonas de infiltración de las aguas pluviales, o sea la conservación de las áreas naturales que permiten la recarga de los acuíferos, y la construcción *“en las zonas de reserva ecológica, de áreas verdes, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, con el fin de incrementar los niveles de agua de los mantos freáticos”*. Dentro de esta Secretaría, el Sistema de Aguas (SACMEX) recibe ciertas obligaciones con fin de preservar los mantos freáticos y los acuíferos, volviéndose *“responsable de promover en las zonas urbanas y rurales, la captación, almacenamiento y uso eficiente del agua pluvial como recurso alterno, desarrollando programas regionales de orientación y uso de este recurso”* (artículo 36).

Más allá de las obras de responsabilidad pública, la Ley de Aguas de 2003 tiende a favorecer un aprovechamiento de las aguas pluviales al nivel de edificios y al nivel doméstico. La promoción de la captación y del reúso de las aguas pluviales, a cargo del Sistema de Aguas, implica la escala de la unidad habitacional o funcional. Los edificios de órganos públicos del Distrito Federal son los primeros con obligación de instalar sistemas de captación de lluvia. *“En las construcciones e instalaciones, tanto del Gobierno del Distrito Federal, sus dependencias, entidades y organismos desconcentrados, así como las edificaciones de la Asamblea*

Legislativa y del Poder Judicial del Distrito Federal, deberán establecer sistemas de recuperación y almacenamiento de aguas pluviales así como sistemas para el ahorro y usos sustentable del agua.” (artículo 40)

Las nuevas construcciones también tienen que conformarse a las nuevas disposiciones de la Ley de Aguas y establecer sistemas de drenaje separados, aunque la aplicación del siguiente artículo ha sido muy errática. “ *En las nuevas construcciones, sean de manera individual o en conjunto, se deberán de efectuar las instalaciones que el Sistema de Aguas señale, a efecto de que cuenten con aparato medidor, así como drenajes separados, uno para aguas residuales y otro para grises o pluviales*” (artículo 35). El respeto de estas normas por las empresas constructoras, en desarrollos mayores como el de Santa Fe, sigue siendo un reto para la administración actual de Claudia Sheinbaum.

Por fin, el uso de sistemas de captación de lluvia en el ámbito doméstico estará fomentado mediante campañas periódicas, en colaboración con las delegaciones (artículo 29). Aunque el Sistema de Aguas no trabaja en desarrollar tecnologías eficientes para la captación doméstica, y que las autoridades públicas no se encargan de ningún tipo de instalación, la ley prevé que los habitantes estarán sensibilizados a las “*formas de colectar aguas pluviales domésticas para su uso, procurando integrar tanto el conocimiento tradicional como el científico y tecnológico*”. Sin más detalles, estas disposiciones dejan dos opciones : la implementación de sistemas básicos y artesanales por parte de los propios habitantes de un hogar, o la formación de iniciativas privadas que venden sistemas más elaborados. Primero, las estrategias dichas “artesanales”, ya existentes en las colonias de mayor precariedad hídrica, presentan límites. Segundo, al considerar la relación entre precariedad hídrica y precariedad económica, surge que los residentes capitalinos con más necesidad de agua serían los menos susceptibles de comprar un sistema de captación. En este contexto, la Ley de Aguas no puede iniciar una dinámica de captación doméstica. Sobre este punto preciso, se aparenta a una mera declaración de intención, cuyo mérito es inscribir la captación de lluvia en textos oficiales.

1.3. Una inercia institucional frente a la alternativa de la captación de lluvia

La inclusión de la captación de lluvia en programas institucionales y su consideración sería por parte de la administración municipal son procesos lentos y complejos. En las palabras de Massardier³⁵, las costumbres y las acciones de una coalición establecida son difíciles de cambiar (Massardier & al, 2016). La coalición dominante, compuesta por la administración estatal y por actores sociales de conservación del paradigma hídrico (como los desarrolladores inmobiliarios), suele oponerse a fuerzas sociales de cambio y frenar la evolución hacia el paradigma de “diseño sensible al agua”. Las reticencias del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (Sacmex) a cambiar de paradigma y a considerar la captación de lluvia se notan en un documento titulado *“El gran reto del agua en la Ciudad de México : pasado, presente y perspectivas para una de las ciudades más complejas del mundo”*. Publicado en 2012, cuando la idea de captar y aprovechar el agua de lluvia estaba ganando importancia en el debate público, el documento presenta una visión bastante crítica de esta práctica. Citando principalmente a Antonio Capella Vizcaíno, investigador del instituto de ingeniería de la UNAM, el reporte del Sacmex así evalúa el aporte de la captación de lluvia.

“La captación de agua de lluvia, como la fuente de abastecimiento futura de la ciudad y que hasta ahora no hemos sabido aprovechar, ha sido y seguramente seguirá siendo un tema de polémica, porque “a todo mundo le suena bien, y es que hay en todo esto una especie de ilusión óptica... cuando llueve mucho pues es un montón de agua y se inunda por aquí y por allá, y eso genera la sensación es que hay muchísima agua que se podría aprovechar”. Sin embargo, cuando se analiza la alternativa a profundidad se encuentran elementos que escapan de una primera visión del asunto: la infraestructura necesaria para captar esa agua sería muy costosa y estaría desaprovechada un 98% del tiempo; el volumen por captar es muy pequeño “cuando divides esos volúmenes de agua que llovió entre los segundos del año, es insignificante...” (Sacmex, 2012, p.158)

La captación de lluvia en edificios entonces sería un proyecto muy costoso y con muy pocos resultados, o sea una muy mala inversión. A lo largo del texto, se subrayan los límites o hasta la imposibilidad técnica de tal solución : este dispositivo solo funcionaría en temporadas de lluvia y dejaría a las familias sin agua el resto del año. Almacenar el agua en temporadas de

lluvia para usarlo en meses más secos sería una aberración técnica y económica, al implicar la instalación de cisternas enormes y costosas en casas de pequeño tamaño. De ahí resultaría que la captación de lluvia no puede ser una fuente significativa de suministro en ciudades y tiene que ser reservada a “pequeñas localidades” o “pueblos”.

“En ningún país del mundo el agua de lluvia es una fuente de suministro significativa, que tenga alguna importancia, en ninguna ciudad. Hay unos cuantos proyectos, por ejemplo en una zona de Berlín, otro que se hizo en Texas, otros en algunas pequeñas localidades africanas y en algunos pueblos hondureños, pero en ninguna ciudad importante del mundo captar el agua de lluvia es una fuente significativa de suministro”. “El problema de captar el agua de lluvia directamente en los techos de las casas habitación tiene una temporalidad reducida, básicamente es para la época de lluvias. Para ir más allá sería necesario almacenar el agua que llueve en cinco meses para usarla en siete, lo cual, por su alto costo, es más un mito que una posibilidad real”. “La cuenta es así de fácil: digamos que son casi siete meses que no llueve y que el consumo familiar fuera de 400 litros diarios... para 200 días que no llueve se requieren 80 metros cúbicos de almacenamiento en el domicilio, y más aún, se necesitarían 250 metros cuadrados de superficie para captar esa agua, que es mucho más superficie que el común de las casas... entonces, eso, sumando con las inversiones necesarias, pues es impracticable” (SACMEX, 2012, p.158)

Más allá de los asuntos técnicos, que detallaremos a continuación, esta argumentación presenta un sesgo importante. La captación de lluvia no sería una solución viable y habría que abandonarla porque no puede garantizar la integralidad del abastecimiento en agua. Sin embargo, los defensores de la captación de lluvia no pretenden y nunca han pretendido que sea una solución integral a los problemas hídricos de la ciudad, sino una solución parcial. Obviamente, si existen soluciones infraestructurales que permitan mejorar el abastecimiento de agua en la Ciudad de México, eso sin agravar el agotamiento de los acuíferos, tienen que ser estudiadas en vista de una implementación. Una de estas soluciones es la reparación masiva de la tubería para reducir las fugas. Aunque también sea una solución parcial, esta última línea de acción genera consenso por corresponder al paradigma hidráulico de la ciudad y a la lógica ingeniera más básica. Las críticas sobre el aporte reducido de la captación de lluvia al abastecimiento general parecen infundadas en un contexto de crisis hídrica. Trabajar en que miles de familias consumen agua de lluvia en vez de agua de los acuíferos, aunque sea por algunos meses al año o bajo ciertas condiciones de factibilidad, si ayudaría a garantizar parte

del abastecimiento y a reducir la presión sobre los recursos subterráneos. En la segunda parte de nuestro trabajo, nos dedicaremos a la evaluación más precisa del potencial técnico de la captación de lluvia.

En este documento, la administración capitalina entonces descarta la captación de lluvia de forma demasiado rápida por se ubica fuera de su campo usual de acción, aunque podría incluirse como solución complementaria a obras más tradicionales. Otra crítica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México gira en torno a la calidad del agua captada. *“Además se involucra un problema serio de mala calidad del agua “el agua que llueve en las calles está llena de patógenos, de aceite, de grasa, de un sinnúmero de contaminantes, es agua que no sólo no se puede potabilizar para darla a la gente, incluso es inconveniente para recargar el acuífero” (...)* *“ La propuesta que en ese entonces se hizo fue que en todos los estacionamientos de los supermercados se captara agua de lluvia. Hicimos un primer ejercicio en un Aurrerá que estaba en la salida a Toluca, por El Yaqui, pero se decidió que ya no se infiltrara porque la calidad del agua era terrible, tenía enormes cantidades de aceites y sólidos en suspensión”* (SACMEX, 2012, p.160). Como lo detallaremos a continuación, estas consideraciones sobre la calidad del agua de lluvia han sido solucionadas y, de hecho, al momento de la publicación de este documento, ya existen sistemas de captación de lluvia que proveen agua de buena calidad.

A pesar de estas críticas, el Sacmex reconoce una utilidad potencial de los sistemas de captación de lluvia en las colonias con mayor precariedad hídrica. En las zonas donde no llega la red, o donde llega muy poca agua de la red, la instalación de una nueva fuente de agua adquiere sentido. Dicho de otra forma, la captación de lluvia puede ser una solución temporal para colonias y familias en situación de emergencia, pero no tiene vocación a sistematizarse. *“La mejor estimación que podemos hacer con la información existente es que un proyecto de aprovechamiento de agua de lluvia se podría llevar a cabo en unas 70 mil casas, de las cuales 35 mil sería en la zona semi rural del sur y sur-poniente de la ciudad, donde no se tiene red, y otras 35 mil que, aun teniendo red, no reciben un suministro de manera regular. Pero además sería una solución que de todas maneras se tendría que reforzar con pipas para dar agua en temporadas de estiaje”*. Este párrafo es un primer paso de la administración capitalina hacia la aceptación de la captación de lluvia como fuente complementaria de abastecimiento.

2. La inclusión de la captación de lluvia en los discursos y los programas políticos

2.1. El desarrollo de Isla Urbana y sus primeras colaboraciones con gobiernos locales

Los primeros pasos de la captación de lluvia en viviendas fueron precisamente relacionados a situaciones de emergencias en el sur-poniente de la Ciudad de México. El desarrollo de sistemas de captación no vino de las instituciones, sino del empresarismo social y, en particular, del proyecto socioambiental Isla Urbana. En 2009, dos egresados de la Rhode Island School of Design, Enrique Lomnitz y Renata Fenton, se juntan con Carlos Moscoso, plomero de formación, para crear Isla Urbana. En esta nueva organización, trabajan en el diseño de sistemas de captación de lluvia para viviendas, con fin de ayudar a familiar que sufren de escasez de agua. Isla Urbana instala sus primeras oficinas en la Colonia Cultura Maya de la Delegación Tlalpan, zona expuesta a una alta precariedad hídrica, y lugar donde reside Clara, la primera beneficiaria de un sistema de captación de lluvia.

“En los barrios de autoconstrucción en la periferia de la Ciudad de México, donde la gente más sufre precariedad hídrica, es donde nuestro trabajo tenía valor” precisa Enrique Lomnitz. El primer sistema fue algo experimental pero cumplió con sus objetivos : el agua llegó cristalina a la cisterna de membrana y rápidamente vino a sobrar su capacidad. El éxito fue tal que los vecinos de Clara, en el Ajusco, se enteraron del sistema y quisieron replicarlo en su casa. Vivienda por vivienda, Isla Urbana así fue equipando unos residentes de la zona con sistemas de captación, mejorando poco a poco su tecnología. De este labor, surgió la primera colaboración de Isla Urbana con una entidad política, la delegación Tlalpan:

“Dijeron que querían 500 sistemas de captación. Eso fue nuestra primera colaboración con un sistema de gobierno. Es que colaborar con gobiernos locales tenía toda la lógica del mundo para empezar a captar y jalar más gente a captar. No sé cuánto gastaban en este tiempo, pero, hoy en día, la delegación Tlalpan gasta 130 millones de pesos para subsidiar pipas y camiones de agua. Entonces tiene sentido trabajar con delegaciones para que paguen sistemas de captación en habitaciones donde más le cuesta abastecerse de agua. En este momento, nos dimos cuenta que teníamos que ir a buscar los gobiernos locales en zonas de mayor carencia de agua y vender nuestro trabajo. Empezamos a instalar sistemas, lo que fue una experiencia muy difícil y maravillosa a la vez, y empezamos a entender cómo funciona la cultura política.

Hubo un montón de broncas al principio por no entender cómo funciona el gobierno en las delegaciones, pero luego empezó a pegar esto, y fue uno de los motores principales para empezar a poner sistemas de captación. Donde más falta el agua es donde hay mayor pobreza, y gente vive más al día, o sea la gente no tiene para invertir en una solución de este estilo. Y el agua está altamente subsidiada en la Ciudad de México. Una pipa privada te cuesta entre 1200 y 1400 pesos al año, cuando ya con 50 metros cuadrados de techo puedes captar 5 o 6 pipas al año. Entonces las delegaciones si tienen interés en invertir en este tipo de solución”³⁶

La responsabilidad del abastecimiento de agua se divide entre dos niveles de gobierno. La administración estatal, de la Ciudad de México, se encarga de las infraestructuras primarias. El Sacmex así realiza las obras de extensión de la red o las reparaciones de la tubería. En ciertas zonas de la Ciudad de México, las casas que no reciben bastante agua de la red, o que ni siquiera están conectadas a la red, se abastecen con pipas de agua. Estas pipas están gestionadas y subsidiadas por los gobiernos de alcaldías. Las alcaldías que cuentan con niveles altos de precariedad hídrica tienen que garantizar una parte importante del abastecimiento. El costo económico de subsidiar las pipas de agua entonces incita los gobiernos de alcaldías a interesarse en soluciones alternativas como la captación de lluvia. Por motivos políticos (responder a reivindicaciones ciudadanas), por motivos sociales (necesidad urgente de agua), y por motivos económicos (ahorro en los subsidios), las alcaldías tienen intereses en iniciar programas de captación de lluvia. Estas consideraciones justifican que las alcaldías sean una escala pertinente de acción para la captación de lluvia.

Más allá del contexto urbano, Isla Urbana diversificó sus acciones con programas destinados a las comunidades *wixarikas* de la sierra Huichol (Estado de Jalisco) a partir de 2011, y con las comunidades mazatecas del Estado de Oaxaca a partir de 2013. Estas comunidades, que están lejos de acceso vehicular, son comunidades dispersas y bastante difíciles de acceso. Instalar allí sistemas de captación permite reducir los tiempos de traslados por agua, aumentar el volumen de agua disponible, y conseguir una mayor autonomía. Atentos a que estos sistemas sean aceptados socialmente, Isla Urbana logró una cobertura total de agua potable para dos comunidades de la sierra Huichol y la instalación de más de 150 sistemas en la zona mazateca.

³⁶ Enrique Lomnitz, en el Seminario “Cosecha de Lluvia” del 21 de mayo de 2020

Mientras tanto, la organización siguió colaborando con delegaciones capitalinas, instalando sistemas en Tlalpan y Xochimilco y perfeccionando su tecnología de captación.

Reconocida en el mundo del empresarismo socioambiental por la red de emprendedores Ashoka en 2012 y por la *MIT Technology Review* en 2013, Isla Urbana adquirió una visibilidad internacional. De ahí surgieron colaboraciones con administraciones estatales, primero con la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Hidalgo, y luego con la Secretaría de Ciencia, Tecnología, e Innovación del Distrito Federal en 2015. Claramente identificada por los actores de las políticas hídricas, la empresa reforzó sus colaboraciones con las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, e Iztapalapa, con más de mil sistemas instalados en 2016. También se asoció al mundo universitario, en particular al programa PUMAGUA de la UNAM, para favorecer la investigación en torno a la captación de lluvia. Todos estos esfuerzos resultaron en la inclusión progresiva de las ideas de Isla Urbana en las políticas públicas y en los documentos oficiales de las instituciones capitalinas.

2.2. La aparición de la captación de lluvia en documentos institucionales a nivel municipal y a nivel nacional

- **La Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México (2016)**

En 2016, bajo la jefatura de Miguel A. Mancera Espinosa, la Ciudad de México publica su estrategia de resiliencia, en el marco de la iniciativa 100 Ciudades Resilientes. Este documento recopila las políticas públicas, ya impulsadas o por venir, que el gobierno estatal implementa para hacer la ciudad más resiliente, es decir más capaz de enfrentarse a los riesgos ambientales, sociales, y económicos que la amenazan. El segundo eje de esta estrategia de resiliencia se titula “*Impulsar la resiliencia hídrica como nuevo paradigma para el manejo del agua en la cuenca de México*”, y su primera meta es “*reducir la pobreza y la desigualdad hídrica*”. Para cumplir esta meta, la estrategia de resiliencia propone primero extender la red primaria de agua potable hacia las comunidades periurbanas y las zonas de difícil acceso. Esta acción, llevada a cabo por el SACMEX con la ayuda del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo, implica una inversión importante en las infraestructuras de abastecimiento y corresponde a la misión histórica del Sistema de Aguas. Sin embargo, las otras propuestas de acción no pertenecen al paradigma hidráulico histórico de la ciudad, sino reflejan una orientación hacia estrategias alternativas.

Primero, se propone reajustar las tarifas del agua y concientizar a los ciudadanos al desperdicio de agua. Mediante instrumentos normativos y políticos, el objetivo es la resignificación social y económica del agua en la ciudad para lograr un consumo más igualitario. La segunda acción es la promoción del *“establecimiento temporal de esquemas de captación de agua de lluvia y “kioscos” de agua en zonas y viviendas con pobreza hídrica”*. En esta parte, el gobierno capitalino reconoce de forma explícita que *“la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas con pobreza hídrica permite crear una alternativa para abastecer de manera temporal a los hogares que no cuentan con acceso a la red de agua”*. Se acepta aquí la captación de lluvia como una manera de reducir la presión hídrica sobre los acuíferos y de ayudar a familias vulnerables. No es un azar encontrar aquí la lógica discursiva de Isla Urbana, pues si el proyecto está confiado al Secretaría de Desarrollo Social, el ejecutante designado en el texto es la empresa Isla Urbana.

Con este anuncio, el gobierno se compromete a sostener el trabajo ya iniciado por la empresa, y ambiciona la instalación de 300 dispositivos entre 2016 y 2018. Se nota la pertenencia del proyecto al campo del “desarrollo social” y no del “medio-ambiente”, aunque los demás proyectos están relacionados al Sacmex y, por ende, a la Secretaría de Medio Ambiente. Como lo mencionamos, la captación de lluvia no entra al debate público por medio del discurso ambiental, sino por el empresarismo social y una lógica de ayuda de emergencia a familias en situación de precariedad hídrica. El libelado de este proyecto así habla de un *“establecimiento temporal”* de esquemas de captación de lluvia. En este momento, captar la lluvia todavía se percibe como una solución temporal y el Estado, proveedor de agua y garante del derecho humano al agua, quiere reafirmar que todas las viviendas de la Ciudad de México estarán conectadas y abastecidas por la red de agua potable. La oposición entre abastecimiento tradicional por la red y captación por la lluvia sigue vigente en este texto, aunque la captación de lluvia se enmarca mejor en una lógica de complementariedad con los sistemas tradicionales. Solo al considerarla como complementaria a la red de agua potable, la captación de lluvia podría deshacerse de su conceptualización como “solución temporal o de emergencia” y adquirir todo su potencial ambiental. Esta mención del trabajo de Isla Urbana en un plan oficial del gobierno sigue siendo un gran paso para la institucionalización de la captación de lluvia.

- **Dictamen del Senado de la República (2016)**

El mismo año, la Senadora Ninfa Salinas Sada, miembro del Grupo Parlamentario del Partido Verde Ecologista de México, presentó una *“proposición con punto de acuerdo que exhorta al titular de la Comisión Nacional del Agua a diseñar y difundir campañas sobre la importancia y beneficios del aprovechamiento del agua pluvial y para que realicen talleres sobre elaboración de sistemas para su captación y uso”*. En esta proposición, la senadora presenta las características de la crisis hídrica que amenaza al país, y plantea la reutilización del agua de lluvia como una línea de acción mayor para solucionar esta problemática. Para llamar la atención de sus colegas, subraya que, según el Sistema Meteorológico Nacional, el territorio nacional recibe alrededor de 1,489,000 millones de metros cúbicos al año. De esta agua, el 71,6% se evapora y regresa al atmósfera, el 22% se incorpora a río y arroyos, y solo un 6,2% se infiltra a los acuíferos. Al mencionar estas cifras impresionantes, la meta es sensibilizar a los senadores al potencial desaprovechado del agua de lluvia. Si se pudiera captar tan solo el 1% de este agua, ya representaría 148 900 millones de metros cúbicos al año, una cantidad que no se extrajera de los acuíferos. En respuesta a esta proposición, la Comisión de Recursos Hidráulicos del Senado de la República redactó un dictamen.

