

# Captación de lluvia en la CDMX:

Un análisis de las desigualdades espaciales



# Captación de lluvia en la CDMX:

Un análisis de las desigualdades espaciales

2019

**Responsable**

Elizabeth Tellman



Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública



## Participantes en la elaboración de esta investigación

### Equipo de investigación

Felipe de Alba  
Fidel Serrano Candela  
Emilio Rodríguez Izquierdo  
Enrique Ruiz Durazo  
Carlos Echeverría Estrada  
Juana Martín Cerón  
Bertha Hernández Aguilar  
Laura Alicia Rodríguez Bustos  
Jessica Alexia Macario Sánchez  
Jorge Hernández Gamboa  
Tania Alicia Gray  
Iván Flores Alejandro

### Revisión e integración del reporte

Lakshmi Charli Joseph  
Patricia Pérez Belmont

### Colaboradores en encuestas de campo y telefónicas

Bertha Hernández Aguilar  
Juana Martín Cerón  
Natalia Hernández Guerrero  
Aldo Castañeda Martínez  
Ana María Díaz Vega  
Anais Violeta Peralta Sánchez  
Andrea Guadalupe Montaño Domínguez  
Brenda Itzel Rodríguez Rodríguez  
Carlos Alberto Ortiz Cruz  
Cristal Guzmán Alba  
Cynthia Gabriela Marmolejo Martínez  
Daniela Villafan García  
David Gómez García  
David González López  
Fany Paola Santander Cruz  
Felipe de Jesús Rincón Vargas  
Fidel Martín Cerón  
Gabriel Arenas Alquicira  
Hugo Hernández Gamboa

Isabel Estela Sandoval Moreno  
Iván Flores Alejandro  
Jessica Alexia Macario Sánchez  
Jessica Raquel Vargas Ambriz  
Johanna Campuzano Solano  
Jorge Hernández Gamboa  
José Flores Cuachichil  
Julio Alberto Ramírez Sandoval  
Karina Ramos  
Kimberly Méndez Gómez  
Lenin Martínez Solano  
Maetzin Sandoval Hernández  
María Antonia Martínez Cruz  
María de la Cruz Aguilar Hernández  
Mariano Morales Camargo  
Nallely Espinoza Reyna  
Patricia Martínez Cruz  
Saraí Nicte Morales Sandoval  
Tania Lorena Colín Espinosa  
Zugeili Yamilé Carrillo Sandoval

**Nota:** Las figuras, mapas y tablas contenidas en este documento fueron elaboradas por el equipo de investigación y su uso o reproducción requieren previa autorización.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	13
<b>INTRODUCCIÓN</b>	18
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	19
<b>Sistemas de captación de agua de lluvia en el contexto urbano global</b>	21
<b>Aspectos teóricos y metodológicos relacionados con SCALL</b>	23
<b>Sistemas de captación de agua de lluvia en la Ciudad de México</b>	25
<b>PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	26
Objetivo	27
Estructura general	27
<b>1. PRECARIEDAD HÍDRICA</b>	29
Índice de precariedad hídrica	29
Metodología	30
Resultados	34
Estimaciones para los Asentamientos Humanos Irregulares	37
Metodología	37
Resultados	40
<b>2. INSUMOS PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA</b>	43
Estimación del área de captación	44
Metodología	44
Resultados	47
Estimación espacial de la precipitación	48
Metodología	48
Resultados	49
Estimación de la demanda de agua	52
Metodología	52
Análisis prospectivo de las colonias con Precariedad Hídrica	53
Metodología	53
Resultados	53
<b>3. ASPECTOS SOBRE EL CONSUMO DE AGUA EN LA CDMX</b>	57
Análisis Exploratorio de Datos (EDA) de Isla Urbana	57