En este dictamen, la Comisión del Senado empieza por cuantificar el aporte potencial del agua de lluvia. Según ellos, aprovechando tan solo el 3% de todo el volumen de agua precipitado, se podría suministrar agua no potable para usos domésticos a 13 millones de personas, aproximadamente el 10% de la población mexicana. *“En esta Comisión, tomamos en consideración el hecho de que en México sólo una parte ínfima del agua de lluvia es utilizada para alguna actividad específica, lo cual resulta preocupante, en virtud de que de acuerdo a la opinión de algunos especialistas, se podría reducir el rezago en abastecimiento de agua en el país si se aprovecharan los métodos de captación y gestión del agua de lluvia. En ese sentido, tenemos que si se captara toda la lluvia en los techos y en algunos suelos, se podría ahorrar entre un 10% a un 15% del agua que se consume en los hogares. Así, resulta que si se aprovechara el 3% de la lluvia que cae cada año en el país, alcanzaría para suministrar de agua no potable para usos como limpieza o sanitarios a 13 millones de personas, para que 50 millones de animales pudieran beber o para regar 18 millones de hectáreas de cultivo.”*³⁷

³⁷ Primera consideración del dictamen

Si la primera consideración evocaba la implementación masiva de sistemas de captación y aprovechamiento de lluvia, a una escala tan grande que pueda suministrar al 10% de la población mexicana, la segunda asocia de nuevo la captación de lluvia con situaciones de precariedad hídrica. *De acuerdo con información de sitios especializados en el tema de agua pluvial, tenemos que se debe tener claridad en el hecho de que son variados los beneficios que puede englobar un sistema de captación de agua de lluvia {SCALL}, pero el más importante radica en el hecho de que es quizá el mejor instrumento para aminorar la extrema desigualdad social que lamentablemente gira en torno al agua. Hay diseños simples y de costo asequible para la mayoría de los hogares populares, razón por la cual, es una excelente alternativa a considerar durante la época de lluvias es adaptable e instrumento es invariable*”³⁸. Tal como lo implementa Isla Urbana, que seguramente hace parte de “los sitios especializados en el tema de agua pluvial” aquí mencionados, la captación de lluvia sería una buena solución para hogares populares sufriendo escasez de agua. Mientras, en 2012, el Sacmex subrayaba el alto costo y la complejidad técnica de captar lluvia en unidades habitacionales, aquí se menciona el diseño simple y el costo asequible de tales sistemas. Otra vez se nota la influencia del trabajo de Isla Urbana en la capital por, en colaboración con otros actores de la sociedad civil, preciso han diseñado e implementado sistemas simples y de costo reducido, los cuales estudiaremos más adelante. Las ideas impulsadas por una coalición de cambio (Massardier & al, 2016), compuesta por actores del empresarismo social, por actores del mundo universitarios, y por partidos ecologistas, entonces ganan terreno frente a la coalición dominante, conformada por la administración hidráulica y las empresas constructoras.

En la tercer resolución, también resalta la influencia de Isla Urbana en el discurso político por, fuera de los asuntos técnicos, la empresa puso en evidencia la necesidad de un proceso social en torno a la captación de lluvia. *“La clave para lograr una garantía del buen uso y mantenimiento del Sistema de Captación de Agua de Lluvia, no radica en una correcta instalación sino en el hecho de lograr generar sentido de pertenencia e identidad para con éste, que no es posible si no se incluye a los beneficiarios o comunidad local en un proceso participativo, equitativo e incluyente que debería considerar el pre, durante y post instalación del SCALL. Por ello, se debe tener en cuenta, que no es una obra contemplativa de realización a corto plazo sino una estrategia de construcción colectiva y de actualización permanente.*”³⁹

³⁸ Segunda consideración del dictamen

³⁹ Tercer consideración del dictamen

Aunque otros actores o empresas han trabajado en desarrollar sistemas de captación de lluvia, no se han enfocado en todo el proceso social que la captación de lluvia implica. Para que no se caigan en desuso los sistemas instalados, es decir para que los beneficiarios realicen el mantenimiento exigido, se tiene que generar una aceptación social de la captación de lluvia. Las comunidades implicadas en el proyecto, o los individuos que benefician de un sistema, tienen que resignificar el agua de lluvia. Esta resignificación pasa por el entendimiento de las problemáticas hídricas de la ciudad y de la comunidad, o sea de las causas mismas de la escasez de agua, y por la demostración del potencial que tiene la captación de lluvia. En el caso de comunidades o de escuelas, la apropiación pasa por la organización de talleres participativos, en los cuales los residentes cuentan de su relación con el agua y se enteran de los beneficios de la captación de lluvia. La meta es, como lo dice la dictamen, “*generar sentido de pertenencia e identidad*”, para que cada uno valore los sistemas de captación y esté dispuesto a participar en su mantenimiento.

Una forma de generar un sentido de pertenencia e identidad es por el arte, razón por la cual Isla Urbana colaboró con asociaciones en varios proyectos. Con la asociación Concentrarte, así organizó talleres artísticos durante los cuales los niños pintaron los beneficios de la captación de lluvia, los residentes realizaron frescas colectivas en torno a la lluvia y decoraron los propios sistemas de captación. En el caso de sistemas domésticos instalados en las colonias de la Ciudad de México, el proceso participativo es diferente. Implica primero charlas comunitarias, donde los habitantes expresan sus opiniones en cuanto a la gestión del agua y se informan sobre la captación de lluvia, para luego solicitar o no un sistema.

Para estas familias de menores recursos, la instalación de los sistemas de captación es totalmente gratis. Por consecuencia, mantener el sistema no está asociado a la idea de valorizar una inversión económica inicial. No existe este compromiso moral y económico a rentabilizar algo comprado, aunque los beneficios económicos indirectos de la captación de lluvia puedan luego favorecer el cuidado de los sistemas. Isla Urbana entonces busca otra forma de compromiso de parte de las familias, es decir otra forma de asegurarse que el sistema no se instalará en vano. “*Las familias tenían que asistir un fin de semana completo. El sábado, se les llevaba al volcán a hacer un par de talleres sobre la Cuenca del Valle de México y la historia del agua en el Valle. Y el domingo, en las chinampas, talleres sobre cómo la ciudad de México construyó la infraestructura hídrica y sobre la crisis hídrica. No pagan dinero pero esto sirve*

*de filtro para saber quién va a cuidar el sistema, quien está dispuesto a gastar dos días para saber algo de la lluvia. Esta metodología jalo increíble en Xochimilco.”*⁴⁰ así cuenta Delfín Montañana, responsable del departamento de educación socioambiental de Isla Urbana.

El trabajo de Isla Urbana entonces está reconocido mediante este dictamen, y aún más, se considera en la cuarta resolución que las empresas como Isla Urbana son las entidades adecuadas para liderar los proyectos de captación de lluvia. *“Para esta Comisión, tal como ha quedado manifestado por las organizaciones de la sociedad civil que han trabajado en colaboración con académicos y estudiantes universitarios, tenemos que tener en consideración que estos dos entes, pueden ser el binomio que solvante tareas específicas de los gobiernos locales o regionales, en materia de captación de agua de lluvia.”*⁴¹. Las numerosas colaboraciones de la empresa con la UNAM (mediante el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad o el Programa Universitario de Manejo, Uso y Reúso del Agua) o con el Instituto Internacional de Recursos Renovables, claramente ubican a Isla Urbana dentro de estas “organizaciones de la sociedad civil que han trabajado en colaboración con académicos y estudiantes universitarios” En esta resolución, también se asocia la captación de lluvia a “tareas específicas de los gobiernos locales o regionales”. Ya vimos que la escala delegacional o la escala comunitaria, basándose en la precariedad hídrica de estas áreas, parecían ser niveles pertinentes de acción. Esta resolución efectivamente enmarca la captación de lluvia dentro de una descentralización de las políticas hídricas, al ser un instrumento flexible y adaptable a las necesidades específicas de cada localidad.

- Constitución de la Ciudad de México (2017) y Ley del derecho al acceso, disposición, y saneamiento del agua de la Ciudad de México (Reforma de 2019)

Como ya se desprende de las consideraciones, el Senado aprobó la proposición de la senadora ecologista y exhortó al Titular de la Conagua para que, en coordinación con el Sacmex y las Comisiones Estatales de Agua, *“diseñen y difundan campañas sobre la importancia y los beneficios de la captación y aprovechamiento del agua pluvial”* y que *“realicen talleres sobre la elaboración de sistemas de captación y aprovechamiento doméstico del agua pluvial”*. La captación de lluvia entonces entra paulatinamente en el discurso político de los tres niveles de

⁴⁰ Delfín Montañana, en el Seminario Cosecha de Lluvia del 28 de mayo de 2020

⁴¹ Cuarta consideración del dictamen

gobierno, como resultado del trabajo continuo de organizaciones de la sociedad civil y de actores universitarios. Los actores de la sociedad civil conformaron una coalición de cambio que promueve otro paradigma hídrico para la Ciudad de México. Su estrategia política fue una estrategia de comunicación. Para lograr esta inclusión de la captación de lluvia en los discursos, Isla Urbana así creó un departamento dedicado a la comunicación.

“Tienes que poner el tema en la agenda pública, en el imaginario de la ciudad, desde los políticas y las autoridades, hasta la propia población. Por esto creamos, con Nabani, el área de comunicaciones de Isla Urbana, para meter la idea de la captación de lluvia al imaginario. Todavía era visto como una cosa hippie, para micro aldeas, para ewoks, pero no se veía para nada como algo que pueda convencer la Ciudad de México. Entonces, paralelo al desarrollo del sistema tecnológico, ha sido como poner el tema sobre la mesa y que lo empiecen a retomar otras personas. Esto tomó forma con la área de comunicaciones, estar en redes sociales, cultivar relaciones con medios, hablar de sustentabilidad hídrica, estar colocando cada vez más el tema.”⁴²

Como lo vimos con el programa Cosecha de Lluvia, se puede decir ahora que la captación de lluvia sí convenció la Ciudad de México. Una prueba de esta integración al discurso político es la mención de la captación de lluvia en la propia Constitución Política de la Ciudad de México de 2017. El artículo 9 (“Ciudad Solidaria”) en su alinea F, escribe *“La Ciudad garantizará la cobertura universal del agua, su acceso diario, continuo, equitativo y sustentable. Se incentivará la captación del agua pluvial”*. La captación de lluvia está reconocida, en la constitución del Estado, como una forma de asegurar la cobertura de agua de los ciudadanos capitalinos. Se logró, a lo largo de los años, un cambio de percepción social y política hacia la captación de lluvia. El Sacmex, que asociaba la captación de lluvia con “pueblos” y comunidades rurales” (o, en las palabras de Enrique Lomnitz, una cosa de ewoks, una cosa para micro-aldeas) , también viene a reconocer el potencial de la captación de lluvia para el suministro de agua en contexto urbano. Este cambio de actitud tiene que ver, además del cambio de gobierno, con la escasez de agua y la amenaza de una crisis hídrica más grave: cada gota de agua que se puede ahorrar se tiene que ahorrar.

⁴² Enrique Lomnitz, en el Seminario “Cosecha de Lluvia” del 21 de mayo de 2020

“La captación de lluvia ha empezado a tener cada vez más peso en las políticas públicas. Si hablabas con Sacmex, lo trataban como una microcosa que no sirve, “eso no..”, pero poco a poco cambio, y el actual dirigente, Carmona, dio una platico donde dijo que “es que en la Ciudad de México, tenemos que captar la lluvia en todos lugares que se pueda, a la mayor escala que se pueda, porque cada agua que se capta es una gota que no se saca del acuífero y así solo lo explotamos en temporadas de sequía”. Con otras organizaciones y la UNAM, logramos entonces a colocarlo en el discurso, y empiezan a verlo bien en el Sacmex. El labor de la sociedad civil es llevar las cosas a este punto. Ahora, por ejemplo, piden la opinión de Isla Urbana cuando quieren sacar un nuevo marco regulatorio sobre la captación de lluvia”⁴³

En 2019, las reformas de la Ley del derecho al acceso, disposición, y saneamiento del agua de la Ciudad de México, así definieron objetivos y regulaciones para la captación de lluvia. Según esta ley, se procurará la instalación de sistemas de captación y de reutilización de lluvia en todos los edificios públicos, en las unidades habitacionales, en las colonias, en los pueblos, y en los barrios en donde no haya abastecimiento continuo o no exista la red de agua potable. Esta declaración de intención se complementa con requerimientos más precisos para las nuevas construcciones o las áreas verdes. En esta ley, se nota la voluntad de generalizar la captación de lluvia en una gran variedad de espacios urbanos, con prioridad a las zonas más desabastecidas. El mismo año, se inaugura el primer programa masivo de captación de lluvia para la Ciudad de México, el programa Cosecha de Lluvia.

2.3. La captación de lluvia como política pública de la Ciudad de México

- El programa Cosecha de Lluvia

La elección de Claudia Sheinbaum, doctora en Ingeniería Ambiental y científica del GIEC, en diciembre de 2018, seguramente contribuyó en la adopción de la captación de lluvia en las políticas públicas. Secretaria del medio ambiente entre 2000 y 2006, elaboró en este período normas constructivas para el aprovechamiento del agua pluvial. Entre 2015 y 2017, también fue Jefa delegacional de Tlalpan, una delegación enfrentada a una alta precariedad hídrica. Como Jefa de Gobierno, Claudia Sheinbaum entonces quiso impulsar una dinámica ecológica,

⁴³ Enrique Lomnitz, en el Seminario “Cosecha de Lluvia” del 21 de mayo de 2020

en particular mediante la Secretaría de Movilidad (SEMOVI) y la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). Encabezada por la doctora Marina Robles García, la Sedema así inició, en 2019, el programa Cosecha de Lluvia, que contempla la instalación de 100 000 sistemas domésticos de captación de lluvia.

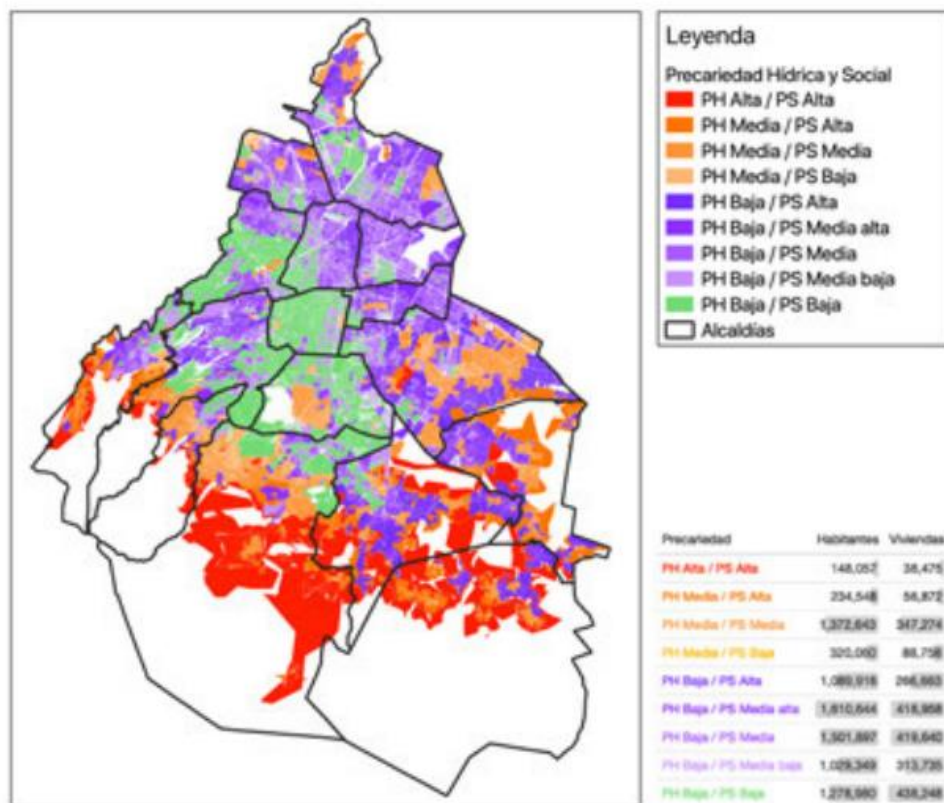
Su objetivo anunciado es *“mejorar las condiciones de acceso al agua de la población en viviendas marginadas y con elevada escasez de agua y aumentar la resiliencia ante crisis puntuales de abasto en la Ciudad de México mediante la provisión e instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas, contribuyendo así a promover los derechos al agua, a una vida digna, a la ciudad y a la infraestructura social. Con ello se espera reducir la incidencia de escasez de agua, de marginalidad y de exclusión de las mujeres, que con frecuencia tienen la tarea de buscar agua para cubrir las necesidades básicas del hogar”*⁴⁴. El programa entonces retoma los lineamientos de la acción de Isla Urbana, es decir una intervención con enfoque social en las colonias capitalinas con mayor precariedad hídrica. El vocabulario aquí empleado asocia la captación de lluvia a una conexión a la red hidráulica, puesto que la instalación de un sistema de captación promueve el derecho al agua, a una vida digna, a la ciudad, y a la infraestructura social. Otro objetivo anunciado es *“Demostrar la viabilidad de usar modelos de gestión del agua descentralizados y sustentables para mejorar las condiciones de vida de la población más necesitadas”*. La captación de lluvia se concibe aquí como la forma de descentralización máxima de la política hídrica, puesto que cada hogar beneficiario gestiona su propia fuente de abastecimiento.

Este programa se destina, por consecuencia, a zonas específicas que combinan una alta precariedad hídrica y un alto nivel de marginación, por es donde existe la necesidad más urgente, y *“porque uno de los factores que más influyen en la adopción de sistemas de captación de lluvia es precisamente la carencia de agua en las viviendas. Las personas con mayores problemas de agua tienden a ser más abiertas y entusiastas y harán el mayor esfuerzo por aprender a captar bien la lluvia”*⁴⁵. Para elegir las áreas prioritarias, fue necesario cuantificar y mapear la precariedad hídrica en la Ciudad de México. Con este fin, se usó el índice de precariedad hídrica de OXFAM México, cual mide, mediante siete variables, la vulnerabilidad hídrica a nivel de manzana. Estas variables son: el porcentaje de viviendas sin

⁴⁴ Página oficial de la SEDEMA

⁴⁵ Gaceta oficial de la Ciudad de México, 18 de Enero de 2019, disponible en <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/ROP%20Gaceta.pdf>

agua entubada, el índice o grado de marginación, el índice o grado de desarrollo, el grado promedio de escolaridad, el tandeo de agua requerido, la condición de asentamientos irregulares, y el promedio de habitantes por cuarto de la vivienda. A nivel de manzana, la aplicación de este índice da el Mapa 4. A nivel de alcaldía, la aplicación de este índice da los resultados del cuadro 1.



Mapa 4. Índice de precariedad hídrica por manzana de la Ciudad de México.
Extraído de Tellman, E. (2019), *Captación de lluvia en la CDMX : Un análisis de las desigualdades espaciales*

Alcaldía	Número de viviendas con precariedad hídrica	Número de viviendas con precariedad hídrica extrema	Número de viviendas con precariedad hídrica muy alta	Número de viviendas con precariedad hídrica alta	Número de viviendas con precariedad hídrica media-alta
Alvaro Obregón	18,878	1,046	1,583	14,801	1,448
Azcapotzalco	16,555	0	155	3,405	12,995
Benito Juárez	4,362	0	0	0	4,362
Coyoacán	42,896	0	0	36,685	6,211
Cuajimalpa de Morelos	12,705	1,080	5,510	5,033	1,082
Cuauhtémoc	13	0	0	13	0
Gustavo A. Madero	44,512	103	4,059	37,214	3,136
Iztacalco	5,542	0	0	4,246	1,296
Iztapalapa	120,442	1,051	5,329	93,316	20,746
La Magdalena Contreras	32,360	1,258	2,256	22,860	5,986
Miguel Hidalgo	748	0	0	322	426
Milpa Alta	16,355	5,389	6,027	4,840	99
Tláhuac	23,614	259	5,002	17,010	1,343
Tlalpan	91,713	17,504	9,081	47,987	17,141
Venustiano Carranza	959	0	0	46	913
Xochimilco	26,778	2,956	10,450	9,096	4,276
Total	458,432	30,646	49,452	296,874	81,460

Cuadro 1. Número de viviendas en situación de precariedad hídrica por delegación de la Ciudad de México. Encuesta de la SEDEMA.

De estos resultados, destaca una división geográfica entre el Norte y el Sur de la Ciudad de México, del Sur-Poniente con mayores niveles de precariedad hídrica en las alcaldías del Sur-Poniente. En particular, el mapa enseña amplias zonas de alta precariedad hídrica en las alcaldías Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac. El Sur de las alcaldías Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, y Magdalena Contreras también presenta zonas con altos índices de precariedad en las zonas más periféricas y de construcción mas reciente. La alcaldía Iztapalapa, alcaldía más poblada de la Ciudad de México, presenta situaciones diversas, con grandes zonas de precariedad media. En los resultados del cuadro, notamos que la alcaldía Iztapalapa concentra el 26,3% de las viviendas en situación de precariedad hídrica de la Ciudad de México, mientras concentra el 20,5% de la población capitalina. La alcaldía Tlalpan concentra el 20% de las viviendas precarias, y el 57% de las viviendas con precariedad hídrica extrema, aunque la población delegacional solo representa el 7,6% de la población de la ciudad. Las otras alcaldías que concentran una proporción de viviendas precarias superior a su peso demográfico son Coyoacán, Cuajimalpa de Morelos, La Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, y Xochimilco. Todas las alcaldías del sur-poniente están en esta situación.

Para el primer año del programa, la Ciudad de México decidió trabajar con las alcaldías Iztapalapa y Xochimilco, considerando no sólo criterios de precariedad hídrica sino también las condiciones técnicas de realización. Al ser alcaldías colindantes, Iztapalapa y Xochimilco conforman un espacio de intervención unificado, en donde los equipos de campo pueden moverse de forma rápida. La Secretaria de Medio Ambiente luego eligió 78 colonias de la alcaldía Iztapalapa y 78 colonias de la alcaldía Xochimilco, basándose en el nivel de precariedad hídrica a este escala administrativa. Un estudio preliminar con residentes de estas colonias confirmó la viabilidad de la instalación de sistemas de captación de lluvia (cuadro 3). La encuesta también confirmó los problemas de acceso al agua en estas zonas (cuadro 2).

Alcaldía	Número de cuestionarios	Sin conexión a red (%)	Considera que el agua de la red es de buena calidad (%)	No toman agua de red (%)	Sí toman agua de red (%)	Compran pipas (%)	Compran garrafones (%)
Iztapalapa	105	1.90	40.00	88.57	11.43	25.71	94.29
Xochimilco	159	13.84	61.64	48.43	51.57	13.84	82.39
Total	264	9.09	53.03	64.39	35.61	18.56	87.12

Cuadro 2. Resultados preliminares de los cuestionarios sobre el acceso y calidad del agua (Encuesta SEDEMA)

Alcaldía	Personas que respondieron que estarían dispuestas a instalar SCALL (%)	SCALL técnicamente viable (%)	SCALL técnicamente no viable (%)	SCALL sin viabilidad técnica confirmada (%)
Iztapalapa	74.29	66.67	15.15	18.18
Xochimilco	87.42	75.48	5.16	18.35
Total	82.20	72.05	9.06	18.9

Cuadro 3. Resultados preliminares de los cuestionarios sobre viabilidad de instalación de los SCALL (sistemas de captación de lluvia). Encuesta de la SEDEMA.

Primero, una alta proporción de viviendas se quedan sin conexión a la red, sobre todo en Xochimilco (13,84%). Segundo, el abastecimiento de la red no es suficiente, puesto que el 18,56% de las personas entrevistadas tienen que comprar pipas. Por fin, la calidad del agua de la red en estas alcaldías es bastante mala: solo el 40% de los entrevistados en Iztapalapa y el 62% de los de Xochimilco consideran que el agua de la red es de buena calidad. Los problemas aquí mencionados justifican una intervención pública y la instalación de sistemas de captación de lluvia. Captar la lluvia complementaría el abastecimiento insuficiente o inexistente de la red, daría acceso a un agua de buena calidad, y aliviaría a familias de una parte de sus gastos en pipas. De ahí resulta que, según los datos presentados en la tabla 3, el 82.20% de las personas entrevistadas estarían dispuestas a instalar un sistema. Además, sería técnicamente viable instalar un sistema en 72.05% de las viviendas examinadas, resultando en una alta viabilidad del proyecto en Iztapalapa y Xochimilco.

Con las condiciones de ser residentes de las colonias designadas, de presentar comprobantes de domicilio (la residencia en viviendas regularizadas o “formalizadas” es una condición de acceso al programa), de participar en las pláticas y los talleres previos a la instalación, y de comprometerse a cuidar el sistema, las familias de Iztapalapa y Xochimilco así pudieron aplicar al programa para beneficiar de un sistema de captación de lluvia. Con el objetivo de instalar 10.000 sistemas en un año, y con un presupuesto de dos millones de pesos, la Sedema inició una licitación para elegir los operativos del programa. Isla Urbana, con su experiencia de la ecotecnología y del proceso comunitario, no tenía verdadera competencia en esta licitación, y lógicamente la ganó. Así empezó una colaboración entre Isla Urbana y la Sedema, que representó un salto mayor por la empresa. Implicó más de 15.000 visitas, la instalación de 60 sistemas al día, la compra de 150 materiales diferentes, y el seguimiento de todos los sistemas

instalados. La empresa social, de tamaño relativamente pequeño, tuvo que adaptarse a la gestión de estos nuevos fondos públicos y de intervenciones masivas en un tiempo reducido.

- **De una dinámica asociativa a un programa institucional**

Esto significó una extensión del equipo operativo y un cambio en la dinámica interna de Isla Urbana. Desde su principio, Isla Urbana funcionó con una dinámica asociativa, es decir con un equipo bastante reducido cuyos miembros están al tanto de las misiones de los demás, por existen intercambios constantes entre los diferentes servicios. Al extenderse, el riesgo es que la estructura entre en una lógica más empresarial, con servicios separados y jerarquizados, con menos sentido de pertenencia a un colectivo unido por una causa común, y con menos intercambios creativos entre los miembros. La participación en el programa Cosecha de Lluvia entonces hizo sentir el límite entre la dinámica asociativa y la dinámica empresarial, por el tamaño sin precedente de la intervención y también por la presión que ejerce sobre la parte comunitaria del proyecto.

En sus primeros programas delegacionales, como lo vimos, Isla Urbana organizaba fines de semana enteros con actividades en torno a la crisis hídrica y a la captación de lluvia. *“Esta metodología jaló increíble en Xochimilco. Pero cuando ya pones 10.000 sistemas ya no es igual, no puedes procesar esta cantidad de beneficiarios con actividades tan intensas, diseñamos otras para que tengan una formación mínima.”*⁴⁶ La empresa entonces tuvo que recortar en parte este trabajo social, enfocándose en pláticas comunitarias por zonas de intervención y en la capacitación de los beneficiarios. Al implicar una cierta masificación de la acción social, la transformación de una iniciativa originada por el empresarismo social en una política pública de larga escala conlleva cambios en el propio modo de intervención. Sin embargo, esta colaboración cumplió con su meta, puesto que se logró la instalación de 10 061 sistemas de captación de lluvia⁴⁷, y que el 94% de estos sistemas sigue en servicio⁴⁸.

Tras este inicio exitoso, la Sedema decidió seguir el programa Cosecha de Lluvia para el año 2020, extendiéndolo a más alcaldías capitalinas. Este año, el programa se aplicará en 87

⁴⁶ Delfín Montañana en el Seminario “Cosecha de Lluvia” del 28 de mayo de 2020

⁴⁷ Padrón de personas derechohabientes o beneficiarias del programa “Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas de la Ciudad de México”, 2019 (SEDEMA)

⁴⁸ Enrique Lomnitz en el Seminario “Cosecha de Lluvia” del 21 de mayo de 2020

unidades (colonias, pueblos, o barrios) de la alcaldía Tlalpan, en 66 unidades de la alcaldía Tláhuac, en 34 unidades de la alcaldía Milpa Alta, y también seguirá en Iztapalapa y Xochimilco, con respectivamente 68 y 67 unidades beneficiarias. Aunque la Sedema estuvo en contacto permanente con Isla Urbana, colaborando en particular en la elaboración de un manual de captación de lluvia para la Ciudad de México, la empresa no ganó la licitación este año. Descartados administrativamente por la falta de algunos documentos (cartas de notificación de transacción a un tercero), la empresa no logró obtener la licitación para ser el operador del programa en 2020.

Este evento imprevisto fue un golpe duro para la empresa, por tenían contactos estrechos con la Sedema y ya habían invertido en materiales para poner en marcha el segundo año del programa. Más allá de las pérdidas económicas, la empresa se siente desagrada de una iniciativa que ellos mismos crearon, ahora confiada a una “*empresa de cementos y tinacos*”⁴⁹ sin experiencia previa en la captación y aún menos en los procesos comunitarios. Existe sin duda una cierta absurdidad en que el programa Cosecha de Lluvia de la Sedema no sea ejecutado por la empresa experta y exitosa en este ámbito, cuando el propio logotipo usado para la comunicación del programa es una creación de Renata Fenton, cofundadora de Isla Urbana. De otra forma, puede entenderse como el punto final de la apropiación de la captación de lluvia por las autoridades políticas. Por medio del empresarismo social, actores de la sociedad civil pusieron el tema en la agenda política, logrando que la administración capitalina, reticente en un principio, lo incluyera poco a poco en sus políticas públicas, antes de deshacerse de la propia empresa que lo había promovido. El programa Cosecha de Lluvia, que se podía considerar como un apoyo económico a un proyecto social preexistente, ahora se percibe como una política propia de la Sedema y del gobierno de Claudia Sheinbaum.

⁴⁹ Enrique Lomnitz en el seminario “Cosecha de Lluvia” del 21 de mayo de 2020)

La captación de lluvia en la Ciudad de México : etapas de una inclusión política

1998

La delegación Cuauhtémoc inicia una campaña de recolección de agua pluvial

2009

Fundación de Isla Urbana

2015

Primera colaboración de Isla Urbana con una administración estatal : la Secretaría de Ciencia, Tecnología, e Innovación del Distrito Federal

2017

La Constitución política de la Ciudad de México menciona la captación de lluvia

Fundación de la Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

2020

Segundo año del programa Cosecha de Lluvia

Colaboración de Isla Urbana con Techo para instalar sistemas y garantizar acceso al agua durante la pandemia de COVID-19

SIGLO XX

En paralelo a las grandes obras de trasvase, ingenieros y actores de la sociedad civil proponen captar y aprovechar el agua de lluvia

2003

La nueva Ley de Aguas del Distrito Federal promueve la captación de lluvia como una práctica hídrica sustentable

La delegación Iztapalapa inicia un programa de almacenamiento de las aguas pluviales

2010

Colaboración de Isla Urbana con la delegación Tlalpan

2016

Isla Urbana instala más de mil sistemas en las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, e Iztapalapa

Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de México: el gobierno prevé la instalación de 300 sistemas de captación de lluvia en colaboración con Isla Urbana

El Senado de la República emite un dictamen en favor de la captación de lluvia

2019

Inicio del programa "Cosecha de Lluvia" : instalar 100 000 sistemas en la Ciudad de México

Reformas de la Ley del derecho al acceso, disposición, y saneamiento del agua. Nuevas reglas constructivas en favor de la captación de lluvia.

La captación de lluvia entonces se estableció como una práctica hídrica en el debate público y en las políticas públicas. La integración de esta práctica en los discursos oficiales fue un proceso lento y la historia de la Ciudad de México ayuda a entender esta lentitud. Esta historia es indisociable de la desaparición del entorno lacustre de la antigua Tenochtitlan, de la desecación progresiva del Valle de México, y de la percepción del agua como una amenaza. Con la idea de construir una ciudad moderna y de proteger a los habitantes de los riesgos, las administraciones sucesivas han reducido la presencia del agua en la ciudad. Sin embargo, para cumplir con el deber de proveer agua a los ciudadanos, también se construyeron obras masivas de distribución de agua potable como los Sistemas Lerma y Cutzamala. La relación al agua en la capital se encontró dependiente de este paradigma de expulsión de las aguas usadas o peligrosas y de la importación masiva de agua potable por grandes obras de ingeniería. En este contexto, la captación de lluvia no correspondía con el paradigma hídrico de la ciudad, con las prácticas hídricas de la administración, y con la percepción generalizada de la lluvia como una fuerza destructiva.

Descartada por muchas décadas, la captación de lluvia entró al debate público por la situación de emergencia hídrica de la Ciudad de México. Frente a la escasez del recurso hídrico al nivel de ciudad y a la precariedad hídrica de miles de hogares capitalinos, las posturas dogmáticas se debilitaron y prácticas alternativas fueron exploradas. En particular, la captación de lluvia ganó importancia en el debate público, tras la demostración de su potencial por actores del empresarismo social. La vulnerabilidad de las fuentes actuales de abastecimiento y el trabajo político de una coalición de cambio entonces hicieron posible la aceptación política de la captación de lluvia. Adaptada al discurso actual de descentralización de las políticas hídricas, la captación de lluvia vino a formar parte de las prácticas hídricas de los gobiernos locales. Las demás escalas de gobierno (nacional y estatal) luego la incluyeron en sus discursos y programas bajo diversas formas: declaración de intención, nuevas reglas constructivas, instalación masiva de sistemas. La captación de lluvia, originalmente percibida como una solución temporal o un remedio de emergencia, empieza a definirse en el discurso político como una herramienta durable para conseguir una mayor resiliencia hídrica. Sin embargo, esta percepción original sigue vigente por dos razones.

Primero, el abastecimiento de agua por los sistemas de captación de lluvia tiene una temporalidad reducida, necesariamente dependiente de la temporalidad y del volumen de las precipitaciones. En la mayoría de los casos, la captación de lluvia es una fuente de agua

complementaria y, aunque los patrones de lluvia están conocidos, la captación de lluvia está asociada con la noción de imprevisibilidad. Su función “simplemente” complementaria y su imprevisibilidad percibida complican su establecimiento como practica hídrica en la Ciudad de México. Segundo, en el marco del empresarismo social de Isla Urbana y luego del programa Cosecha de Lluvia, los sistemas de captación de lluvia han sido instalados en colonias y en hogares en situación de precariedad hídrica. La necesidad básica de agua en estos hogares ayudó en la adopción rápida de los sistemas y de la práctica de captar la lluvia. Sin embargo, la generalización de esta práctica en la Ciudad de México plantea el problema de la percepción social de la captación de lluvia, en zonas donde está más necesitada pero también en zonas donde los residentes tienen un acceso eficiente al agua de la red. En la segunda parte de nuestro trabajo, entonces nos enfocaremos en las posibilidades técnicas y sociales de implantación de la captación de lluvia como practica hídrica en la Ciudad de México.

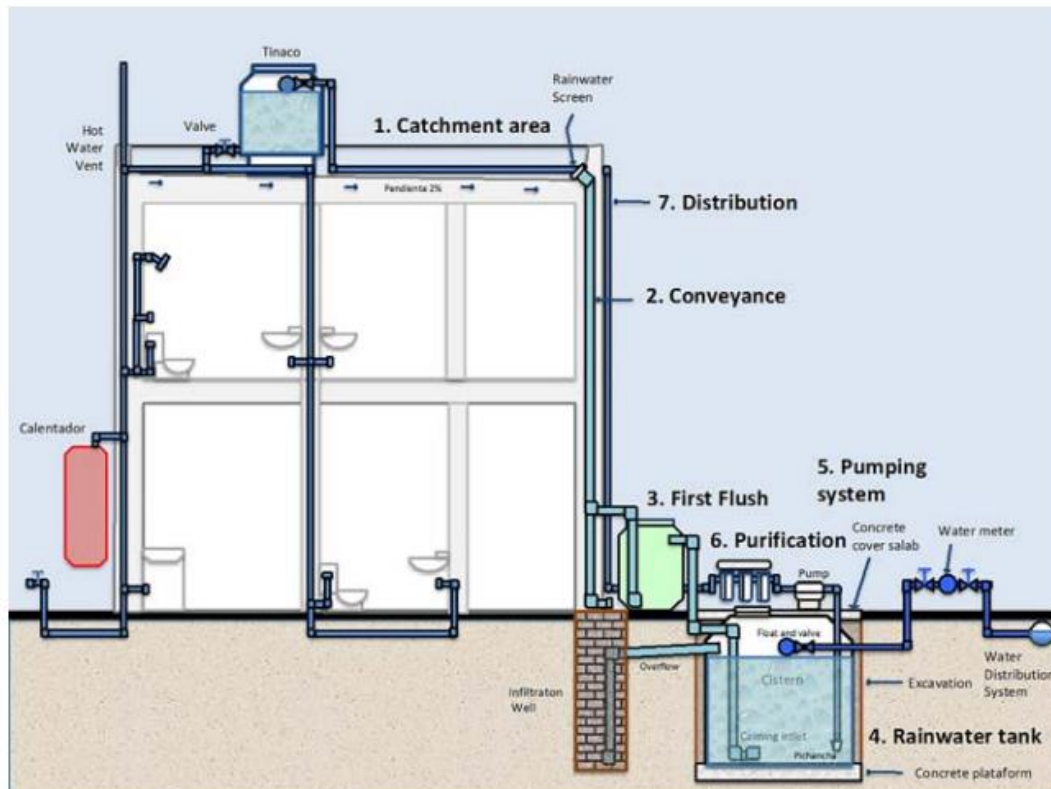
II. La captación de lluvia : una solución viable más allá de casos de emergencia ?

A. Descripción y evaluación técnica de los sistemas de captación de lluvia

1. Requerimientos técnicos de la captación de lluvia

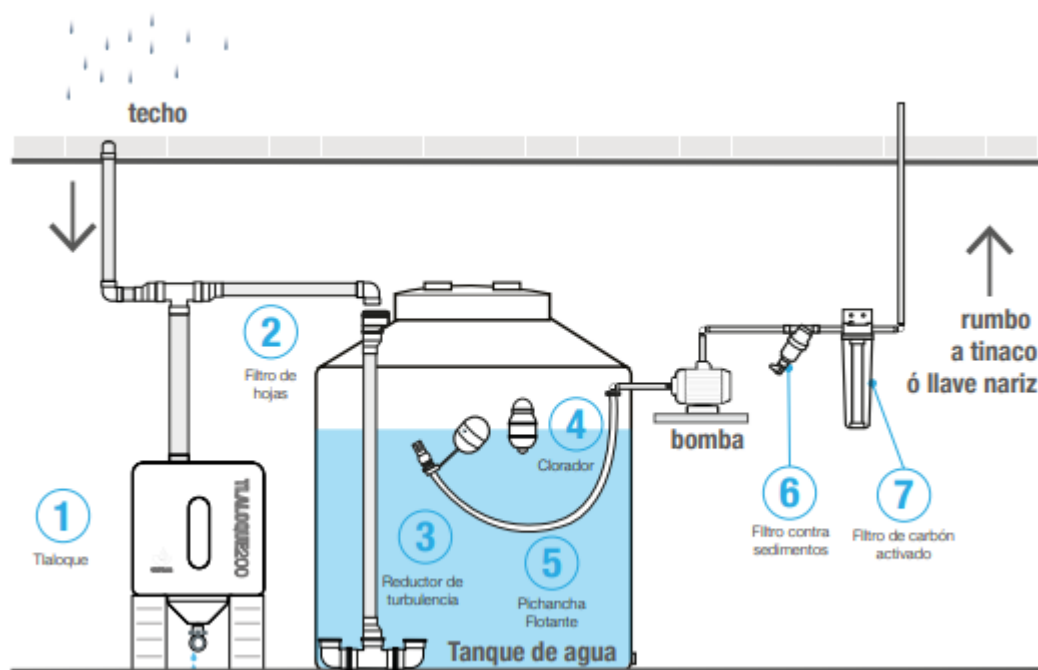
- Estructura del sistema de captación de lluvia

A principios del año 2020, la *International Water Association* publicó un libro titulado “*International Rainwater Catchment Systems Experiences : Towards Water Security*” dedicado a las experiencias internacionales de captación de lluvia. Esta publicación relata y analiza experiencias en un gran variedad de países (México, Sri Lanka, Estados Unidos, Malawi, Bangladesh, Alemania, etc.) y en una variedad de contextos geográficos (urbanos, rurales, continentales, insulares, etc.). A pesar de las grandes diferencias que existen entre estas experiencias, todas comparten la misma voluntad de aprovechar el agua de lluvia para un consumo local, eso mediante un sistema de captación de lluvia. En los contextos urbanos, los sistemas domésticos de captación de lluvia suelen contener siete elementos básicos : 1) una área de captación, generalmente el techo del edificio o, en ocasiones, el patio 2) un sistema de conducción del agua 3) un primer separador, que excluye los primeros minutos de lluvia del sistema por están cargados de contaminantes 4) un tanque de almacenamiento 5) una bomba 6) filtros y dispositivos de purificación 7) un sistema de distribución. El potencial técnico de un sistema de captación de lluvia, antes de considerar la demanda y el consumo, entonces depende principalmente del tamaño de la área de captación y del tamaño del tanque de almacenamiento.



Esquema 1. Sistema de captación de lluvia. Extraído de Gleason Espíndola & al. (2020), International Rainwater Catchment Systems Experiences: Towards Water Security, IWA Publishing

Nuestro caso de estudio, es decir los sistemas de captación en la Ciudad de México y en particular los desarrollados por Isla Urbana, corresponde con esta descripción. Primero, el techo tiene que ser acomodado para conducir el agua hacia un sistema de tubería. Esta tubería conduce primero al separador de primeras lluvias, también conocido como “Tlaloque” en los sistemas instalados por Isla Urbana. Esta pieza, con su diseño identificable y su nombre simbólico, capta los primeros minutos de agua de lluvia, para que no entre al sistema el agua más contaminada. Después de cada lluvia, se tiene que vaciar el “Tlaloque” para que pueda servir durante la próxima lluvia. Una vez que está lleno el Tlaloque (1), el agua pasa por un primer filtro, el filtro de hojas (2), que quita los elementos sólidos que pueden caer al sistema : hojas, piedritas, trozos de ramas. De allí, el agua llega a un tanque de almacenamiento donde está purificada con una pastilla de cloro colocada en un clorador (4). Dentro del tanque de almacenamiento, también está colocado un reductor de turbulencia (3), destinado a reducir los movimientos del agua para que los residuos se queden en el fondo del tanque.



Esquema 2. Sistema de captación de lluvia de Isla Urbana. (Fuente : Isla Urbana)

Mediante una pichancha flotante (5), el agua luego es captada en la parte superior del tanque, más limpia que la parte inferior, y enviada a la tubería por una bomba. Esta tubería suele conducir al tinaco que está en los techos de las casas, para luego distribuirse en la casa por gravedad. Sin embargo, antes de llegar al tinaco, el agua pasa por etapas de filtración. Un filtro contra sedimentos (6), “que no deja pasar ni la mitad de un cabello”⁵⁰, siempre está instalado. Un filtro de carbón activado (8) también puede ser agregado. El mantenimiento de este sistema lógicamente consista en mantener el techo y los filtros limpios, vaciar el Tlaloque después de cada lluvia, y cambiar la pastilla de cloro del tanque. Bastante sencillas, estas etapas de mantenimiento se enseñan a las familias beneficiarias al momento de la instalación.