<b>Consumo de agua en la Ciudad de México</b>	62
Metodología	63
Resultados	65
<b>4. ESCENARIOS PARA ESTIMAR EL POTENCIAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA</b>	71
<b>Escenarios del Modelo de Diferencias</b>	71
Metodología	72
Resultados	75
<b>5. PRINCIPALES HALLAZGOS Y CONCLUSIONES</b>	83
<b>REFERENCIAS</b>	89
<b>ANEXOS</b>	93
<b>Anexo 1. Alcaldías del sur de la CDMX con los niveles de precariedad hídrica más agudos</b>	93
<b>Anexo 2. Limpieza de estimaciones preliminares de AHI</b>	97
<b>Anexo 3. Exploración de datos institucionales y de gobierno</b>	100
Información del Sistema de Aguas de la Ciudad de México	101
Información sobre Embotelladoras	106
<b>Anexo 4. Diseño de la encuesta y muestreo</b>	107
<b>Cuestionario</b>	108
Diseño de la muestra	110
Instrucciones para el uso del software Open Data Kit (ODK) y KoBoCollect	110
Manejo de la base de datos	112
<b>Anexo 5. Metodología para la generación de escenarios</b>	117
<b>Anexo 6. Resultados de los escenarios del modelo de diferencias para la CDMX</b>	122
Grupo 1 - Escenarios 1 a 3	123
Grupo 2 - Escenarios 5 a 6	127
Grupo 3 - Escenarios 8 a 10	130
Resumen de Escenarios 1 a 10	134
Grupo 4 - Escenarios 11 a 13	134
Grupos 5 - Escenarios 14 a 16	138
Grupo 6 - Escenarios 17 a 19	142
Resumen de Escenarios 11 a 19	145
Grupo 7 - Escenarios 20 a 22	146
Grupo 8 - Escenarios 23 a 25	149
Grupo 9 - Escenarios 26 a 28	153
Resumen de Escenarios 20 a 28	156

<b>Anexo 7. Colonias con Precariedad Hídrica alta</b>	157
<b>Anexo 8. Colonias prioritarias para la instalación de SCALL</b>	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de la investigación	28
Figura 2. Componentes del capítulo Precariedad Hídrica	29
Figura 3. Variables que componen el Índice de Precariedad Hídrica	29
Figura 4. Gráfico de datos de Precariedad Hídrica y Precariedad Social para la definición de las Tipologías de Precariedad en la CDMX	34
Figura 5. Cifras poblacionales y de vivienda por cada Tipología de Precariedad Hídrica	35
Figura 6. Pasos para la obtención de insumos y la generación del Modelo de Diferencias	43
Figura 7. Longitud de las ondas para estimación del índice de vegetación (NDVI)	46
Figura 8. Meses con mayor precipitación en la CDMX (datos de World Clim)	49
Figura 9. Gráfico del área ( $m^3$ ) del techo promedio en las viviendas con SCALL instalados	59
Figura 10. Gráfico del número de habitantes en las viviendas con SCALL instalados	60
Figura 11. Gráfico de los Sistemas de Isla Urbana instalados por año	61
Figura 12. Gráfico de los Sistemas instalados por Isla Urbana entre 2009 y 2014 (total acumulativo)	61
Figura 13. Gráfico del tamaño promedio de las cisternas en litros	62
Figura 14. Gráfico del gasto en agua y capacidad de almacenamiento por vivienda por alcaldía	70
Figura 15. Pasos para estimar el Potencial de Captación de agua de lluvia	71
Figura 16. Esquema de la estimación del Potencial de la captación de agua de lluvia	72
Figura 17. Resultados de los escenarios según el consumo (gráfica izquierda vs. derecha), tamaño de la cisterna (cada agrupación de barras) y área del techo (por color de las barras).	76

Figura 18. Estimación de agua a captar y demanda doméstica en la CDMX	86
Figura 19. Número de personas que mejoraría su condición de precariedad hídrica con SCALL	87

## ÍNDICE DE FIGURAS (Anexos)

Figura 1. Ejemplo de registros representativos para el levantamiento de la encuesta en viviendas con y sin SCALL	110
Figura 2. Medidas de los techos de las viviendas con interés en un sistema de captación	114
Figura 3. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para la CDMX (2013)	124
Figura 4. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 1 a 3.	125
Figura 5. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013).	127
Figura 6. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 5 a 7.	128
Figura 7. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)	131
Figura 8. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 8 a 10.	132
Figura 9. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)	135
Figura 10. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 11 a 13.	136
Figura 11. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)	138
Figura 12. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 14 a 16.	140
Figura 13. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la ciudad a lo largo del año 2013	142
Figura 14. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 17 a 19.	143
Figura 15. Agua de lluvia usada (negra) y almacenada (azul), en litros,	

para toda la CDMX (2013)	146
Figura 16. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 20 a 22.	147
Figura 17. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)	150
Figura 18. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 23 a 25.	151
Figura 19. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)	153
Figura 20. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 26 a 28.	154