- Condiciones técnicas de la instalación en viviendas

La instalación de un sistema de captación de lluvia entonces requiere un techo adecuado, que se pueda acomodar para redirigir el agua, y espacio para colocar el tanque de almacenamiento y el tinaco. Este tanque de almacenamiento puede ser un tanque externo o una cisterna excavada en el suelo. No todas las casas están aptas para recibir un sistema de captación de lluvia. En

⁵⁰ Ana Paula Mejorada, Presentación en la Escuela Daniel Cosío Villegas, 5 de marzo de 2020

particular, el sistema elaborado por Isla Urbana se dedica principalmente a viviendas unifamiliares, porque sería complejo y poco viable distribuir el volumen de agua captada en un techo a todas las viviendas de un mismo edificio. Aunque Isla Urbana también instaló sistemas en escuelas, en edificios públicos, o en comedores comunitarios, su modo de operación consista en instalar un sistema en una vivienda unifamiliar y capacitar a la familia su mantenimiento. En la Ciudad de México, otras organizaciones, como Soluciones Hidropluviales, se especializan en la captación de lluvia en grandes superficies. Estos sistemas más amplios sin duda importan al momento de evaluar el potencial técnico de la captación de lluvia a escala de ciudad. Sin embargo, por razones de disponibilidad de los datos, nos enfocaremos aquí en los sistemas domésticos de captación de lluvia.

Una de las primeras etapas del proceso de captación de lluvia entonces es verificar, en cada hogar interesado, la viabilidad técnica de instalar un sistema. En un documento publicado por la SEDEMA en cuanto al primer año del programa Cosecha de Lluvia, un cuestionario preliminar realizado en Iztapalapa y Xochimilco evalúa la viabilidad técnica de instalar un sistema en casas. Esta encuesta encontró que instalar un sistema de captación de lluvia era viable en 72% de las casas, no viable en 9% de las casas, mientras un 19% de las casas quedaron sin aviso definitivo (Cuadro 3). Instalar un sistema de captación entonces era viable en una alta proporción de las viviendas encuestadas, demostrando que tenía sentido iniciar un programa de captación en estas colonias y alcaldías. La sencillez técnica del sistema de captación, tanto como las características de las viviendas unifamiliares en la Ciudad de México, hacen que un programa de captación de lluvia a larga escala es un proyecto viable.

En cuanto a las características de las viviendas, así cabe destacar que el 82% de las familias capitalinas ya cuentan con tinaco, el 57,9% de las familias cuentan con cisterna, y el 64% cuentan con bomba⁵¹. Los fenómenos de escasez y el abastecimiento por medio de pipas en varias colonias de la Ciudad de México, en particular en el Sur-Poniente, hacen que una proporción importante de familias ya cuentan con cisternas. Por ejemplo, “*los hogares de la alcaldía Tlalpan suelen tener una alta capacidad de almacenamiento dado que el servicio de agua por pipas les proporciona una cantidad de aproximadamente 8.000 litros*” (Tellman & al, 2019, p.51). Estos datos refuerzan la viabilidad técnica de la captación de lluvia en la Ciudad

⁵¹ Mariana Balderas, en el Seminario “Cosecha de Lluvia” del 18 de junio de 2020

de México. Una vez cumplidos los requisitos técnicos de instalación, hace falta una evaluación cuantitativa y cualitativa del suministro provisto por los sistemas de captación de lluvia.

2. ¿Un abastecimiento de agua potable?

- Volumen cosechable y parte en el consumo de los hogares

La primera condición para que la captación de lluvia represente una verdadera opción de abastecimiento es que provea una cantidad relevante de agua. Es bastante complejo determinar la cantidad de agua captada, almacenada, y aprovechada mediante los sistemas de captación de lluvia. Las variables principales son la cantidad de precipitaciones y las dimensiones de la área de captación. A estas variables, se agregan la dimensión del tanque de almacenamiento y el consumo de agua de los beneficiarios. En un manual reciente de captación de lluvia⁵², Isla Urbana propone una técnica de cálculo bastante simple para estimar la cantidad de lluvia captada por un sistema. Este cálculo es el siguiente : “*superficie de captación * aguacero mensual promedio * coeficiente de captación = volumen mensual cosechable*”. El aguacero mensual promedio corresponde a las precipitaciones mensuales presentadas en el Gráfico 1, y el coeficiente de captación restituye el porcentaje de esta agua que está captada por el sistema.

Por ejemplo, en el Gráfico 2, se calcula el volumen mensual cosechable con una área de captación de 60 m² y un coeficiente de captación igual a 0,85. Lógicamente, notamos que el aprovechamiento máximo surge en la temporada de lluvias, y en particular en cuatro meses : junio con 6003 litros, julio con 7645 litros, agosto con 8231 litros, y septiembre con 8282 litros. Al contrario, los meses de diciembre, enero, febrero, y marzo, presentan volúmenes cosechables inferiores a mil litros. En un periodo de un año, el volumen cosechable sería igual a 38 188 litros. Con una área de captación de 90m² y el mismo coeficiente de captación, se obtiene un volumen de 9002 litros en junio, de 11 467 en julio, de 12 345 litros en agosto, de 10 894 en septiembre. En un periodo de un año, el volumen cosechable sería igual a 57 177 litros.

⁵² El “Manual de captación pluvial” de Isla Urbana, realizado por Emilio Becerril, aún no está disponible, pero unas páginas son disponibles en el sitio Issuu (https://issuu.com/islaurbana/docs/seleccio_n_manual_de_captacio_n_pluvial_de_isla_ur)

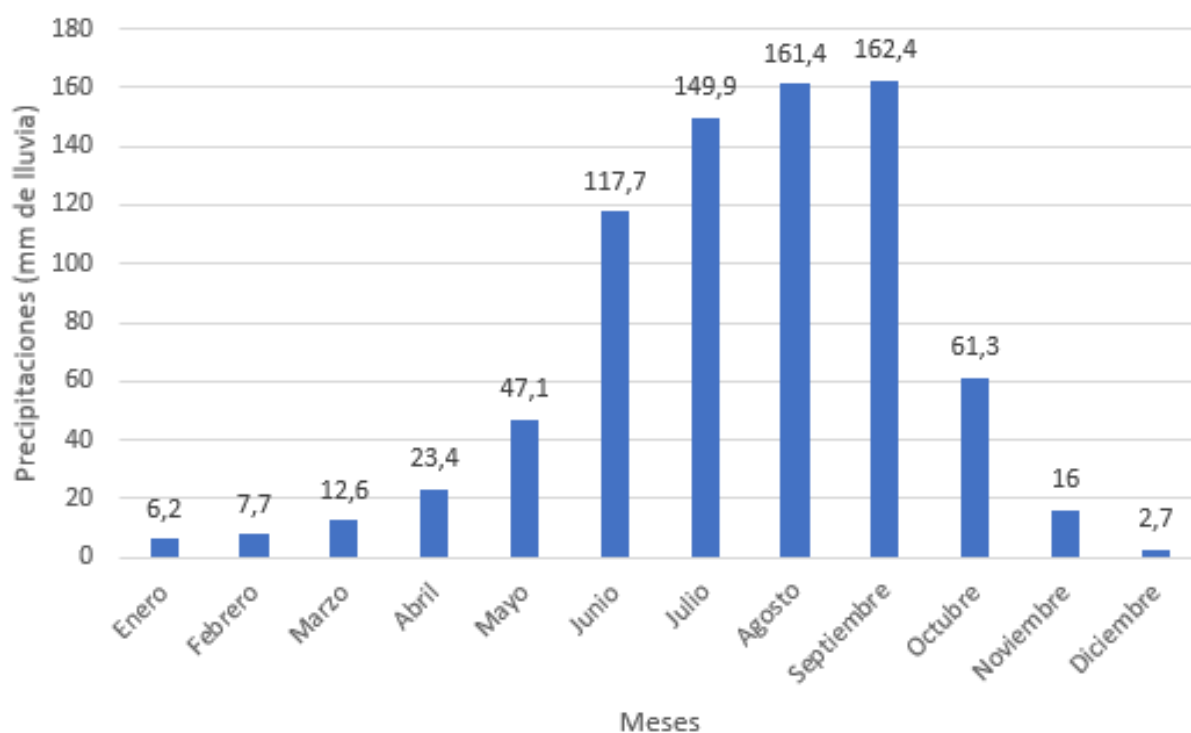


Gráfico 1. Precipitaciones promedio en la Ciudad de México (Datos CONAGUA 2014-2018), extraído del Manual de captación pluvial de Isla Urbana

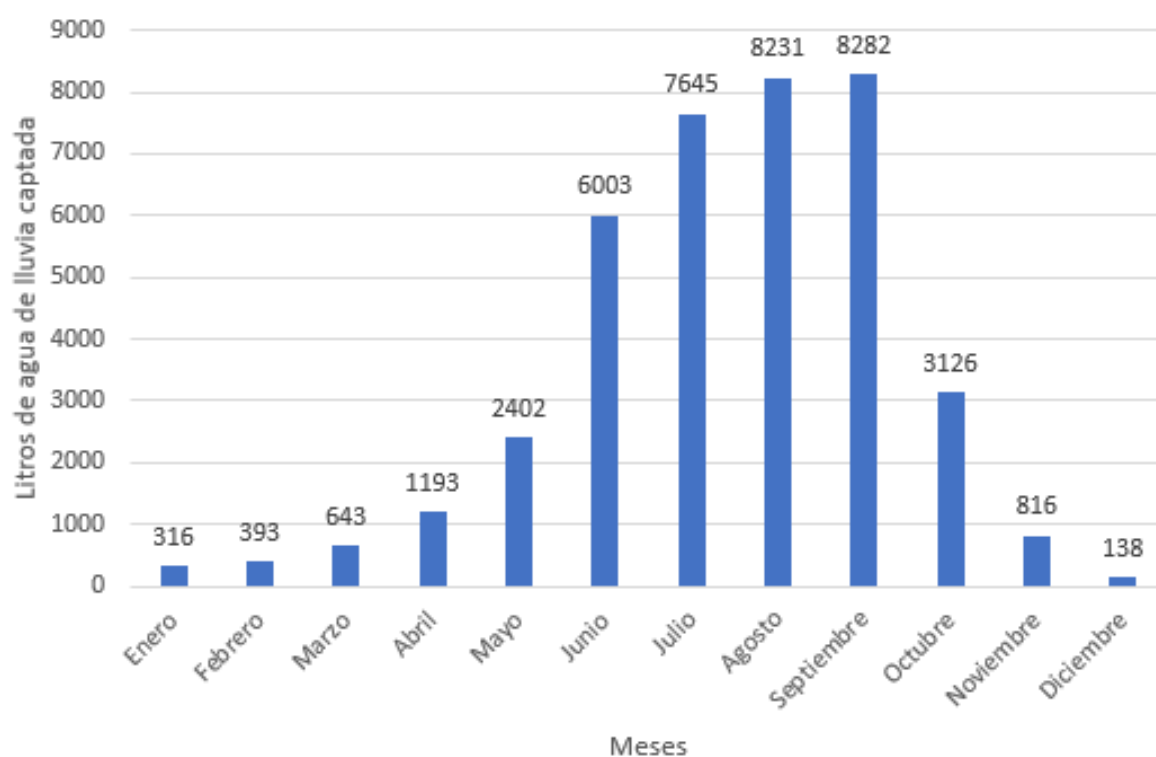


Gráfico 2. Volumen cosechable por un sistema de captación de lluvia, con una área de captación de 60m² y un coeficiente de captación de 0,85 (realizado a partir del Manual de captación pluvial de Isla Urbana)

Estas cifras concuerdan con los resultados de un estudio de 2016 (Arroyo Zambrano & al, 2016). resultado de una encuesta en 139 hogares no usuarios de sistemas de captación y en 76 hogares usuarios de sistemas de captación. Los hogares se ubican en las delegaciones Álvaro Obregón, Iztapalapa, Tlalpan, Xochimilco. De estos hogares, se consideraron los que declararon comprar pipas para abastecerse de agua. En el grupo de no usuarios, el promedio era de 18 pipas compradas anualmente, cuando en el grupo de usuarios, el promedio era de 11,5 pipas compradas anualmente. De allí, se estimó que el uso de un sistema de captación de lluvia permitirá ahorrar un promedio de 6,5 pipas al año. Al referirse a las dos capacidades existentes de pipas, 8 000 o 10 000 litros, se obtuvo un total de 52 000 o 65 000 litros ahorrados al año. Si consideramos que la demanda de agua de los hogares no cambia antes y después de la instalación de un sistema de captación, este volumen (de 52 000 a 65 000 litros) entonces es una estimación del agua captada por el sistema. Cabe mencionar aquí que este ahorro en pipas representa un ahorro económico importante para las familias beneficiarias, estimado en 1760 pesos al año por hogar.

Si tenemos una estimación cuantitativa del volumen captado anualmente por un sistema de captación de lluvia, hace falta compararlo con el consumo de los hogares. ¿Qué proporción del abastecimiento en agua de los hogares es asegurada por la captación de lluvia? De nuevo, es bastante difícil realizar esta evaluación puesto que varían las áreas de captación, las capacidades de almacenamiento, y el consumo de agua. En particular, el consumo de agua varía mucho según las áreas geográficas. El Gráfico 3 enseña estas variaciones a nivel de las delegaciones de la Ciudad de México, y en particular el bajo consumo en las delegaciones del Sur-Poniente, lo cual se relaciona con las problemáticas de escasez y de precariedad hídrica.

En las colonias con alta precariedad hídrica, donde ya se instalaron sistemas de captación de lluvia, el consumo de agua suele ser bajo por las dificultades de acceso al líquido vital (escasez física, precio del agua, etc.). Las estimaciones realizadas, con encuestas en casas beneficiarias o con cálculos teóricos, entonces consideran un nivel bajo de consumo de agua. Para realizar cálculos en su Manual de Captación Pluvial, Isla Urbana así considera un nivel de consumo bajo de 8000 litros por hogar y por mes. Un consumo de 8000 litros mensuales por hogar es un nivel más o menos bajo según el número de personas que componen el hogar. El tamaño promedio de los hogares en la Ciudad de México es de 3,4 personas⁵³ y si consideramos un

⁵³ Estadísticas disponibles en <https://www.inegi.org.mx/temas/hogares/>

hogar con tres personas, un consumo de 8000 litros mensuales representa un consumo diario de 89 litros por persona.

No obstante, las viviendas unifamiliares, donde se pueden instalar sistemas de captación de lluvia, suelen ser habitadas por hogares más grandes. En un hogar con cinco personas, un consumo mensual de 8000 litros representaría un consumo menor, de 50 litros por día y por persona. Por fin, el estudio de Elizabeth Tellman destaca que el promedio de habitantes en las viviendas beneficiarias de un sistema de captación es de 6,7 personas con una mediana de 6 personas. Si se considera esta mediana, un consumo de 8000 litros al mes significa un consumo individual menor a 45 litros al día. Esta división no toma en cuenta las economías de escala que se realizan en hogares multipersonales, es decir gracias a tareas colectivas (lavado de ropa, cocina, etc...), pero permite dar una estimación de la cantidad de agua disponible en el hogar. Estos niveles de consumo son niveles bastante bajos, puesto que según la OMS, para beber y satisfacer sus necesidades básicas de higiene, cada persona necesita entre 20 a 50 litros de agua limpia cada día. Este nivel de consumo, por hogar o por individuos, es importante para determinar el potencial de la captación de lluvia. ¿Qué parte del consumo anual puede cubrir la captación de lluvia? ¿Con qué temporalidad permite independizarse de las fuentes tradicionales de agua?

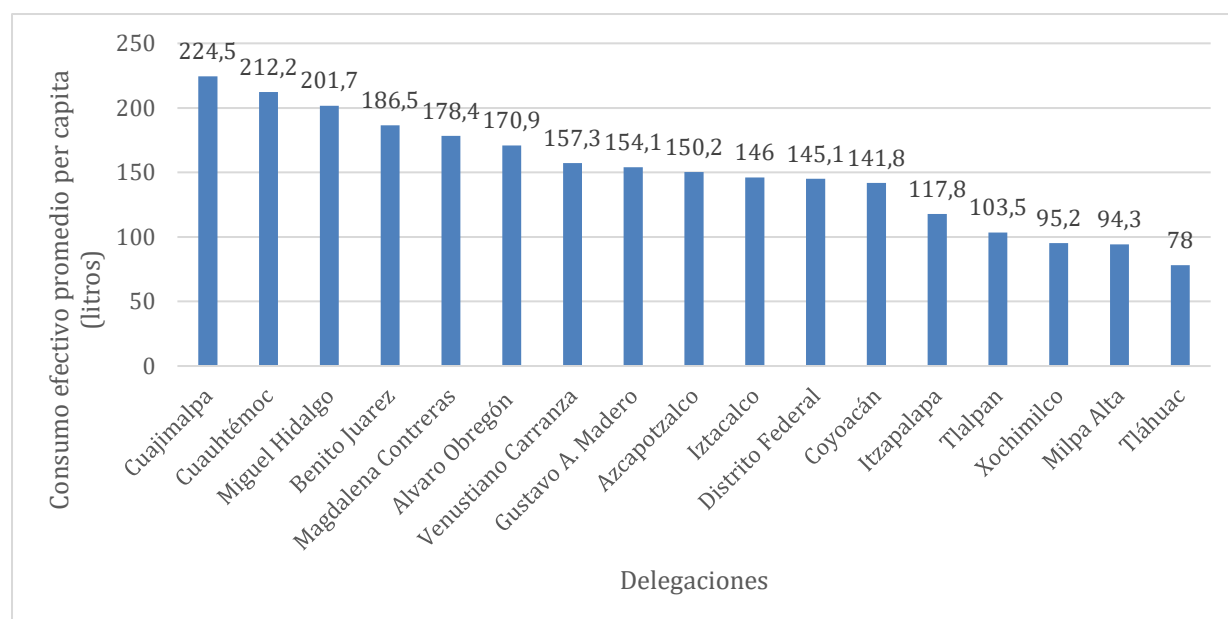


Gráfico 3. Consumo efectivo promedio per cápita por delegaciones en la Ciudad de México (2012)
Extraído de Salazar Vargas, M. (2014)

En su Manual de Captación, Isla Urbana evalúa el periodo de autonomía garantizado por los sistemas de captación de lluvia. Con un consumo de 8000 litros por hogar, y con una superficie de captación de 90 m², este periodo de autonomía es de 4 meses. Esto significa que, en los meses de junio, julio, agosto, y septiembre, la lluvia cubre más del total del consumo. En los otros meses del año, el agua de lluvia solo representa un porcentaje del total. Al extender la superficie de captación y el volumen de almacenamiento, este periodo de autonomía aumenta. Una superficie de captación de 160 metros cuadrados así permite alcanzar autonomía para todo el año, aunque se recomienda en este caso un volumen de almacenamiento de más de 46 000 litros (lo cual representa un espacio considerable).

Sin embargo, en un estudio reciente (Tellman & al, 2019). resalta que la superficie promedia de los techos aprovechables para la captación de lluvia es de 55m². Otras estimaciones entonces prevén una autonomía más baja. *“La captación de lluvia tiene un patrón temporal importante, ya que en época de lluvia en un periodo de 25 días al año se puede satisfacer más que el 100% de la demanda de agua doméstica, y en un periodo de 75 días al año se puede satisfacer aproximadamente el 50% de la demanda”* dice el estudio dirigido por Elizabeth Tellman. El bajo consumo de agua considerado en los cálculos (8000 litros), también entra en contradicción con la realidad de la demanda en hogares que cuentan con un alto número de participantes. En un estudio de Isla Urbana y del PUMAGUA en 2016, realizada en tres zonas de la alcaldía Tlalpan, los autores escriben que *“se observó que en hogares con más de 4 integrantes el agua captada no es suficiente, por lo que cuando necesiten agua optan por la compra de pipas, lo cual no pude garantizar que es de buena calidad”* (PUMAGUA & Isla Urbana, 2016). Dicho de otra forma, en hogares grandes, el agua de los sistemas de captación difícilmente cubre la totalidad de la demanda. En este caso, un porcentaje de la demanda se cubre con el agua de lluvia, y otra parte con el agua de las pipas.

Si el sitio de Isla Urbana declara que *“un sistema de captación en el Distrito Federal generalmente le da entre 5 y 8 meses de independencia en agua a una familia, e incluso a veces todo el año”*, vimos que las situaciones son muy variables. En particular, dependen de la superficie de captación disponible, de las capacidades de almacenamiento, del tamaño de los hogares, y del consumo de agua de las familias. Por estas razones, la página de la SEDEMA dedicada al programa Cosecha de Lluvia no usa el termino de independencia, sino dice que los sistemas de captación *“facilitan el acceso al servicio hídrico en viviendas entre 5 y 8 meses del*

año⁵⁴. De todas las informaciones colectadas, podemos concluir que los sistemas de captación de lluvia permiten satisfacer la mayoría o la totalidad de la demanda en los cuatro meses más lluviosos del año (junio, julio, agosto, septiembre) y que, según la capacidad de almacenamiento y el consumo del hogar, el agua de lluvia representa un porcentaje más o menos significativo del suministro en los cuatro meses siguientes. A pesar de esta temporalidad limitada, la captación de lluvia puede ser una fuente de abastecimiento importante para hogares, con la condición que residan en viviendas unifamiliares. La captación de lluvia sí representa una parte significativa del suministro de agua de las familias beneficiarias. Sin embargo, para garantizar que la captación de lluvia sea una fuente viable de agua para los hogares, también hace falta estudiar la calidad del agua provista por los sistemas. Solo puede existir un dicho “periodo de autonomía” si la calidad del agua cosechada permite su uso para tareas domésticas.