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las variables utilizadas para el Índice de Precariedad Hídrica	30
Tabla 2. Número de viviendas por manzanas con alta Precariedad Hídrica	36
Tabla 3. Asentamientos Humanos Irregulares en Suelo de Conservación	40
Tabla 4. Categorías y variables de la Base de Datos de Isla Urbana	57
Tabla 5. Sistemas instalados por Isla Urbana en cada Alcaldía	58
Tabla 6. Número de personas que cambian su situación de precariedad hídrica con SCALL	87

## ÍNDICE DE TABLAS

### (Anexos)

Tabla 1. Tabla de atributos de los polígonos	99
Tabla 2. Análisis de la información obtenida	100
Tabla 3. Inconsistencias de la información obtenida en SACMEX (1)	102
Tabla 4. Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX	102
Tabla 5. Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX (2)	103
Tabla 6. Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX (3)	103
Tabla 7. Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX (4)	105
Tabla 8. Calidad y disminución de agua en la Ciudad de México	106
Tabla 9. Gasto Promedio en Botellones de Agua de 20 Litros al mes	107

Tabla 10.	Variables utilizadas en la encuesta	112
Tabla 11.	Promedio de metros cuadrados de techo en las viviendas encuestadas	113
Tabla 12.	Litros que se recolectan en un día que se recibe el servicio	114
Tabla 13.	Capacidad de almacenamiento	115
Tabla 14.	Variable del precio/propina de las pipas públicas (antes y después de ser transformadas a valores categóricos)	115
Tabla 15.	Capacidad de almacenamiento	116
Tabla 16.	Consumo de garrafones	116
Tabla 17.	Clave y definición de variables que no corresponden a los datos de lluvia	121
Tabla 18.	Combinaciones de variables y valores para la generación de escenarios	122
Tabla 19.	Comparación de los porcentajes de manzanas según el grado de aprovechamiento del agua de lluvia captada, para los escenarios 1 a 3	134
Tabla 20.	Comparación de los porcentajes de manzanas según el grado de aprovechamiento del agua de lluvia captada, para los escenarios 4 a 6	145
Tabla 21.	Comparación de los porcentajes de manzanas según el grado de aprovechamiento del agua de lluvia captada, para los escenarios 7 a 9	156
Tabla 22.	Colonias con PH Alta	157
Tabla 23.	Colonias con PH Alta sin nombre que pertenecen a un AHI.	161
Tabla 24.	Colonias prioritarias para la instalación de SCALL	177

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Aspectos físicos del IPH	32
Mapa 2.	Aspectos sociales del IPH	33
Mapa 3.	Nueve tipologías del índice de Precariedad Hídrica en la CDMX	36
Mapa 4.	Índice de Precariedad Hídrica en la zona sur de la CDMX	37
Mapa 5.	Asentamientos Humanos Irregulares en el sur de la CDMX (AHI)	38

Mapa 6.	Diferencia de las AGEBs urbanas	38
Mapa 7.	Ejemplo de estimación de asentamientos irregulares por AGEB	39
Mapa 8.	Polígonos rurales (azul) y Asentamientos humanos irregulares (rojo)	41
Mapa 9.	Acercamiento de polígonos rurales (azul) o irregulares (rojos) y AGEBs urbanos (verde) en Alcaldía Tlalpan	41
Mapa 10.	Modelo de elevación (terreno) de la CDMX	45
Mapa 11.	Modelo de superficie de la CDMX (unidades de metros)	45
Mapa 12.	Imagen satelital de altimetría (ejemplo de un área en la Alcaldía Coyoacán)	45
Mapa 13.	Área con altimetría de 2-9m en color verde (ejemplo de un área en la Alcaldía Coyoacán)	45
Mapa 14.	NDVI para la CDMX	46
Mapa 15.	Altimetría con vegetación en azul y sin vegetación en color verde (ejemplo de un área en la Alcaldía Coyoacán)	47
Mapa 16.	Área de azoteas o techos factibles para captación de agua pluvial en la CDMX.	47
Mapa 17.	Precipitación para la CDMX en temporada de lluvia	50
Mapa 18.	Precipitación pluvial en la CDMX durante el mes de julio	51
Mapa 19.	Precipitación pluvial en la CDMX durante el mes de octubre	51
Mapa 20.	Instalación de Sistemas de Captación de agua de Lluvia de Isla Urbana (puntos verdes)	54
Mapa 21.	Colonias y asentamientos con Precariedad Hídrica en Xochimilco no censado por Isla Urbana	54
Mapa 22.	Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Gustavo A. Madero	55
Mapa 23.	Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Cuajimalpa	55
Mapa 24.	Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Magdalena Contreras	56
Mapa 25.	Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Iztapalapa	56
Mapa 26.	Localización de las Viviendas Encuestadas y su Tipología	64
Mapa 27.	Ubicación de viviendas con SCALL de Isla Urbana	65

Mapa 28. Consumo aplicado según nivel de marginación	74
Mapa 29. Nivel de aprovechamiento de agua en la CDMX bajo un escenario con consumo de agua de acuerdo con el índice de marginación.	77
Mapa 30. Modelo de diferencias de la zona sur de la CDMX (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	78
Mapa 31. Modelo de diferencias de Álvaro Obregón (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	78
Mapa 32. Modelo de diferencias de Cuajimalpa (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	79
Mapa 33. Modelo de diferencias de Iztapalapa (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	79
Mapa 34. Modelo de diferencias de Magdalena Contreras (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	80
Mapa 35. Modelo de diferencias de Milpa Alta (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	80
Mapa 36. Modelo de diferencias de Tláhuac (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	81
Mapa 37. Modelo de diferencias de Tlalpan (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	81
Mapa 38. Modelo de diferencias de Xochimilco (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)	82
Mapa 39. Zonas con Precariedad Hídrica antes de la implementación de sistemas de captación de lluvia.	88
Mapa 40. Zonas con Precariedad Hídrica después de la implementación de sistemas de captación de lluvia.	88

### **ÍNDICE DE MAPAS (Anexos)**

Mapa 1. IPH en Álvaro Obregón	93
Mapa 2. IPH en Cuajimalpa	93
Mapa 3. IPH en Iztapalapa	94
Mapa 4. IPH en Magdalena Contreras	94
Mapa 5. IPH en Milpa Alta	95

Mapa 6.	IPH en Tláhuac	95
Mapa 7.	IPH en Tlalpan	96
Mapa 8.	IPH en Xochimilco	96
Mapa 9.	Problemas geométricos	97
Mapa 10.	Problemas estadísticos	98
Mapa 11.	Secciones resultantes	98
Mapa 12.	Polígonos multiparte a polígonos únicos	99
Mapa 13.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 1 a 3.	126
Mapa 14.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 5 a 7.	129
Mapa 15.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 8 a 10.	133
Mapa 16.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 11 a 13.	137
Mapa 17.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 14 a 16.	141
Mapa 18.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 17 a 19.	144
Mapa 19.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 20 a 22.	148
Mapa 20.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 23 a 25.	152
Mapa 21.	Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 26 a 28.	155



## **RESUMEN EJECUTIVO**

El incremento en la demanda de agua para uso y consumo humano, ha triplicado la velocidad de crecimiento de la población mundial en los últimos 20 años. En este período, la población mundial pasó de 4 a 7 billones de personas, mientras que la demanda de agua se incrementó hasta seis veces más (Lee *et al.*, 2016; Bashar *et al.*, 2018; Haque *et al.*, 2016). Bajo este escenario, se proyecta que para el año 2025, casi dos billones de personas experimentarán escasez de agua, y dos tercios de la población mundial algún grado de estrés hídrico (Lee *et al.*, 2016; Haque *et al.*, 2016). El problema de estrés hídrico más preocupante es la escasez de agua; hoy en día, un tercio de la población mundial vive en situación de escasez, y cuatro de cada diez personas tienen problemas relacionados con el acceso al agua (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018; Mihelcic *et al.*, 2007; Petit-Boix *et al.*, 2018). Por ello, el desarrollo social en todos sus ámbitos se verá comprometido por el incremento incesante de la demanda de agua para uso y consumo humano (Lee *et al.*, 2016).