-Calidad del agua cosechada

La segunda condición para que la captación de lluvia sea una nueva forma de abastecimiento de agua, y hasta una fuente de agua potable, es la calidad del agua que sale del sistema. En un estudio publicado en 2018, se analizó la calidad del agua captada y tratada por el sistema de captación de lluvia instalado en la UNAM. Este sistema, instalado por Isla Urbana, es de dimensiones bastante grandes, con una área de captación de casi 200 m², y contiene más etapas de filtración que los sistemas domésticos. En particular, presenta un tren de filtrado con un filtro de partículas, un filtro de carbón activado, un filtro con carbón comprimido, y un generador de ozono. Los dispensadores de agua potable también presentan últimas etapas de filtración. Para determinar la calidad del agua, se examinó la concentración en iones y en metales pesados, y se realizó un estudio microbiológico de esta misma agua.

Este estudio concluye que *“a pesar de la presencia de contaminación del aire en la Ciudad de México y el escepticismo que esto causa naturalmente sobre la conveniencia del agua de lluvia para el uso humano directo, este estudio demuestra que un sistema de recolección de agua de lluvia adecuadamente diseñado puede proporcionar agua de muy alta calidad, que cumple con las normas mexicanas y los estándares internacionales de calidad de agua.”* En particular, el estudio destaca los bajos niveles de fluoruro y arsénico en el agua que sale del sistema. Varios acuíferos de la ciudad, utilizados como fuentes de agua potable para la ciudad,

⁵⁴ Página oficial del programa Cosecha de Lluvia de la Sedema, disponible en <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/programa-de-sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-en-viviendas-de-la-ciudad-de-mexico>

presentan niveles preocupantes de estas sustancias consideradas como “contaminantes dañinos”. La captación de lluvia entonces permitiría, en este caso, conseguir un agua de mejor calidad que la de los acuíferos, y preservar a los usuarios de ciertos riesgos sanitarios.

Si el sistema instalado en la universidad es más sofisticado que los sistemas domésticos, este estudio precisa que *“el agua en el tanque que aún no había pasado por el tren de filtrado, y que solo había pasado por un tamiz de hojas, el separador de primeras aguas y la cloración, también cumplía con los estándares de agua potable para todos los parámetros probados”*. Las primeras etapas del sistema, que sí están presentes en todos los sistemas domésticos, ya habían permitido conseguir agua potable según los estándares nacionales. Este resultado parece demostrar que el diseño de los sistemas domésticos es suficiente para proveer agua potable. Sin embargo, el estudio también reconoce que la calidad del agua puede variar según el área geográfica, el tipo de techo, y el mantenimiento del sistema. Las viviendas unifamiliares así son entornos menos controlados, donde una serie de variables pueden alterar la calidad del agua captada y tratada por los sistemas.

Publicado en 2016, otro estudio realizado por Isla Urbana y el PUMAGUA se interesó a la calidad del agua en sistemas domésticos de la alcaldía Tlalpan. El estudio encontró que el agua recogida directa de los techos, antes de pasar por el sistema, presentaba una alta carga de contaminación microbiológica. Esta contaminación luego disminuye con las varias etapas del sistema y en particular con la cloración. Sin embargo, la contaminación microbiológica sigue siendo el problema principal identificado en los sistemas domésticos. Aunque se colocan pastillas de cloro en el primer tanque de almacenamiento, una parte de las muestras enseñan cantidades de cloro inferiores a la norma, lo cual aumenta el riesgo de contaminación por microorganismos. Un factor explicativo es la falta de acceso a pastillas de cloro. Al contrario, en otros casos, el nivel de cloro residual en el agua supera la norma, lo cual también genera riesgos sanitarios. Después de la etapa de los filtros, nuevamente se encontró contaminación microbiológica en el agua, por los materiales del sistema de distribución y las condiciones ambientales favorecen la proliferación de microorganismos.

Por fin, en cuanto al tinaco, a partir del cual el agua se distribuye en la casa, *“se registra presencia de coliformes totales y/o fecales en el agua del tinaco en todas las muestras, esto puede deberse a la ausencia de cloro residual libre y/o a la falta de higiene”*. Fuera del problema de la contaminación microbiológica, el agua de todas las muestras estaba conforme a

la norma NOM-127-SSA1-1994⁵⁵ para los parámetros de turbiedad, de sólidos disueltos totales, de nitratos, y de sulfatos. El principal punto de riesgo entonces es la contaminación microbiológica y la creación de microorganismos, por lo cual se recomienda vigilar el mantenimiento de cada parte del sistema, la limpieza del techo y de la tubería, y el nivel de cloro. Sin un mantenimiento y un uso adecuado, el uso del agua captada para el consumo humano puede presentar riesgos de salud. En la página de presentación del programa Cosecha de Lluvia, la Sedema así escribe *“Se instala un sistema de captación de agua de lluvia que permita aumentar el abasto de agua para uso doméstico (es decir, no es para consumo humano)”*. Se insiste sobre esta recomendación en esta misma página *“Se recomiendan usar el agua para actividades de uso doméstico ; es decir para una amplia gama de actividades que NO implican el consumo humano. Con un uso y mantenimiento adecuado del sistema, se puede usar el agua para: lavado de patios, baños, ropa, para limpieza personal como bañarse y lavarse las manos y para lavar los platos. No se recomienda usarla para beber el agua o en la preparación de alimentos”*.

Como lo notamos, sí se puede conseguir agua potable mediante sistemas de captación de lluvia, pero esto depende del mantenimiento del sistema y del entorno del sistema. Estas variables no pueden ser controladas por las autoridades públicas. Para evitar todo problema sanitario relacionado al consumo de agua, y para evitar toda responsabilidad en este caso, las autoridades lógicamente recomiendan un uso del agua que no implique el consumo humano. De las encuestas mencionadas en esta tesis y de mis propias observaciones, cabe mencionar que los usuarios de los sistemas no suelen beber el agua captada. En los contextos urbanos, el agua que proviene de los sistemas de captación de lluvia suele usarse para actividades domésticas y no para consumo personal. Aunque los sistemas ofrecen la posibilidad de tener agua potable, es decir que sea conforme con las normas de calidad, generalmente no está percibida o usada como fuente de agua para consumo humano. La incertidumbre relacionada al mantenimiento, así como las costumbres de los usuarios, hacen que el agua de los sistemas de captación sea dedicada solamente a las tareas domésticas. Obviamente, estas observaciones varían según las áreas geográficas (comunidades rurales o beneficiarios urbanos) y según las percepciones de los beneficiarios (calidad percibida, posibilidades de gastar dinero en garrafones de agua, etc.).

⁵⁵ La norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994 o “Norma de salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.” es la norma vigente de calidad del agua potable.

3. ¿Una fuente de abastecimiento a escala de ciudad?

A escala de ciudad, medir el potencial de la captación de lluvia se vuelve más complicado. Esta medición implica una evaluación del número de sistemas que se podrían instalar en la ciudad, esto a partir de una estimación de las superficies disponibles y adaptadas para la captación de lluvia. Con este número aproximativo y con valores promedios (superficie de captación, precipitaciones promedias, volumen anual captado promedio), se podría determinar un volumen aprovechable de agua de lluvia al nivel de la Ciudad de México. Comparado a la demanda de agua en la ciudad, este volumen permitiría conocer el potencial de la captación de lluvia en la ciudad. Una primera dificultad es la inclusión de métodos distintos de captación de lluvia en un mismo cálculo. Los sistemas domésticos de Isla Urbana, destinados a viviendas unifamiliares, los sistemas más grandes, destinados a centros comerciales o edificios industriales, o los sistemas más específicos, en nuevas construcciones o en espacios abiertos, todos son formas de captación de lluvia. Por la gran variedad en las áreas de captación y en los volúmenes captados, considerar todas estas posibilidades dentro de un cálculo único sería difícil. Otra dificultad es la estimación de las superficies disponibles para la captación de lluvia a partir de mapas satélites y de datos estadísticos.

El estudio “*Captación de lluvia en la CDMX : Un análisis de las desigualdades espaciales*”, dirigido por Elizabeth Tellman y publicado en 2019, intentó superar estas dificultades para dar una primera estimación. En este estudio, se realiza una evaluación del potencial de la captación de lluvia a nivel de ciudad, considerando un solo tipo de sistemas, los sistemas domésticos. En particular, se utilizó la tecnología de Isla Urbana como referencia para las estimaciones: edificios adecuados, superficie necesitada, volumen captado. Como lo notamos, Isla Urbana instala sus sistemas en viviendas unifamiliares. En edificios, los sistemas no tendrían retorno de inversión ni bastaría el agua captada para abastecer las necesidades de todos los habitantes. El agua así cosechada serviría más bien para usos como riego o limpieza. Para reducir el consumo de agua en edificios, Isla Urbana recomienda orientarse hacia otras soluciones como la instalación de ahorradores de agua dentro de los departamentos.

El primer reto del estudio entonces fue evaluar el número de viviendas unifamiliares con superficies de captación adecuadas. La metodología empleada se resume de la siguiente manera: “*A través de información radar de LIDAR (Light Detection and Ranging), se elaboró*

un algoritmo para la identificación de las áreas de techos de cada una de las viviendas que conforman la zona habitada de la mancha urbana en la CDMX” (Tellman & al, 2019, p.61). Dicho de otra forma, se usó fotos tomadas del cielo y una serie de programas informáticos para evaluar las superficies disponibles para captación de lluvia a nivel de manzana. En colaboración con geógrafos, se trataron las imágenes para obtener informaciones de altimetría y de superficies.

Según Isla Urbana, las construcciones adecuadas para la captación son viviendas unifamiliares que cuentan menos de tres pisos. Con esta información, se seleccionaron todos los edificios de una altura mayor a dos metros e inferior a nueve metros. A partir del Censo Poblacional del INEGI, luego se eliminaron todos los edificios que pertenecen a conjuntos habitacionales para conservar únicamente las viviendas unifamiliares. Este trabajo permitió elaborar el siguiente mapa, cual representa en verde las áreas de azoteas o techos factibles para la captación de lluvia en la Ciudad de México. Con el área de techos aprovechables por manzana y el número de viviendas por manzana, se estimó un numero de sistemas de captación de lluvia por manzana. Este número fue multiplicado por 0.75 por, según Isla Urbana, los sistemas de captación de lluvia solo captan un 75% del agua de lluvia⁵⁶.

Luego, se estimó la precipitación diaria por cada manzana de la Ciudad de México. De esta forma, se tomó en consideración las variaciones temporales (la temporada de lluvias entre mayo y octubre) y las variaciones espaciales de las precipitaciones. Con el valor de las precipitaciones para cada manzana de la Ciudad de México y el número de sistemas de captación de lluvia por manzana de la Ciudad de México, se pudo estimar un volumen de agua de lluvia captado por manzana. Agregando todas las manzanas, se obtuvo una estimación a nivel de ciudad. Más bien, se obtuvo estimaciones porque el volumen de agua captada no solo depende de las precipitaciones y del número de sistemas, sino de características propios al sistema (superficie del área de captación y volumen de almacenamiento) y de la demanda de agua (consumo promedio por día y por persona). Cada una de las tres variables mencionadas puede tomar tres valores en las modelizaciones : la superficie de captación (35, 60, o 85 m²), el volumen de almacenamiento (2500, 5000, o 10000 L), y el consumo diario por persona (20, 50, o 100 L).

⁵⁶ Si 100 sistemas captan el 75% de la cantidad x de lluvia, habrán captado un volumen igual a 75x. Si 75 sistemas captan el 100% de la cantidad x de lluvia, habrán captado un volumen igual a 75x. Aquí, por facilidades de cálculo, se elijo considerar un 75% de sistemas que captan un 100% del agua de lluvia.

Al tomar los tres valores medios, es decir una superficie de captación de 60m² (lo cual corresponde con las observaciones en la ciudad), un consumo diario de 50 L diario por persona, y una capacidad de almacenamiento de 5000 L, se obtiene un total anual de 39 mil millones de litros captados en la Ciudad de México. Si se sube la capacidad de almacenamiento a 10 000 L, se obtiene un volumen anual de casi 40 mil millones de litros⁵⁷. Según el estudio, este volumen representa entre 1.2 y 2.1 m³/s en el volumen de la dotación anual de la Ciudad de México. En proporción, representa entre el 3,7% y el 6,5% del volumen de la dotación actual en la Ciudad de México. Desgraciadamente, este estudio no revela el número de sistemas que se han considerado para llegar este resultado. Por consecuencia, es difícil hacer un estudio de costo para comparar la captación de lluvia con otras soluciones de abastecimiento. De estas cifras, solo se puede deducir que la captación de lluvia, a escala de ciudad, proveería entre el 3.7% y el 6.5% del volumen de la dotación actual. Por lo tanto, se tiene que considerar como una verdadera opción de abastecimiento para la Ciudad de México.

Mas allá de este aporte cuantitativo para el abastecimiento de agua en la Ciudad de México, el estudio también demuestra el aporte social de la captación de lluvia. En particular, la instalación masiva de sistemas de captación de lluvia reduciría la precariedad hídrica en la ciudad. En las colonias con mayor precariedad hídrica, en particular en el Sur-Poniente de la ciudad, es donde los sistemas tienen mayor aprovechamiento. En el marco del programa Cosecha de Lluvia, el estudio recomienda que los 105 000 sistemas previstos se instalen en estas zonas. Las consecuencias sociales de estos sistemas serían importantes, puesto que *“mejorarían las condiciones de precariedad hídrica de aproximadamente 415 000 personas”* (Tellman & al, 2019, p.75).

En el caso de estos 105 000 sistemas, no es difícil establecer un presupuesto. En el primer año del programa Cosecha de Lluvia, se instalaron 10 061 sistemas, con un presupuesto de 18,805.58 pesos por sistema. Para el primer año del programa, esto representa una inversión de casi 200 millones de pesos. Al considerar la instalación de 105 000 sistemas con este mismo precio, la inversión del gobierno alcanzaría 1 974 millones de pesos. Una inversión de casi dos mil millones de pesos podría tener un impacto significativo sobre la precariedad hídrica de más de 415 000 residentes capitalinos. Para evaluar los beneficios de esta inversión, cabe mencionar aquí que los sistemas de captación de lluvia tienen una vida útil de 20 años. Con estos datos,

⁵⁷ 38,724,798,270 dm³ para la capacidad más pequeña y 39,965,634,864 dm³ para la más grande

las autoridades políticas tienen todos los elementos para tomar la decisión más viable para resolver las situaciones de precariedad hídrica. Al haber optado por el Programa Cosecha de Lluvia, y al seguirlo para un segundo año en 2020, parece que la administración capitalina considera estas inversiones como pertinentes para asegurar una fuente de agua potable a familias en situación de precariedad.

La captación de lluvia entonces es una tecnología bastante simple de instalar y de usar. Con sus elementos básicos y su costo asequible, los sistemas de captación garantizan, de forma rápida, un acceso a un agua de buena calidad. Aunque estos sistemas presentan limitaciones técnicas (temporalidad de las precipitaciones, tamaño de la área de captación, espacio de almacenamiento), logran representar una parte significativa del abastecimiento de los hogares, sobre todo en temporadas de lluvia. La captación de lluvia no asegura la integralidad del abastecimiento de agua de los hogares, pero es una fuente complementaria más o menos importante según las variables previamente evocadas. Para los usuarios de sistemas, y en particular para las familias en situación de precariedad hídrica, la captación de lluvia sí representa un mejor acceso al agua. Es un gran aporte cuantitativo, con periodos de autonomía en temporada de lluvia, y cualitativo, en zonas donde el agua de la red es de mala calidad.

Si estos sistemas son particularmente útiles en zonas expuestas a una alta precariedad hídrica, también presentan un interés a escala de ciudad. Con el aprovechamiento de todos los techos adecuados para la captación de lluvia, el agua proveniente de los sistemas podría representar hasta un 6,5% de la dotación total de la Ciudad de México. Esta estimación solo incluye los sistemas domésticos destinados a viviendas unifamiliares. Si se incluyen todas las formas de captación de lluvia, y en particular el almacenamiento en grandes superficies (grandes edificios, parques públicos, techos de escuelas o de centros comerciales, etc...), el volumen captado sería aún superior. El agua de lluvia representaría una parte aun mas importante de la dotación total de la Ciudad de México, lo cual permitiría ahorrar agua de las fuentes subterráneas y aumentar la resiliencia hídrica de la metrópoli. Si bien existe una variedad de alternativas para preservar los recursos hídricos metropolitanos, y en particular la reparación de la infraestructura existente, la captación de lluvia sí presenta un potencial técnico interesante. A la diferencia de obras de ingeniería, la captación de lluvia necesita una implicación fuerte de los propios habitantes de la ciudad. Forma extrema de descentralización de las políticas hídricas, con una gestión del agua a nivel de hogares o edificios, la captación de lluvia implica que los usuarios sean agentes activos de su propio abastecimiento en agua. Para que se establezca como practica hídrica en la

Ciudad de México, la captación de lluvia también tiene que ser aceptada y valorada socialmente. Las necesidades físicas, las percepciones sociales, las relaciones políticas, las formulaciones discursivas, todas condicionan esta adopción social de la práctica de captar la lluvia.

B. La adopción social de la captación de lluvia

1. Estudio de caso : El programa Escuela de Lluvia en la Escuela Primaria Daniel Cosío Villegas, Colonia San Miguel Zapotitlán, Alcaldía Tláhuac, Ciudad de México.

1.1 Inicios del programa en la Escuela Primaria Daniel Cosío Villegas

- **Presentación del estudio de caso**

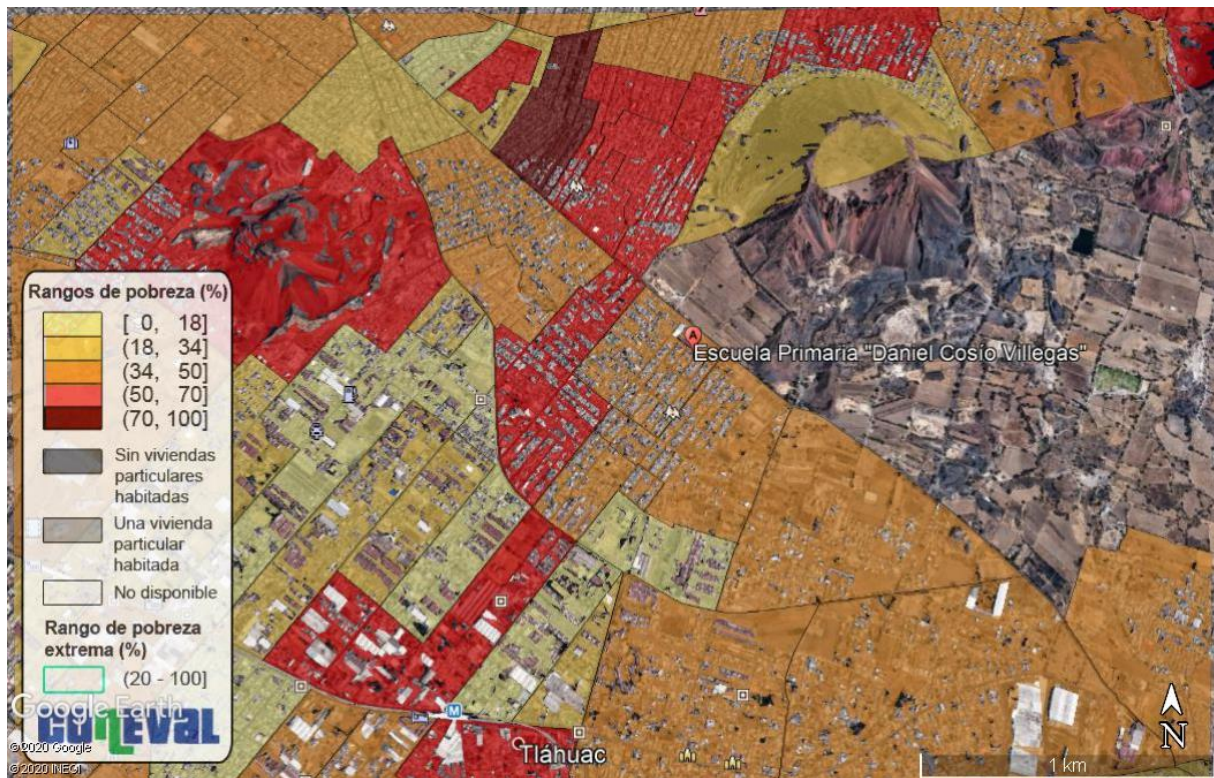
La dimensión social colectiva del trabajo de Isla Urbana y de la captación de lluvia puede observarse en las pláticas comunitarias realizadas antes de cada programa barrial, en los talleres participativos realizados con los beneficiarios, en las acciones enfocadas hacia comunidades indígenas como en la Sierra Huichol (González-Padrón & al, 2019), y en el programa Escuelas de Lluvia. El programa Escuelas de Lluvia se inició hace más de 10 años y propone implementar la captación de lluvia en escuelas que sufren escasez de agua. Este programa está financiado por medio de la Isla Urbana Foundation, es decir mediante donativos, y no implica gastos para las escuelas beneficiarias. Se ha enfocado hacia las alcaldías de la CDMX que más sufren de este problema - Iztapalapa, Tlalpan, Tláhuac, Milpa Alta, Xochimilco - y hasta se expandió a otros Estados (Jalisco, Veracruz, Querétaro, Estado de México). En estas alcaldías, se encuentran escuelas que, por unos días al año, tienen que cerrar sus puertas por falta de agua, y donde el agua llega de mala calidad. Captar el agua de lluvia en el recinto propio de la escuela entonces es una forma de solucionar los problemas de escasez y de calidad, llevando agua limpia a miles de alumnos que suelen padecer del mismo problema en casa.