**Los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) aparecen como alternativas innovadoras para el suministro de agua, que atiende directamente la problemática de la escasez de agua y tiene un amplio potencial para ayudar en la disminución del gasto familiar en agua** (Lee *et al.*, 2016; Karim *et al.*, 2015). Además, **la cosecha de agua a través de SCALL se ha visualizado como una solución sustentable** por el ahorro energético y monetario que representa, al disminuir o eliminar el transporte de agua (Mihelcic *et al.*, 2007). Los SCALL son **tecnologías viables para el suministro de agua en las ciudades**, principalmente cuando no hay otras fuentes de suministro de agua disponibles o cuando los cuerpos de agua superficiales han perdido su potencial de uso por desecación y contaminación, o los pozos y agua subterránea se han contaminado (Karim *et al.*, 2015).

En la revisión de la literatura especializada se observa que la mayoría de los estudios sobre el desempeño y beneficios de los SCALL y de los modelos de balance hídrico, son alimentados únicamente con datos climáticos y representados en unidades de volumen, tiempo y energía. **Ninguno de los estudios revisados se basan en el análisis de datos territoriales o espaciales y que, además, abarquen áreas urbanas.** Asimismo, **no se encontraron antecedentes de esfuerzos institucionales públicos para realizar estudios relacionados con la implementación de los SCALL**, y estimar la posibilidad de utilizarlos como política pública que contribuya a resolver el problema de escasez de agua en la Ciudad de México (CDMX).

**El objetivo general** de esta investigación fue **determinar la viabilidad de la instalación de tecnologías de sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) en la Ciudad de México, para satisfacer la demanda de agua en zonas con alta precariedad hídrica y con población vulnerable.** Para lograr este objetivo, se realizaron una serie de estimaciones a nivel de manzana, relacionadas con el área de techo viable para la captación de agua de lluvia, la precipitación, el consumo y la capacidad de almacenamiento de agua. Con ello, se calculó el potencial de captación de agua de lluvia para la CDMX considerando la tecnología de SCALL de la asociación **Isla Urbana**.

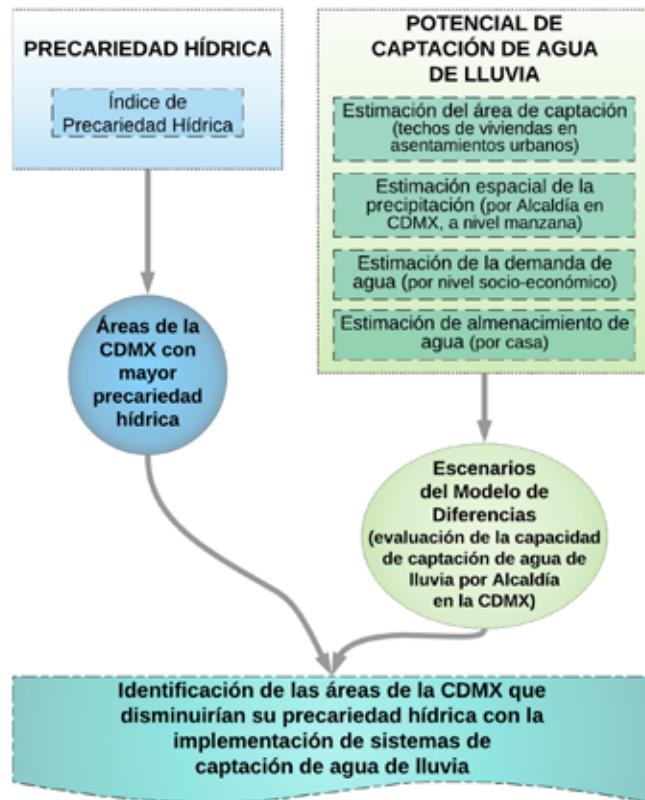
**Isla Urbana** es una asociación conformada por un grupo interdisciplinario de especialistas como diseñadores, urbanistas, ingenieros, antropólogos, educadores y artistas dedicados a **impulsar la sustentabilidad hídrica con base en la captación de agua de lluvia en México**.

Durante los últimos 10 años se ha dedicado a diseñar e instalar Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, enfocando sus esfuerzos en comunidades de bajos recursos donde el acceso a la red de agua potable es precario e insuficiente. Desde su inicio hasta junio de 2019, se han instalado un aproximado de 12,700 SCALL en 19 estados de México, de los cuales, cerca del 80% se encuentran en la CDMX.

El presente estudio, es una propuesta única a nivel metodológico y analítico porque discute el potencial de implementación de los SCALL, visualizados como un **conjunto de prácticas que tienden a construir un manejo sustentable del agua a través de tecnología descentralizada**. La principal fortaleza de éste es la escala y variabilidad espacial de los parámetros climatológicos, hidrológicos y sociales integrados. Así, se consideraron los niveles de desarrollo social y se visualizaron los efectos de los SCALL sobre la disminución de la precariedad hídrica, en una escala de trabajo que incluye toda la variabilidad ambiental y social de la CDMX. Las variables asociadas a la precariedad hídrica retomadas en este estudio y su integración a nivel espacial, hacen del presente ejercicio metodológico **un trabajo que puede sentar las bases para futuros estudios relacionados con la captación de agua de lluvia**.

Este reporte está estructurado de la siguiente manera: en el Capítulo I. Precariedad Hídrica se explica cómo se construyó un Índice de Precariedad Hídrica (IPH) que permite identificar las áreas actuales de la CDMX con mayores niveles de precariedad hídrica, al analizar la escasez de agua en la ciudad y la vulnerabilidad social que representa; en el Capítulo II. Insumos para determinar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia, se describe cómo se realizaron estimaciones del área de techos, de la precipitación a nivel de manzana y de la demanda de agua, para obtener insumos que permitieron ejecutar un Modelo de Diferencias que, a su vez, permitiera estimar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia (particularmente en las alcaldías y colonias con mayor precariedad hídrica); en el Capítulo III. Aspectos sobre el consumo de agua en la CDMX, se explica el análisis para conocer aspectos relacionados con el consumo, abasto y almacenamiento de agua, con el fin de identificar el impacto social que tiene tanto la escasez del recurso, como lo tendría la implementación de los SCALL; en el Capítulo IV. Escenarios para estimar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia se describe el análisis geográfico que permitió estimar el potencial de captación de agua de lluvia para la CDMX, así como el número de SCALL que contribuirían a solucionar los problemas de escasez de agua en las zonas con mayor vulnerabilidad. Finalmente, los principales resultados de la investigación se presentan en el apartado V. Principales hallazgos y conclusiones. En la siguiente figura se ilustra la estructura general de la investigación.

## Estructura general de la investigación



Cabe señalar que todas las estimaciones y modelos se realizaron bajo condiciones de alta incertidumbre, debido, principalmente, a la carencia de información precisa y confiable proveniente de datos gubernamentales e institucionales. Como se detalla en el presente informe (particularmente en el **Anexo 3**), inicialmente, este estudio se pretendió hacer con información pública; sin embargo, al no encontrar información consistente y precisa, se procedió a la obtención de datos a partir de otras fuentes generadas como encuestas, cálculos estadísticos, índices y modelos matemáticos, además de los censos y capas geográficas. En este estudio no fueron utilizadas encuestas oficiales como MOHOMA o ENIGH, ya que, aunque tienen representatividad a nivel estatal, no tienen un nivel de detalle, por ejemplo, en los asentamientos irregulares donde consideramos necesario hacer un análisis más específico. Es por ello que, para este estudio, se consideró una combinación de datos con encuestas sobre dotación de agua en litros en diferentes partes de la ciudad, datos de la literatura sobre los rangos de dotación de agua, e información obtenida a partir de la experiencia empírica de Isla Urbana, todo ello para construir las hipótesis sobre la distribución espacial de consumo de agua en la CDMX. El número de población y vivienda se basó en el censo del INEGI (INEGI, 2010), pero es probable que, por el crecimiento irregular, hay viviendas nuevas con problemas hídricos no contabilizadas en este estudio.