Las primeras intervenciones en escuelas fueron antes de todo intervenciones técnicas, es decir instalación del sistema con una explicación del mantenimiento necesario, pero sin trabajo social en profundidad para que las escuelas lo adaptaran de forma durable. La encargada actual del programa, Ana Paula Mejorada, así me confía que una parte de los primeros sistemas cayeron en desuso. Según ella, es por la falta de trabajo social para implicar a los maestros, a las familias, y a los niños al momento de la instalación. Por eso, hace tres años, se concibió una intervención

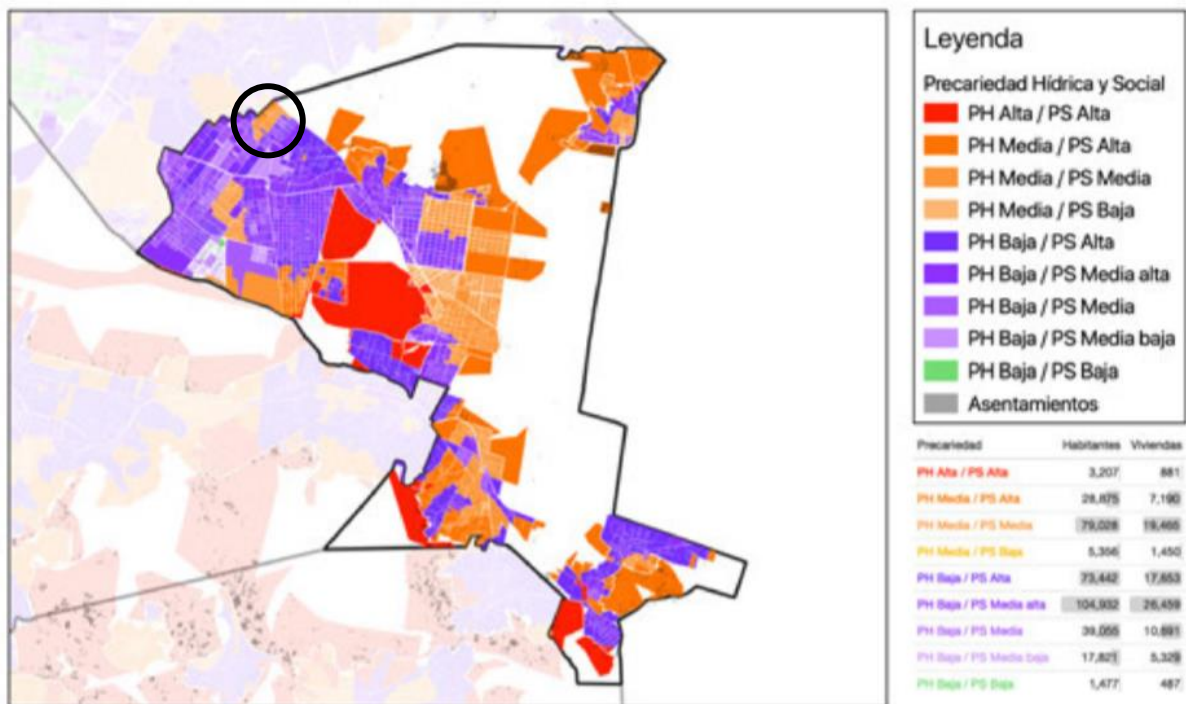
más integral para las escuelas. Esta intervención pone énfasis en la dimensión social de la captación de lluvia y consta de actividades y talleres durante todo el mes de la instalación. De hecho, para que las escuelas sean escogidas a cabo de la convocatoria pública, tienen que demostrar que están dispuestas a organizar todo este proceso participativo. De la misma forma que los individuos que quieren beneficiar del programa Cosecha de Lluvia tienen que invertir de su tiempo para asistir a pláticas y talleres de capacitación, las escuelas deben presentar un video para demostrar que están interesados en el proyecto y dispuestos a dedicarle tiempo.

La escuela primaria Daniel Cosío Villegas se ubica en el sureste de la Ciudad de México, en la alcaldía Tláhuac, y más precisamente en la colonia San Miguel Zapotitlán. Es una de las dos escuelas de la calle Cecilio Acosta, justo al suroeste del Volcán Xaltepec, cual se puede observar en las fotos siguientes. Precisamente se enteró del programa Escuelas de Lluvia mediante la escuela vecina, la primaria Luis Peniche Vallado, la cual beneficia de un sistema de captación desde hace más de un año. Estas dos escuelas se ubican en un área con índices de pobreza altos, en colonias que presentan una tasa de pobreza entre 34 y 50%, según las estimaciones del CONEVAL (2015). Las colonias colindantes, las cuales son colonias de residencia de los alumnos, presentan una tasa de pobreza semejante o, para varias, una tasa de pobreza aún mayor, oscilando entre el 50 y el 70%. *“México carece, México tiene sueño y México tiene hambre. Es un problema de pobreza generalizada. Los niños vienen aquí a la escuela porque tienen hambre. En el turno vespertino, hay niños que recogen la basura para acabarse los Danoninos que tiraron en el turno matutino. Toman el envase, recuperan lo que pueden así con el dedo, y luego se chupan el dedo. Y no tienen agua en casa, entonces llegan con ropa sucia, y las escuelas están muy saturadas.”*⁵⁸

⁵⁸ Directora de la Escuela Luis Peniche Vallado, entrevistada el 18 de marzo de 2020.



Mapa 4. Índice de pobreza en la área de la Escuela Primaria Daniel Cosío Villegas en 2015
(Datos del CONEVAL visualizados en Google Earth)



Mapa 5. Índice de Precariedad Hídrica en la Alcaldía Tláhuac. La escuela se encuentra en una zona naranja (dentro del círculo negro) con precariedad hídrica media y precariedad social media.
Extraído de E. Tellman (2019), Captación de lluvia en la CDMX : Un análisis de las desigualdades espaciales

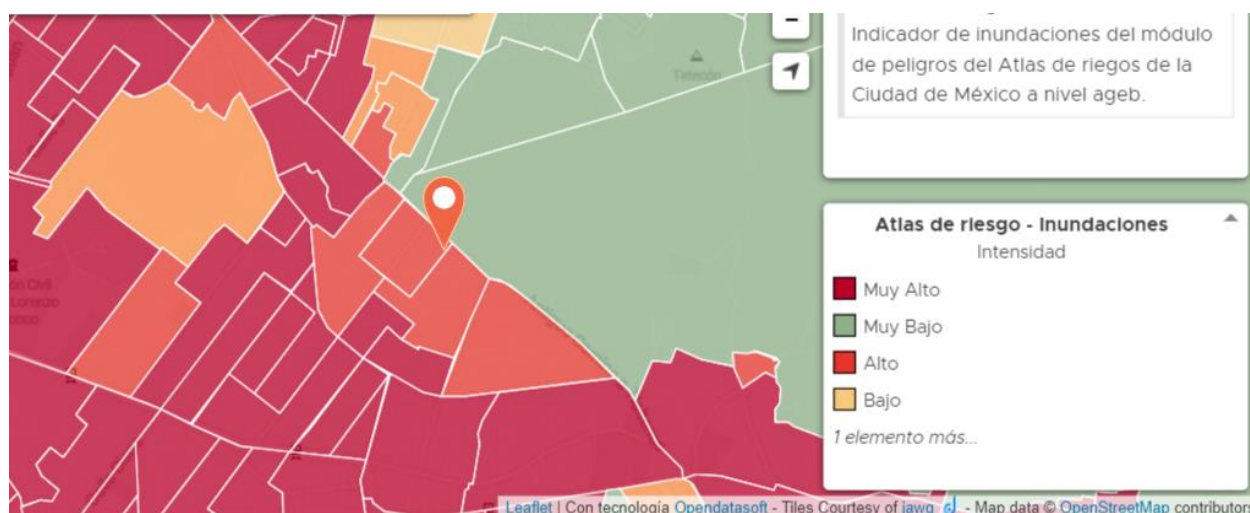
A principio del año, la escuela Daniel Cosío Villegas fue escogida para ser parte del programa, y se instaló allí todo el dispositivo técnico. En febrero, empezó la parte participativa del programa, un proceso que pude seguir gracias a Ana Paula. Este estudio de caso entonces es el resultado de mis tres visitas en la escuela Daniel Cosío Villegas y de dos entrevistas. La primera entrevista se realizó con Sofía, una madre de un alumno de la escuela Daniel Cosío Villegas. Conocí a Sofía en uno de los talleres, y aceptó agendar una cita conmigo para hablar de sus condiciones de vida en la zona, de su relación con la naturaleza, y de su interés por la captación de lluvia. La segunda entrevista se realizó con la directora de la escuela Luis Peniche Vallado. Con más de 23 años en su puesto, pudo hablarme de su experiencia frente a la escasez de agua en la escuela y con el sistema de captación de lluvia instalado por Isla Urbana en 2019.



A la izquierda, el patio de recreo de la Escuela Daniel Cosío Villegas. En el fondo, se observa el Volcan Xaltepec. A la derecha, Ana Paula, responsable del programa Escuelas de Lluvia, enseña el sistema de captación al equipo pedagógico de la escuela. Por las dimensiones del sistema, se requieren tres Tlaloques. Fotos personales.

- Primera percepción del programa por las familias

“A quien aquí ya le ha faltado el agua?” pregunta Ana Paula en el micrófono de la escuela. Todos los padres y las madres de familia, reunidos en la cancha de deporte, levantan la mano. “A quien ya le ha llegado el agua amarilla o café?” Otra vez, todas las manos alzadas. “Quien ya vio esta escuela cerrada por falta de agua?” Mismo resultado. Al evocar problemas cotidianos de cuales sufren las familias de esta colonia, la representante de Isla Urbana rompe el hielo y capta la atención de los que luego estarán en cargo de mantener el sistema de captación. “Aquí es una zona donde llueve mucho?” sigue ella. Los padres y las madres aprueban, sí hay períodos en las que llueve muchísimo, una sensación agudizada por las inundaciones que esto provoca en la zona. El Atlas de Riesgo por Inundaciones así enseña que la mayoría de las colonias que rodean la escuela Daniel Cosío Villegas, es decir las colonias de residencia de los alumnos y de sus padres, presentan un riesgo alto o muy alto de inundaciones. La zona verde, con riesgo muy bajo, es la zona del volcán y no es habitada. Para los alumnos y para sus familias, la lluvia entonces está asociada a la amenaza de las inundaciones (Mapa 6)



*Mapa 6. Riesgo de Inundaciones en los alrededores de la Escuela Daniel Cosío Villegas (punto rojo).
Extraído del Atlas de Riesgo de Inundaciones*

De ahí, Ana Paula plantea el concepto del programa, aprovechar la abundancia de la lluvia para resolver los problemas enunciados : captar la lluvia para conseguir un agua de mejor calidad y un abasto continuo de la escuela. Para materializar esta idea, basta con enseñar el sistema ya instalado y su llamativa tubería azul. En la parte superior de los edificios, el color vivo de la tubería hace que el sistema sea visible y que no caiga en el olvido, un reto mayor en

el caso de esta escuela por los tinacos y los Tlaloques se encuentran en una parte difícil de acceso. Ya notamos que el diseño urbano sensible al agua ambiciona dar visibilidad a los ríos y a los cuerpos de agua dentro de la ciudad para generar una cultura colectiva del agua y un mejor cuidado del recurso. De cierta forma, la escuela es una miniaturización de estos procesos, puesto que la visibilidad del sistema de captación de lluvia y el entendimiento de sus etapas son primordiales para su adopción y su cuidado. Este dispositivo tendría que ser a la vista de todos, ser conocido de todos y entendido por todos, porque esta junta no es solo una sesión de información.

Esta junta sirve para reclutar a los padres que se encargarán del mantenimiento del sistema de captación de lluvia. Del mismo modo que existen comités de limpieza, el objetivo de la junta es animar a los padres y las madres de familia a ser miembros de un futuro comité de la lluvia. Este comité será luego encargado del mantenimiento del sistema, el cual consiste en algunas tareas claras : limpiar el techo una vez al mes, vaciar los Tlaloques después de cada lluvia, limpiar el filtro de hojas, cambiar la pastilla de cloro del tanque, cepillar el filtro contra sedimentos, y activar o desactivar la bomba. Al término de esta corta presentación, los padres y las madres de familia están invitados a registrarse para los próximos talleres. Se observa cierto entusiasmo hacia el proyecto y cierta implicación de los padres. Alrededor de 25 personas se registraron este día para asistir a talleres y hacer parte del comité de la lluvia.

Unos padres vienen a preguntar si Isla Urbana instala sistemas de captación en casas o si existen capacitaciones para su instalación. Muchas familias de la zona padecen este mismo problema de abastecimiento y de calidad del agua y ven la captación de lluvia en hogares como una gran oportunidad. También presentes, trabajadores del centro de salud vecino preguntan si se puede instalar sistemas de captación en todo tipo de edificio. Subrayan que el agua les llega amarilla, lo cual trae problemas de higiene para una infraestructura sanitaria. De hecho, ya se preveía en este momento que la alcaldía Tláhuac sería una de las próximas en beneficiar del programa “Cosecha de Lluvia”, el programa de captación de lluvia en hogares de familias de menores recursos. Los padres y las madres de familias de la escuela entonces fueron invitados a quedar atentos a los anuncios de la alcaldía, por tenían que abrir pronto los trámites para beneficiar de un sistema en casa. Más tarde en el año, la Sedema confirmó que 66 unidades

territoriales de la alcaldía Tláhuac hacían parte del programa Cosecha de Lluvia en 2020, y en particular la colonia San Miguel Zapotitlán donde se ubica la escuela⁵⁹.

1.2. Reestablecer una relación feliz con el agua

- Una escasez omnipresente y una mala calidad del agua

Este interés de las familias hacia los sistemas de captación se entiende al observar la situación del agua en la alcaldía Tláhuac y en la zona de la escuela Daniel Cosío Villegas. La directora de la escuela Luis Peniche Vallado, en la misma calle, lleva veintitrés años en su puesto y ha sido testigo de los numerosos problemas y conflictos relacionados al agua en la zona. Ella llegó después del sismo del 85, cual había agravado el estado de las infraestructuras hidráulicas así como las carencias en agua en la alcaldía. *“Nosotros carecíamos de agua periódicamente. Constantemente había problemas de agua, y a lo menos tres veces al año, teníamos que interrumpir las clases por falta de agua. A veces, los propios padres tenían que llevar agua en las mañanas para que la escuela pueda abrir”*. La escuela tiene una cisterna que se llena con dos pipas y media de agua, pero se encontraba vacía varias veces en el año. En estos casos, las escuelas cuentan con la alcaldía para conseguir agua. *“Como la prioridad son los niños, constantemente llamaba a la delegación para que nos surtan agua en las pipas. A veces venían, un día sí, un día no, un día sí, un día no para mantener la escuela. Llegaban con media pipa, o pipa entera, o un poco y hasta allí”*. El abastecimiento problemático de esta escuela, considerada como prioridad por la alcaldía, dice mucho del abastecimiento en agua en la zona. Las familias viviendo en los alrededores o los pequeños locales comerciales también están sometidos a una grave escasez de agua, pero no cuentan con este apoyo político de emergencia.

El abastecimiento en agua en Tláhuac depende principalmente de la llegada de pipa porque llega muy poca agua de la red en las llaves. *“Hay llave pero casi no sale agua, es muy raro que venga a caer”* me dice Sofía, madre de un alumno de la escuela Daniel Cosío Villegas. *“Anoche, el conserje se dedicaba a almacenar el agua, amarraba la llave para que constantemente que cayera agua, llegara a la cisterna. Siempre se mantenía amarrada de tal*

⁵⁹ La lista de las zonas beneficiarias del programa Cosecha de Lluvia es disponible en el sitio de la SEDEMA (<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/cosecha%20de%20lluvia.pdf>)

forma que cayera en todo momento que su pudiera” me confía la directora. Entonces, es poco frecuente que venga a caer agua de las llaves en esta área, y cuando venga a caer, llega amarilla. Que sea de la llave o de las pipas, el agua suele llegar amarilla a las escuelas y a las casas alrededores. Esto se observó muy claramente al llenar una cubeta en los baños de la escuela Daniel Cosío Villegas.



Cubeta de agua en la Escuela Daniel Cosío Villegas. En los baños, el agua sale amarilla. Foto personal.

La situación se volvió aún peor después del temblor del 2017, el cual dañó los sistemas hidráulicos y agravó las carencias del líquido vital. De ahí surgieron conflictos frecuentes por el agua, es decir protestas dirigidas hacia autoridades políticas (bloques de ejes viales principalmente) o actos de violencia como robos armados de pipas. Estas dos formas de conflictos aparecieron a lo largo de la entrevista con la directora de la escuela Luis Peniche Vallado : *“La violencia por el agua se da. Se da constantemente. Padres de aquí de familia andan con pistolas robándose a las pipas porque no tienen agua. Y bueno en parte envían los niños a la escuela porque tenemos agua y en casa no la tienen”*. En el contexto del COVID-19 y de las recomendaciones sanitarias emitidas por el gobierno de la ciudad, los habitantes de Tláhuac y de otras alcaldías subrayaron la paradoja entre estas recomendaciones y la falta extrema de agua en sus domicilios: *“Ayer hubo caos vial por nos piden que nos lavemos las*

manos, que paguen por el agua, aunque no nos llega el agua”⁶⁰. Como lo cuenta la directora, el 17 de marzo, vecinos de la alcaldía Tláhuac bloquearon el acceso a la avenida Tláhuac y a la carretera México-Puebla para protestar contra la falta de agua⁶¹. El agua, preocupación diaria para las familias de la zona, entonces está asociada a muchos problemas : escasez, violencia, inundaciones. Con la captación de lluvia y mediante talleres participativos, Isla Urbana busca establecer una nueva relación entre los residentes y el agua.

- Talleres de resignificación del agua

Las familias, víctimas de estos problemas, están atentas al discurso de Isla Urbana y a formas de beneficiar de más agua o de cuidarla mejor. Estas observaciones tienden a confirmar la aserción de la Sedema según la cual *“las personas con mayores problemas de agua tienden a ser más abiertas y entusiastas y harán el mayor esfuerzo por aprender a captar bien la lluvia”*⁶². En las actividades organizadas por Isla Urbana, así resaltan la voluntad de aprender cómo cuidar mejor el agua, cómo reutilizarla, cómo optimizarla, y cómo aprovechar el agua de lluvia. En el primer taller, con los padres que se habían registrado en la junta de presentación, Ana Paula pregunta a las madres presentes y a sus hijos que les gusta del agua y que quieran aprender de este taller. En las respuestas, resaltan las dimensiones de salud e higiene indisociables del acceso al agua.

“El agua es **saludable**, es necesaria para estar en **buena salud**, y me gustaría aprender a **cuidarla**” - Marisol (madre)

“El agua es una necesidad diaria, es muy necesaria, y me gustaría saber cómo se puede **utilizar y tratar** el agua de lluvia” - Lourdes (madre)

“Quiero saber cómo podríamos **reutilizar** el agua” - Miley (niña)

“Amo la lluvia y quiero saber cómo podemos **purificar** el agua” - Ángel (niño)

⁶⁰ Directora de la Escuela Luis Peniche Vallado, entrevistada el 18 de marzo de 2020

⁶¹ “Bloquean colonos accesos a Tláhuac y la México-Puebla por la falta de agua”, 18 de Marzo de 2020, La Jornada, p. 35

⁶² Gaceta oficial de la Ciudad de México, 18 de Enero de 2019

“El agua **purifica** a los seres humanos, nuestro cuerpo necesita agua, sin agua no podemos vivir, y quiero aprender a dónde va el agua, como funciona todo el ciclo del agua” - Sandra

“El agua nos **limpia** y nos **purifica**. Quiero aprender cómo se recicla” - Juan (niño)

“El agua es refrescante, y quiero aprender a **cuidarla y gastarla menos**” - Elisabeth (niña).

“Quiero aprender el cuidado del agua, por representa el mayor porcentaje de la Tierra y de nosotros mismos. Nos **purifica**, nos levanta, mira hasta una planta sin agua se cae” - Ana (madre)

“Lo que me gusta del agua son todas las transformaciones del agua y también el sonido relajante de la lluvia. Quiero aprender cómo **gastarla menos**” - Isabel (madre)

“Quiero aprender a **reciclar** el agua de lluvia” - Melania (madre)

Algunas respuestas, como la de Sofía, incluyen una reflexión ecológica más global sobre la relación entre el hombre y el agua. “El agua es necesaria para la vida, el agua es relajante, todo va en un conjunto con la naturaleza, el agua es sorprendentemente mágica. Quiero aprender nuevas formas de cómo podemos lograr la reutilización del agua, otras formas de usar el agua, **otras formas de conciencia al agua**. Hay que tener conciencia de que tenemos un planeta que explotamos mucho, y que por invadir todo este territorio, por tanto tiempo, la cantidad de agua va a ser insuficiente, vamos a querer agua. A eso hay que educar los hijos y las futuras generaciones”

Uno de los propósitos de Isla Urbana, de forma general, es impulsar una nueva conciencia del medio-ambiente y del agua, o mejor dicho otra cultura del agua. La empresa se inscribe dentro de esta reflexión propuesta por Sofía, es decir repensar la relación entre los hombres y los recursos naturales y restablecer una relación feliz al agua. Un reto del programa Escuelas de Lluvia es hacer que el agua, y en particular el agua de lluvia, deje de ser asociada con amenazas para ser considerada como un recurso. Para lograr este objetivo, una parte del primer taller consiste en la evocación de recuerdos felices que los padres, las madres, y los alumnos tienen con el agua. Las historias contadas por las madres de familia suelen evocar el tiempo de su infancia, una relación feliz al agua y a la lluvia que dejó de ser, una naturaleza ahora

desaparecida o no tan accesible como antes. Si la visibilidad del sistema de captación en la escuela se compara con la visibilidad del agua en el paisaje urbano de la Ciudad de México, la historia personal de las madres se compara con la historia más general de la Ciudad de México. Ambas historias cuentan una degradación de la relación con el agua.