Este estudio representa un primer intento de medir la Precariedad Hídrica a nivel de ciudad con detalle a nivel de manzana, incluyendo los asentamientos irregulares (de los cuales es más difícil obtener datos de los censos). Debido a que la obtención de información fue uno de los principales retos de este estudio, se reconoce que la construcción del índice de Precariedad Hídrica podría mejorarse al incorporar otro tipo de variables, encuestas, e incluso, utilizando otras

estrategias de modelación. Asimismo, cabe señalar que, debido a dichos huecos de información sobre el consumo de agua a nivel espacial, y sobre los gastos informales de agua, es difícil medir el impacto económico de los SCALL en términos de los efectos que tendrían a nivel de ingreso en cada manzana. Es por ello que, cuantificar el impacto de SCALL en las viviendas con condiciones de pobreza en una forma robusta, no fue posible. Sin embargo, sí se pudo estimar el número de familias que se encuentran en una situación de precariedad social y que pueden mejorar significativamente su situación de escasez hídrica, aunque no se contó con suficiente información para poder determinar si esta tecnología cambia su situación de pobreza. En las conclusiones de este trabajo, se plantean algunas sugerencias para futuros estudios, que podrían ser realizados para medir el impacto de los SCALL en la pobreza.

Otra de las limitaciones de este estudio es que se realizaron **análisis específicamente aconditados a la actual tecnología de SCALL con la que cuenta la asociación *Isla Urbana***. Esto quiere decir que se consideraron viviendas con precariedad hídrica, áreas de techo de viviendas pequeñas ( $60m^2$ ) y sistemas de almacenamiento con capacidad máxima de 10,000 L. Con dichas especificaciones particulares que soportan el tipo de tecnología con la que cuenta *Isla Urbana*, se estimó el potencial de captación de agua de lluvia para la CDMX. Por ello, es importante señalar que para conocer el potencial de captación de agua de lluvia con condiciones de área de techo y capacidad de almacenamiento mayores sería necesario realizar nuevos análisis y modelos para obtener dichas proyecciones y estimaciones. Así, este estudio se enfoca en el trabajo de *Isla Urbana*, ya que es la iniciativa que se considera como el único esfuerzo reconocido para la implementación de SCALL en México.