“Cuando era pequeña, íbamos a pasear con mi familia, en un bosque lleno de árboles, pasaba **un río con agua clara**, se veían las piedras, se sentía la **inmensidad de la naturaleza**”

“Recuerdo un lugar hermoso con árboles frutales con mandarinas, con **ojos de agua y albercas naturales**. Íbamos de pequeño, todo era muy bonito, me acuerdo del sonido del agua que sale”

“De niña, me gustaba salir a mojarse en la lluvia, me gustaba ir a los ríos, **me gustaba ver el agua caer**”

“De pequeña, solíamos ir a los dinamos, donde pasaba un río muy largo, está lleno de árboles, recuerdo el agua muy fría y las rocas del río. Allí, cierras los ojos, y solo escuchas el ruido de los árboles, era un lugar **muy relajante y tranquilo**”

“Mi mamá vivía en Xochimilco, paseábamos mucho por la naturaleza, me acuerdo de un árbol hermoso y de ojos de agua. Recién regresé a visitar mi árbol, pero **habían desaparecido los ojos de agua... Si me gustaba el agua... me gustaba... pero ahora cuando llueve, mi calle se inunda mucho, el agua se mete a las casas de todos los vecinos, se mete muy feo y nos pone en peligro**. Mucha gente sufre aquí por el agua”

2. Percepción social de la captación de lluvia

2.1. Una situación hídrica atribuida a fallos del gobierno

Antes asociada a espacios naturales y a la noción de tranquilidad, el agua llegó a ser asociada a las nociones de peligro y sufrimiento. Esto se debe en parte a las inundaciones y en parte a la escasez de agua. En cuanto a la escasez, es importante saber cómo los residentes de esta zona perciben las razones de los problemas de agua en su colonia. “*En estas zonas, el agua es suministrada por pipas. A veces tardan tres días o una semana cuando se las necesitan, y el agua siempre llega amarilla*” me explica Sofía. “*El agua es amarilla porque los sistemas*

hidráulicos son viejos y porque los acuíferos se están acabando. Y aunque esta amarilla, aquí está un poco más clara que cuando vivía en Iztapalapa. En el sureste, se sufre mucha contaminación del agua". Según ella, los problemas de calidad de agua se deben a la antigüedad de la tubería de la red y a la sobreexplotación de los acuíferos.

Esta visión corresponde al análisis de la Sociedad Geológica Mexicana, la cual estima que *"la extracción intensiva y los efectos asociados como el fracturamiento y la subsidencia, han influido en la variación de la composición del agua subterránea de algunas porciones de la cuenca. Tal es el caso muy notorio, de la mala calidad del agua subterránea que procede de pozos ubicados en la delegación Iztapalapa, que de manera general, presenta coloración café pálida a muy intensa y aroma fétido, lo que imposibilita el consumo de manera confiable"* (Domínguez & al, 2015). El Sacmex entonces ha reconocido la mala calidad del agua en la zona oriente de la Ciudad de México, y en particular en la alcaldía Iztapalapa. *"Mientras que en la zona centro el agua de los pozos es de buena calidad, en el oriente se tienen una serie de minerales y contaminantes que hacen que el agua no sea potable"*, una situación que, según el Sistema de Aguas, *"escapa de la voluntad del gobierno"* (SACMEX, 2012, p.149).

Sin embargo, Sofía también atribuye una parte de la responsabilidad al gobierno. *"Somos zonas de menores recursos, no somos importantes, a las zonas ricas no les falta el agua. Si te vas a Santa Fe, o estas zonas, no sale así, el agua no llega así"*. La precariedad hídrica y la mala calidad del agua entonces se relacionan aquí a una forma de abandono de las autoridades políticas. Se culpa a estas autoridades por priorizar colonias más afluentes y centros de actividad económica como Santa Fe, olvidando a las colonias pobres consideradas como *"menos importantes"*. La percepción de las desigualdades socio-espaciales en el acceso a una agua de buena calidad entonces alimenta el descontento hacia las diferentes escalas de gobierno.

La directora de la escuela Luis Peniche Vallado, acostumbrada a colaborar con representantes de la delegación, así menciona que *"la gente aquí se enoja mucha por el agua en contra del gobierno"*. Según ella, la escasez de agua *"tiene mucho que ver con la corrupción y al hecho que el agua se vende"*. Mas allá, según ella *"sería interesante independizarse del gobierno, independizarnos todos y decir : no pago el agua, no compro el agua"*. Instalar un sistema de captación de lluvia sería, en este sentido, una forma de independizarse de un gobierno percibido como corrupto e ineficiente. En el discurso de Isla Urbana, está presente esta idea de independencia, no tanto hacia los actores políticos sino hacia el propio sistema hidráulico

centralizado. Tras asistir a una presentación de Isla Urbana destinada a nuevos beneficiarios en Xochimilco, John Mensik así escribió que la idea central del discurso era la independencia hacia una red pública de agua potable disfuncional.⁶³ Este argumento es uno de los incentivos en favor de la captación de lluvia en las colonias expuestas a una alta precariedad hídrica.

2.2. Incentivos en favor de la captación de lluvia

- Incentivos sociales, económicos, y ambientales

La integración social de la práctica de captar la lluvia entonces parece favorecida por la propia escasez de agua sufrida por los beneficiarios, por la conciencia ecológica de residentes más expuestos, por la voluntad de salir de una dependencia hacia un gobierno desconfiado, y también por los costos que puede ahorrar la captación de lluvia. Al nivel individual, la directora así me explicó que estaría interesada en tener un sistema en el edificio donde vive. *“A mí me gustaría hacerlo porque he visto aquí el provecho del agua, y también veo como se desperdicia el agua. Los maestros también están interesados a tenerlo en casa. Y hay que hacer que más padres lo conozcan y que tanto lo podrían aprovechar en su vivienda, por muchos carecen de agua en casa”*.

Sofía, madre de familia, igual me comenta *“A mí me gustaría mucho, y si lo he pensado, pero mi casa no es como las de allí. Me gustaría usar todo este sistema de captación y también calentadores solares pero mi casa no es así. En mi casa, sí tengo fachadas de tabique, pero no tengo un techo así como para captar la lluvia”*. En el caso de Sofía, preciso se combinan los incentivos previamente mencionados : escasez y mala calidad del agua, costo económico del abastecimiento por pipas y conciencia ambiental. Sofía llena un tambo cada cuatro días. Según ella, su gasto mensual en agua, doscientos pesos, es el doble de lo que pagan las casas con acceso a la red. En situación de precariedad económica, pudo acceder a su vivienda mediante el Frente Popular Francisco Villa, y su interés por la captación de lluvia se explica en parte por el ahorro que genera.

⁶³ *“For the next two hours, Delfin explained Isla Urbana’s system in intricate detail. Above all, he stressed that the system provided by the program would allow users to feel a sense of independence from a dysfunctional public water network.”*. (Mensik, 2019, p. 55)

Sin embargo, Sofía también valora la captación de lluvia como una forma de aprovechar “*los beneficios que la naturaleza nos da*”. Su relación con la naturaleza está enmarcada en su fe cristiana. Ella percibe la naturaleza como una creación divina y el mundo como un todo. La preservación de los recursos hídricos, imprescindibles para la vida de las especies, entonces hace parte de su concepción cristiana del mundo. La nueva cultura del agua promovida por organizaciones ambientales entonces tiene facilidades para anclarse en la sociedad, preciso porque no es tan nueva. Comparte rasgos con pensamientos más antiguos, que sean de tradiciones prehispánicas o de tradición cristiana. Si estas relaciones culturales con la naturaleza favorecen la implantación de la captación de lluvia, esta última también se apoya en prácticas preexistentes de captación de lluvia. Según varias fuentes, en colonias en situación de precariedad hídrica, los habitantes ya habían desarrollado practicas artesanales de captación del agua de lluvia.⁶⁴

Todos estos motivos individuales explican el compromiso de los padres de familia en los sistemas instalados en escuelas. “*El mantenimiento está a cargo de los padres de familia. Cuando nos damos cuenta que esta tapado, que el agua sale a la calle, son padres que dicen “Maestra, se está tirando el agua y está limpia”, entonces hay que ir a barrer, hay que limpiar el filtro, pedir a los padres comisionarios que nos ayuden o a los trabajadores. A veces les digo : vayan a barrer las hojas. Bastante padres se involucran, hay 18 papas, sí se sienten involucrados, contentos por recibir la confianza de Isla Urbana. Se sintieron importantes frente a este proyecto que ayuda la comunidad*”. Esta cita muestra primero que el involucramiento de los padres está favorecido por los resultados que observan en la escuela y por la sencillez de las tareas de mantenimiento.

- Una infraestructura eficiente : fuerza del ejemplo y sencillez del mantenimiento

La adopción social de la practica está facilitada por sus resultados rápidos y observables. El agua limpia que sale del sistema es una consecuencia directa y visible de la captación de lluvia. Esta imagen, en colonias donde el agua de la red y de las pipas suele ser amarilla, es una incitación a pedir y a cuidar un sistema de captación de lluvia. La fuerza del ejemplo es una

⁶⁴ Anteo Nacxit Swenson, Rainwater Capturing in Mexico City : The Adoption of the Social Practice (2020) ; Enrique Lomnitz en el Seminario Cosecha de Lluvia ; Entrevista con Sofía en la alcaldía Tláhuac

dimensión importante de la adopción de esta práctica. Si el primer sistema de captación de lluvia de Isla Urbana fue instalado en la casa de Clara, residente de la alcaldía Tlalpan, los siguientes fueron instalados en casas vecinas. El primer sistema sirvió de prueba para los residentes de la zona, quienes entraron en contacto con Isla Urbana⁶⁵. En la alcaldía Xochimilco, la fuerza del ejemplo también permitió superar la desconfianza hacia el gobierno y sus programas (Mensik, 2019). Con sus tuberías azules, sus Tlaloques, y sus tinacos, los sistemas de captación a menudo se notan desde la calle. El simple hecho de ver el sistema instalado en otras casas demuestran a los residentes que el programa no es una ilusión. Mediante vecinos, familiares, amigos, futuros beneficiarios se enteran del programa y superan su escepticismo hacia programas gubernamentales como el programa Cosecha de Lluvia.

La adopción social de la practica también está facilitada por la sencillez de las tareas de mantenimiento. Según Enrique Lomnitz, en el último estudio de seguimiento de Isla Urbana, el nivel de adopción de los sistemas instalados en 2019 alcanzaba un 94%. Sin embargo, el uso y el mantenimiento del Tlaloque, o separador de primeras lluvias, es un problema recurrente para los beneficiarios del sistema. En la escuela Luis Peniche Vallado, la directora así mencionó que tenía problemas con los Tlaloques porque siempre están goteando. Como lo vimos, los Tlaloques necesitan ser drenados después de cada lluvia, por captan el agua sucia de los primeros minutos de lluvia. Si no se los vacía, preciso empiezan a gotear. Estudios previos confirman que el uso incorrecto del Tlaloque es el problema principal en el uso de los sistemas por los beneficiarios⁶⁶.

Sugerimos aquí que esto se debe a la función misma del Tlaloque. Primero, el diseño del Tlaloque, así como su función física de captar agua, lo asocian con una infraestructura de almacenamiento. Estos elementos físicos pueden explicar, en parte, que se olvide la función de filtración de los Tlaloques. El hecho mismo de vaciar los Tlaloques va en contra del principio general y de la simbólica del sistema. Cuando el sistema enseña que la lluvia es un recurso, la evacuación necesaria de una parte del agua captada puede percibirse como un desperdicio. Durante mis visitas, la directora de la escuela Peniche y las madres de familia de la escuela Villegas se preocuparon por el desperdicio de esta agua de las primeras lluvias. Ellas sugirieron

⁶⁵ Enrique Lomnitz, Seminario “Cosecha de Lluvia” del 21 de mayo de 2020

⁶⁶ Adopción e impactos de los sistemas de captación de agua de lluvia (2016); Informe final de actividades : Análisis de la calidad del agua en sistemas de captación de agua de lluvia (2016); Rainwater capturing in Mexico City : The Adoption of the Social Practice (2020)

que se aprovechara la salida de los Tlaloques, por ejemplo para regar plantas. Residentes entonces imaginan soluciones para que el agua de lluvia, antes totalmente desperdiciada, este aprovechada al máximo. Mas allá de los detalles técnicos, cuales a menudo tienen soluciones sencillas⁶⁷, estas actitudes tienden a demostrar una adhesión al discurso de Isla Urbana.

2.3. ¿Una nueva relación con el agua?

La cita de la directora, en cuanto al involucramiento y a la responsabilización de los padres, también sugiere una nueva forma de relacionarse al agua. Resaltan una dimensión comunitaria de la gestión del agua y un rol activo de los beneficiarios en el manejo del abastecimiento de agua. Las escuelas beneficiarias son una ejemplificación, a pequeña escala, de la cultura del agua que Isla Urbana promociona para la Ciudad de México. En el manual participativo del programa Escuelas de Lluvia⁶⁸, una parte de las actividades están destinadas a generar una cultura colectiva sobre el tema del agua. Talleres así sirven para explicar el contexto hídrico de la Ciudad de México y la situación de los recursos hídricos en la zona más específica de la escuela. Mas allá de conocimientos, las actividades también ambicionan la creación de una dinámica colectiva de gestión del agua.

Entre los objetivos destacados, están *“trabajar en equipos de manera organizada para lograr un objetivo en común y realizar la formación de un comité y un comité sustituto”, “reflexionar acerca de la interdependencia y el apoyo durante el trabajo en equipo”, o “reflexionar sobre la importancia de la responsabilidad y la confianza”*. En estos objetivos, se nota la ambición de crear una gestión colectiva y descentralizada de los recursos hídricos. Al recrear una proximidad con el recurso hídrico, la captación de lluvia estimula una relación íntima y directa al agua. El agua no es el agua de la metrópoli, un recurso abstracto compartido por millones de habitantes, sino es el agua de la escuela, un recurso visible y compartido por la comunidad de la escuela. Esta experimentación, aunque de escala pequeña y con recursos reservados a la escuela, tiende a favorecer una relación al agua que sea comunitaria y local. En este sentido, se puede relacionar con los estudios de Elinor Ostrom sobre la gestión de los bienes comunes (Ostrom, 1990).

⁶⁷ En particular, varios estudios sugieren agregar, en los Tlaloques, largas pegatinas con instrucciones claras

⁶⁸ Manual disponible en el sitio de Isla Urbana (<https://islaurbana.org/escuelas-de-lluvia/>)

Según la politóloga y economista estadounidense, los usuarios que viven cerca del bien común que se apropian, y que interactúan entre sí en otras situaciones que la explotación de este bien, son más susceptibles de desarrollar normas fuertes y conductas razonable, construidas colectivamente por una variedad de encuentros. Al contrario, los usuarios que viven lejos del bien común, que pertenecen a grupos étnicos distintos, que no comparten tradiciones ni normas, que no se sienten comprometidos con los otros usuarios, tienden a sobreexplotar el bien común. Como lo nota Arsenio González Reynoso, esta reflexión de Ostrom se aplica a la Ciudad de México y a los trasvases de Lerma y Cutzamala. En la Zona Metropolitana del Valle de México, millones de usuarios viven lejos de este bien común hídrico que se apropian. Por las propias dimensiones del sistema y el por el número de usuarios, *“los trasvases, a una escala regional mayor, difícilmente podrían cumplir con los atributos identificados para volver sustentable el aprovechamiento de un bien común hídrico”* (Cohen y Mancera, 2018).

Para reducir la sobreexplotación de los recursos hídricos en la Ciudad de México, uno de los enfoques así consiste en establecer tradiciones comunes, o cultura del agua, así como normas fuertes. Otro enfoque consiste en descentralizar la política del agua y crear niveles de gestión a escala local comunitaria. Aunque de dimensiones reducidas, los proyectos de escuelas de lluvia buscan establecer una cultura del agua y una gestión local y comunitaria del recurso. Las escuelas visitadas entonces contienen los procesos sociales que los defensores de la captación de lluvia quieren ver desarrollados a nivel de ciudad. Otro ejemplo de este proceso es la eco-aldea de Paraje Quiltepec en la alcaldía Tlalpan. Esta zona, difícil de acceso y con problemas de escasez de agua, benefició de sistemas de captación de lluvia de Isla Urbana. Desde entonces, los residentes han desarrollado una gestión colectiva del recurso y una producción agrícola local, asociando la captación de lluvia con ideas de descentralización y autosuficiencia. Aunque los retos de la Ciudad de México obviamente son de otro nivel, el pensamiento de Ostrom puede ayudar en proteger los recursos hídricos comunes. El desarrollo de una cultura del agua (educación, visibilidad del agua en el paisaje urbano, normas, etc..) y la descentralización de la gestión del agua son formas de recrear una relación íntima con el bien hídrico común.

Esta descentralización implica que el usuario, el beneficiario de la captación de lluvia, deje de ser un agente pasivo en el acceso al agua para convertirse en un agente activo de su abastecimiento en agua. Como lo mencionamos, en las escuelas visitadas, son padres quienes se encargan de mantener el sistema de captación de lluvia, y se sienten protagonistas importantes de un proyecto que ayuda a su comunidad. En el caso de sistemas domésticos,

también son las familias que se encargan del mantenimiento del sistema⁶⁹. Dicho de otra forma, su abastecimiento en agua depende de su propio esfuerzo y no de un gobierno benefactor.

2.4. ¿Una nueva relación con el gobierno?

En una ciudad donde la administración hidráulica históricamente se identificó con Tlaloc, regalando agua a todos los habitantes mediante infraestructuras modernas, la práctica de captar la lluvia representa un cambio de perspectiva. La administración capitalina se concibe como un gobierno benefactor, encargado de realizar las inversiones hidráulicas y garantizar el derecho constitucional al agua. El objetivo del Sacmex debe ser, según una publicación suya, *“prescindir de cisternas, tinacos y tandeos; que toda la población pueda tomar directamente del grifo el agua potable que requiera a cualquier hora”* (SACMEX, 2012). En este sentido, la integración de la captación de lluvia en programas políticos cuestiona la relación establecida entre el gobierno y los ciudadanos. Se altera el contrato histórico entre el gobierno y los ciudadanos. En un estudio dedicado a la ciudad de Mumbai, Nikhil Anand define la *hydraulic citizenship* (literalmente ciudadanía hidráulica) de la siguiente manera : *“a form of belonging to the city enabled by social and material claims made to the city’s water infrastructure”* (Anand, 2017). El acceso a los servicios públicos de agua, regido por dimensiones sociales y materiales, condiciona el sentido de pertenencia a la ciudad.

El debate es entonces saber si, con la captación de lluvia, el gobierno abandona su deber histórico de proveer infraestructuras hidráulicas y agua potable a todos los residentes capitalinos. Es saber cómo evoluciona la ciudadanía hidráulica cuando las políticas públicas favorecen instrumentos de autonomía. ¿Promocionar la captación de lluvia como solución de abastecimiento en colonias precarias, es una forma de admitir y mantener la exclusión de sus habitantes de la red de agua potable, así creando dos categorías de ciudadanos? Existiría dos clases de ciudadanos, los que son agentes pasivos de un sistema hidráulico que les provee agua en casa, y los que tienen que esforzarse para mantener su propia fuente de agua.

Al contrario, la captación de lluvia puede percibirse como una forma pragmática de garantizar el acceso al agua. Los obstáculos topográficos a la extensión de la infraestructura hidráulica,

⁶⁹ Dentro de las familias, y según el padrón de beneficiarios del programa Cosecha de Lluvia, mujeres se encargaron de la instalación del sistema en el 66% de los casos, y hombres lo hicieron en el 34% de los casos.

así como la propia escasez de agua en la ciudad, dificultan el abastecimiento por la red de agua potable. Los sistemas de captación de lluvia, pagados por la administración en el caso del programa Cosecha de Lluvia, son una forma renovada de cumplir con el deber gubernamental de proveer agua a los residentes capitalinos. Si la captación de lluvia tiene una temporalidad anual reducida, uno de sus objetivos es aliviar la presión sobre los recursos hídricos y reducir el consumo del agua de la red. El abastecimiento alternativo por la lluvia entonces contribuiría en mejorar el abastecimiento tradicional por la red, en que más agua salga de las llaves en las colonias que sufren de precariedad hídrica. En este sentido, es interesante notar que Tlaloc, símbolo de la administración hidráulica en el siglo XX, es el símbolo del programa Cosecha de Lluvia. Diseñada por Isla Urbana, la representación gráfica del dios de la lluvia se imprimió en largas pegatinas que decoran los tanques instalados por el programa. Junto a menciones explícitas del “Gobierno de la Ciudad de México” y de la “Secretaría de Medio Ambiente”, esta imagen simboliza una nueva forma de presencia de la administración hidráulica.

“Me atrevo a sugerir que en imaginario del discurso hidráulico, el agua de la nación es el agua “domesticada” (la de los ríos con arneses o bridas, para usar el concepto estadounidense) : es un agua utilizable, estabilizada, productiva (económica y políticamente). No es el agua de las tormentas o de las inundaciones. Desde esta interpretación, el espacio hidráulico domesticado correspondería a la construcción territorial de la nación, que procesaría a la “naturaleza” hídrica salvaje del agua, para convertirla en un agua dócil y disponible. Sostengo así que es el agua apropiada socialmente, manejable, a la cual llamamos agua de la nación.” escribe Arsenio González-Reynoso en su análisis de los trasvases de agua hacia la Ciudad de México.. Con la captación de lluvia, podemos considerar que el agua de las tormentas y de las inundaciones entra al agua de la nación. El objetivo del programa Cosecha de Lluvia es precisamente el manejo y la apropiación social del agua de la lluvia. La captación de lluvia entonces no sería una forma de abandono del gobierno sino una forma de presencia renovada frente a retos ambientales nuevos.

Las expectativas de los beneficiarios frente al gobierno han sido el tema de investigación de John Mensik. En su tesis, entrevistó a beneficiarios de sistemas instalados por Isla Urbana y a representantes delegacionales. En las margenes urbanas, y en particular en los asentamientos irregulares, el abastecimiento de agua potable ha sido un tema mayor de reivindicaciones sociales en la segunda mitad del siglo XX. La regularización de los asentamientos y la provisión de servicios públicos primero se volvieron instrumentos de una política clientelista, al ser

condicionadas por la cooptación de los líderes locales. Luego, la provisión de agua entró en una lógica más tecnocrática y se imbricó con preocupaciones ambientales. En particular, los asentamientos irregulares ubicados en suelo de conservación fueron excluidos, en la Ley de Aguas de 2003, del deber gubernamental de proveer servicios hídricos. Los residentes de estas zonas entonces quedaron dependientes del gobierno delegacional, responsable de la provisión de pipas, para su abastecimiento en agua.

Según Mensik, los gobiernos locales proveen sistemas de captación de lluvia en parte para reducir la desconfianza de los ciudadanos. La restauración de una confianza hacia el gobierno local depende de la utilidad, constatada o no por los beneficiarios, de los sistemas instalados. La instalación de sistemas de captación de lluvia es una forma de proveer un servicio de gobierno a familias que se sienten abandonados por los actores políticos. Sin embargo, entra en tensión con otro propósito de los sistemas: independizarse del propio gobierno. Sería entonces interesante saber cómo la captación de lluvia reestructura las expectativas de los ciudadanos hacia el gobierno. La conclusión de Mensik es que, con la captación de lluvia, se manifestó la posibilidad de que el agua no sea un servicio de gobierno y se redujo la necesidad de presionar al gobierno para obtener un mejor servicio. Las dinámicas a largo plazo y a escala más larga quedan por observar. Cabe también mencionar que la percepción de la captación varía según el tipo de usuario. En particular, los beneficiarios de programas, en situación de precariedad hídrica, tienen una relación diferente a la captación que los usuarios que compraron un sistema doméstico por motivos ambientales. Para lograr una larga implantación social de la captación de lluvia, un reto es identificar esta variedad de expectativas y elaborar discursos adecuados.

La difusión social de la práctica de la captar la lluvia entonces está favorecida por una variedad de incentivos personales en las zonas expuestas a una alta precariedad hídrica: necesidad urgente de agua, ahorro en el compra de pipas, calidad del agua captada, sencillez del mantenimiento técnico, voluntad de independencia hacia el gobierno, costumbres preexistentes de captación de lluvia, tradiciones y percepciones de la naturaleza. Mas allá de los incentivos individuales, la captación de lluvia implica una revaloración colectiva del recurso hídrico y una transformación de la relación de los residentes capitalinos al agua. Cuestiona también la relación de los usuarios con el gobierno, garante teórico del acceso al agua para todos, y sus distintas escalas de administración. Si se considera la captación de lluvia como una solución de emergencia, solo se contemplará el aporte cuantitativo de los sistemas y la capacidad de las

familias a mantenerlos. Si, al contrario, se considera como una practica hídrica durable para la Ciudad de México, la captación de lluvia desata reflexiones sociales más profundas y se enmarca en la creación de una nueva cultura del agua.

Conclusiones

A lo largo de nuestro trabajo, hemos intentado estudiar cómo la captación de lluvia, práctica históricamente despreciada por ser “una ilusión”, una solución “insignificante”, o “una micro cosa” reservada a aldeas, podía establecerse como una práctica hídrica en la Ciudad de México. Este proceso implica la reconsideración política de la captación de lluvia, la demostración de su potencial técnico, y su valoración social. Condicionada por la historia socio-ambiental y el paradigma hídrico de la ciudad, la percepción de la captación de lluvia llevó a descartarla de las políticas hídricas en el siglo XX. La noción de amenaza, históricamente asociada al entorno lacustre de la ciudad y a las inundaciones en temporadas de lluvia, ha sido indisociable de esta percepción. La voluntad moderna de garantizar el acceso al agua a todos los habitantes mediante grandes obras de ingeniería, llevando la administración capitalina a compararse con Tlaloc, también definió el paradigma hídrico de la Ciudad de México. El aprovechamiento del agua de lluvia como forma de acceso al agua no correspondía entonces con las prácticas políticas y técnicas de la Ciudad de México. Su reconsideración política reciente surgió de dos factores combinados.

Primero, la agudización de la crisis hídrica, asociada a un contexto internacional de reflexión sobre el “desarrollo sustentable” y las iniciativas ecológicas, llevó a valorar las formas alternativas de conseguir y almacenar agua. Cada cantidad de agua que se colecta es una cantidad que no se extrae de los acuíferos. Segundo, organizaciones de la sociedad civil, y en particular Isla Urbana, desempeñaron el papel de actores providenciales en la Ciudad de México. La captación de lluvia entró al debate público mediante el empresarismo social y las acciones de Isla Urbana en zonas de alta precariedad hídrica. La amenaza de la crisis hídrica y la intervención de una coalición de cambio favorecieron la reconsideración política de la captación de lluvia. El impacto social rápido de la captación de lluvia, aliviar familias en situación de emergencia, y su adaptación a las necesidades políticas locales, instalar sistemas en vez de subsidiar pipas o restablecer confianza hacia el gobierno, sin duda ayudaron en su inclusión en discursos y programas políticos. La presión sobre los recursos hídricos, la fuerza de la demostración, las lógicas políticas o económicas locales, la evolución del debate público sobre las políticas hídricas, y hasta la elección de la actual jefa de gobierno, todas favorecieron la implantación de la captación de lluvia como práctica hídrica en la Ciudad de México. Esta práctica se limita en programas de captación doméstica en zonas de alta precariedad hídrica

(Cosecha de Lluvia) y en reglas constructivas para nuevas edificaciones o grandes superficies. Un análisis mas atento de su potencial técnico y de sus implicaciones sociales ayudarían entonces en entender el alcance de la captación de lluvia en la capital mexicana.

De este análisis, surgió que la captación de lluvia sí puede ser una fuente de abastecimiento de agua de buena calidad. Condicionada por los patrones de precipitaciones y los límites físicos de las viviendas beneficiarias, la captación de lluvia sigue representando una parte importante del suministro de agua de los usuarios. En particular, en temporadas de lluvia, el agua captada llega a cubrir la mayoría o la totalidad de la demanda diaria de agua de los hogares, así ofreciendo periodos de autonomía. Estos periodos de autonomía dependen de muchas variables, de las cuales destacan el tamaño del hogar y el volumen de almacenamiento. La captación de lluvia no garantiza el suministro integral de agua para todo el año, pero representa un porcentaje importante del consumo de las familias y ofrece una calidad de agua superior a la del agua de la red. Gracias a la sencillez de su uso y de su mantenimiento, los sistemas sí son una herramienta para garantizar el acceso al agua.

A escala de ciudad y según primeras estimaciones, si se instalara sistemas domésticos en todas las viviendas unifamiliares aprovechables, el agua captada representaría entre el 3,7% y el 6,5% de la dotación actual de la Ciudad de México. La generalización de esta práctica en otros tipos de edificios o de superficies sugiere un porcentaje aún más alto. El potencial técnico de la captación de lluvia entonces justifica inversiones económicas y programas políticos de larga escala, sobre el modelo del programa Cosecha de Lluvia. Sin embargo, invertir en esta tecnología no es igual a invertir en obras de ingeniería centralizadas, porque los sistemas de captación de lluvia implican activamente a sus usuarios. Para que la captación de lluvia se establezca como practica hídrica en la Ciudad de México, tiene que ser valorada socialmente y, tal vez, inscribirse en una nueva cultura del agua.

En zonas de la Ciudad de México que sufren escasez de agua, la captación de lluvia, con la fuerza demostrativa del agua limpia que sale de los sistemas, es rápidamente asimilada y valorada por los usuarios. Aunque la lluvia a menudo este asociada al peligro de las inundaciones, se convierte en un recurso en la mirada de los residentes beneficiarios. Este cambio de percepción está favorecido por la necesidad urgente de conseguir agua de buena calidad y de ahorrar gastos en pipas de agua, por un interés hacia las estrategias de cuidado y reutilización del agua, por prácticas anteriores y artesanales de captación de lluvia, por

creencias y percepciones de la naturaleza, y por una voluntad de autonomía. La escasez de agua alimenta una desconfianza hacia las autoridades políticas y beneficiar de un sistema de captación significa independizarse de un sistema percibido como ineficiente o hasta corrupto. Los usuarios, al convertirse en agentes activos de su propio abastecimiento en agua, rompen con el esquema tradicional del gobierno proveedor y garante del abastecimiento por la red. La captación de lluvia entonces es una forma de descentralización de las políticas hídricas, confiando a los hogares la gestión directa de su infraestructura de abastecimiento.

Los principales límites de la captación doméstica de lluvia son su temporalidad reducida y sus requerimientos técnicos (espacio de almacenamiento, área de captación, mantenimiento adecuado para garantizar la calidad del agua). La percepción de la captación de lluvia como una fuente complementaria y la factibilidad técnica demostrada hasta el momento permiten superar una parte de estos límites. Sin embargo, también se puede cuestionar la viabilidad de estos sistemas a largo plazo, puesto que su vida útil es de aproximadamente veinte años, y puesto que el cambio climático tendrá impactos sobre los patrones de precipitaciones (menos episodios de lluvia pero más intensos). Otro reto para la implementación de más sistemas de captación de lluvia es el involucramiento de los beneficiarios. Este involucramiento depende primero de la percepción del sistema por los residentes de áreas beneficiarias y de su confianza o no hacia programas gubernamentales. La gratuidad del sistema, las necesidades urgentes en agua, y el trabajo social realizado suelen favorecer la participación de los beneficiarios.

Al pasar de una dinámica asociativa a un programa de gobierno, otro riesgo es olvidar la importancia del trabajo social previo a la instalación. Primero, la masificación del programa implica instalar miles de sistemas en un tiempo reducido, lo cual reduce el tiempo disponible para realizar un trabajo comunitario y una capacitación adecuada. Segundo, el proceso de licitación implica que, cada año, una empresa diferente pueda obtener el contrato de instalación, incluso empresas sin experiencias previas de la captación de lluvia y del trabajo comunitario. Supervisar a las empresas instaladoras y compartir las experiencias de cada una se vuelve imprescindible. La creación de un directorio de las empresas instaladoras de sistemas captación de lluvia por parte de la SEDEMA, y la publicación de un Manual de Captación Pluvial por Isla Urbana, ya ayudan a la circulación de los conocimientos y de las experiencias. Por fin, el involucramiento requerido por el mantenimiento de los sistemas, si bien se logra en hogares en situación de alta precariedad hídrica, es difícil de imaginar en hogares que no sufren de escasez de agua. Si la captación de lluvia, solo se percibe como un dispositivo de emergencia social,

esto no representa un problema. Si, al contrario, se concibe la captación de lluvia como una fuente alternativa de abastecimiento a escala de ciudad, se vuelve importante su expansión a áreas y hogares que no carecen de agua. El reto es sumar, a la narrativa social ya existente, una narrativa ecológica que convenga las familias que tienen un acceso correcto al agua de la red, e impulsar una reflexión más global sobre la gestión del agua a nivel de ciudad.

En el caso de sistemas compartidos, como en el caso del programa Escuelas de Lluvia, los sistemas de captación crean dinámicas colectivas de gestión del recurso hídrico. La escuela se vuelve una miniaturización de los procesos deseados para la ciudad entera : visibilidad del agua en el paisaje urbano, entendimiento de los fenómenos hídricos, conciencia de los bienes hídricos apropiados, cuidado colectivo de los bienes comunes. En el caso de sistemas individuales, estos últimos son ante todo herramientas alternativas de abastecimiento de agua, los cuales plantean la problemática de la relación entre el gobierno y los ciudadanos beneficiarios. ¿Los sistemas son una forma de reconocer la exclusión de una parte de la población del acceso eficiente a la red y de la “ciudadanía hidráulica” ? Al contrario, considerándolo tal vez de forma mas pragmática, los sistemas de captación de lluvia podrían ser una forma renovada de garantizar esta ciudadanía, de garantizar la presencia de la administración capitalina, de garantizar un acceso un agua frente a retos ambientales y técnicos complejos. Los retos ambientales de la Ciudad de México precisamente transforman la percepción de la captación de lluvia, de una intervención social para situaciones de emergencia a una práctica hídrica viable que asegura una parte del suministro de los hogares, en zonas de precariedad hídrica o no, e incrementa la resiliencia hídrica de la metrópoli. En un contexto de cambio climático acelerado, el imperativo de preservación de los recursos hídricos, que ya contribuyó en la aceptación política de la captación de lluvia, seguirá favoreciendo la generalización de tales alternativas de abastecimiento. Junto al abanico de prácticas del “diseño urbano sensible al agua”, la captación y el aprovechamiento del agua de lluvia implican repensar la relación al agua de los residentes de una misma urbe, no solo en la Ciudad de México, sino en la variedad de ciudades amenazadas por una disminución de sus recursos hídricos.

Bibliografía

Anand, N. (2017). *Hydraulic City: Water and the Infrastructures of Citizenship in Mumbai*. Durham, NC: Duke University Press.

Arnold, D. & Guha, R. (1995), *Nature, Culture, Imperialism : Essays on the Environmental History of South Asia*, New Delhi : Oxford University Press.

Arroyo Zambrano, T. I., Masera Cerruti, O., & Fuentes Gutiérrez, A..F. (2016), *Adopción e impactos de los sistemas de captación de agua de lluvia*, Universidad Nacional Autónoma de México.

Brown, R., Keath, N. & Wong, T. (2009), *Urban water management in cities: historical, current and future regimes*, *Water Science & Technology* , 59(5), 847–855

Campisano, A. & al. (2017). *Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives*. *Water Research*. 115.

Campos Cabral, V. & Ávila-García, P. (2013) *Entre ciudades y presas. Oposición campesina al trasvase de agua y la defensa del río Temascaltepec, México*, *Solidaridad en perspectiva filosófica*, n°46, mayo 2013, 120-133

Cohen, M. P., & Mancera, L. C. (2018). *La crisis del agua y la metrópoli: alternativas para la zona Metropolitana del Valle de México*. México: Siglo Veintiuno Editores.

Cohen, M.P., & González Reynoso, A. (2005), *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*, Universidad Nacional Autónoma de México

Cronon, W. (1997). *Nature's metropolis: Chicago and the Great West*. New York: W.W. Norton.

Davis, M. (2020). *Ecology of Fear: Los Angeles and the Imagination of Disaster*. Verso Books.

Del Moral, L. (2014). *Current Paradigms in the Management of Water: Resulting Information Needs*. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*, n°110, pp.11-21

Descola, P. (2005), *Par-Delà Nature Et Culture*. Paris: Gallimard

Díaz Álvarez, C. J. (2014), «Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades.», *Interdisciplina*, núm. 2, pp. 51–70.

Domínguez, E. & al. (2015), *Determinación de los procesos hidrogeoquímicos participantes en la composición del agua de las fuentes de abastecimiento a pobladores de la delegación Iztapalapa, D.F., México*, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 67, n°2, 299-313

Eder, K. (1996). *Theory, culture & society. The social construction of nature: A sociology of ecological enlightenment*. (M. Ritter, Trans.). Sage Publications, Inc.

Escolero, O., Kralisch, S., Martinez, S. & 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. pp. 409-427.

Escolero, O., Martínez, S.E., Kralisch, S., Perevochtchikova, M. Delgado-Campo, J. (2009), Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático: Informe final. Centro Virtual de Cambio Climático

Hierneaux, D. (1992), La planeación de la ciudad de México: logros y contradicciones", en Garza, G., Una década de planeación urbano-regional en México, 1978-1988, México, El Colegio de México, p.238

Hughes, J.D., & Grove, R. (1995). Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism, 1600-1860.

Galeano, E. (2018). Las venas abiertas de América Latina. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.

Giddens, A. (1994), Les conséquences de la modernité. Paris, Editions L'Harmattan

Girardet, H. (2009). Creating sustainable cities. Padstow: Green Books.

Gleason Espíndola, J.A, Casiano Flores, C. A, Pacheco-Vega, R., & Pacheco Montes, M. R. (2020), International Rainwater Catchment Systems Experiences: Towards Water Security, IWA Publishing

González-Padrón, S. & al, Improving Water Access and Health through rainwater harvesting : Perceptions of an indigenous community in Jalisco, Mexico, *Sustainability*, 2019, 11(18), 4884

González Reynoso, A. (2016). La región hidropolitana de la Ciudad de México: Conflicto gubernamental y social por los trasvases Lerma y Cutzamala. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones, Dr. Jose Maria Luis Mora.

Greider, T. and Garkovich, L. (1994), Landscapes: The Social Construction of Nature and the Environment. *Rural Sociology*, 59: 1-24

Hering, J., Waite, D., Luthy, R., Drewes, J., & Sedlak, D. (2013), A changing framework for urban water systems, *Environmental Science & Technology*, num. 47.

Hess, D. & Brown, K. (2016), The politics of water conservation: identifying and overcoming barriers to successful policies, *Water Policy*, vol. XIX, num. 2, pp. 304-32

Imaz Gispert, M., Armienta Hernández., M.A., Lomnitz Climent, E., & Torregrosa Flores, M.F.. (2018), Rainwater Harvesting as a Drinking Water Option for Mexico City, *Sustainability*, 10, 3890

Johannessen, A. & Wamsler, C. (2017). What does resilience mean for urban water services?. *Ecology and Society*. 22.

por

Legorreta, J. (2006). El agua y la Ciudad de México: De Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Legorreta, J. (2012), La paradoja : escasez e inundaciones, en Agua : el oro azul, Senado de la República, LXI Legislatura, Comisión de Recursos Hidráulicos, Comisión de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, pp. 65-73

Latour, B. (2018). Nous n'avons jamais été modernes: Essai d'anthropologie symétrique. Paris: La Découverte.

Laureano, P. (2013). Water conservation techniques in traditional human settlements. New Delhi: Copal Pub. Group.

Lopez-Morales, C. (2012). Valoración de servicios hidrológicos por costo de reemplazo: Análisis de escenarios para el Bosque de Agua. Documento de trabajo de la Dirección General de Investigación en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F

Massardier, G., Poupeau, F., Mayaux, P.-L, Mercier. D & Cortinas. J. (2016), « Multi-level policy coalitions : an interpretative model of water conflicts in the Americas”, *Ambiente & Sociedad*, vol. XIX, num 4, pp. 153-178

McNicoll, G. (1984), Consequences of Rapid Population Growth : An Overview and Assessment, *Population and Development Review*, Vol. 10, N°2 (Jun. 1984), pp. 177-240.

Melosi, M. V. (1994). Sanitary Services and Decision Making in Houston, 1876-1945. *Journal of Urban History*, 20(3), 365–406.

Méndez P, Isendahl N, Amezaga, J., & Santamaría, L. (2012) Facilitating Transitional Processes in Rigid Institutional Regimes for Water Management and Wetland Conservation: Experience from the Guadalquivir Estuary. *Ecology and Society*, 17(1), 26.

Mensik, J. (2019), Looking to the clouds : Rainwater Harvesting and Water Politics in Mexico City (master thesis), The University of Chicago

Mohammed, I. (2018). Rainwater harvesting for water supply and integrated development in rural and semi-urban areas article information abstract, *Nigerian Research Journal of Engineering and Environmental Sciences*, p. 287-304.

Ostrom, E. (1990), Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge [England] ; New York: Cambridge University Press

Rosen, C. M., & Tarr, J. A. (1994). The Importance of an Urban Perspective in Environmental History. *Journal of Urban History*, 20(3), 299–310.

Salazar-Vargas, M. (2014), Vulnerabilidad social a la disminución del suministro hídrico en el Distrito Federal, Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California, México

Sistema de Aguas de la Ciudad de México (2012), El gran reto del agua en la Ciudad de México : pasado, presente, y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo, México.

Sörlin, S., & Warde, P. (2007). The Problem of the Problem of Environmental History: A Re-Reading of the Field. *Environmental History*, 12(1), 107-130

Tellman, E. (2019), Captación de lluvia en la CDMX : Un análisis de las desigualdades espaciales

Torres Bernardino, L. (2014). Sistema Lerma: Una visión política en la gestión pública del agua. México : Instituto de Administración Pública del Estado de México, A.C.

Torres Bernardino, L. (2017), La gestión del agua potable en la Ciudad de México : los retos hídricos de la CDMX: gobernanza y sustentabilidad. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C.

Tvedt, T. & Oestigaard, T. (2014), “Urban Water Systems : A conceptual framework”, A History of Water, num 3, vol.1, Nueva York, I. B. Tauris, p. 1-21

Vitz, M. (2018), A city on a lake: Urban political ecology and the growth of Mexico City. Durham: Duke University Press.

Wolman, A. (1965) , The Metabolism of Cities, *Scientific American*, Vol. 213, pp. 179-190

Worster, D. (1990), Transformations of the Earth: Toward an Agroecological Perspective in History, *Journal of American History*, Volume 76, Issue 4, March 1990, pp. 1087–1106,

Zavala de Cosío, M. E (2014), *La transición demográfica en México (1985-2010)*, en Rabell, C., *Los Mexicanos. Un balance del cambio demográfico*, Fondo de Cultura Económica, pp. 80-114