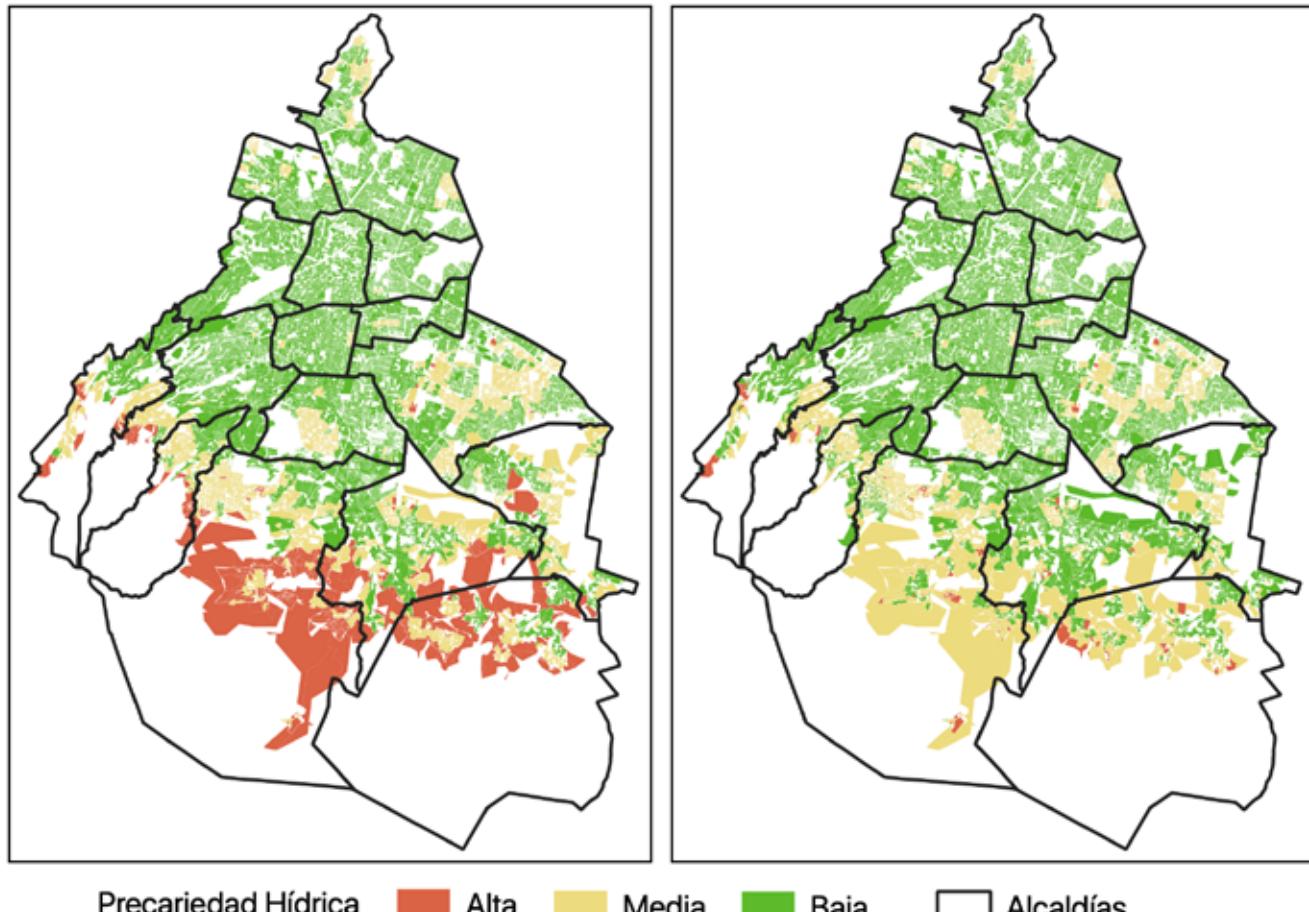
**Como principal resultado de la investigación, se prevé que a partir de la instalación de 105,000 SCALL en la CDMX, mejoraría las condiciones de precariedad hídrica de aproximadamente 415,000 personas, mejorando significativamente su situación con respecto a la escasez de agua.** En la actualidad, estas viviendas de abastecen de agua principalmente a través de la compra de pipas, ya que no cuentan con agua entubada; se encuentran mayoritariamente en zonas de asentamientos humanos irregulares bajo condiciones de hacinamiento. Dichas zonas se ubican principalmente en las alcaldías de Tlalpan, Iztapalapa; Xochimilco; Milpa Alta; Cuajimalpa; Álvaro Obregón; Magdalena Contreras y Tláhuac, la mayoría de ellas al sur de la CDMX. En estas alcaldías **se estimaron 287 colonias que se consideran prioritarias para enfocar los esfuerzos de instalación de SCALL, ya que la población que ahí habita cambiaría su situación de precariedad hídrica (Anexo 8)**.

En los siguientes mapas se puede contrastar el **cambio espacial de la distribución de la precariedad hídrica en la en la CDMX, en el caso de que se implementara un programa de captación de agua de lluvia**. En estos mapas se puede apreciar que en la zona sur de la CDMX —en donde se encuentra el suelo de conservación y la mayor incidencia de asentamientos humanos irregulares— se tendría un mayor impacto con la captación de agua de lluvia.

Zonas con Precariedad Hídrica antes (mapa izquierdo) y después (mapa derecho) de la implementación de los sistemas de captación de lluvia

Sin captura de lluvia

Con captura de lluvia



## INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda de agua para uso y consumo humano, ha triplicado la velocidad de crecimiento de la población mundial en los últimos 20 años. En este período, la población mundial pasó de 4 a 7 billones de personas mientras que **la demanda de agua se incrementó hasta seis veces más** (Lee *et al.*, 2016; Bashar *et al.*, 2018; Haque *et al.*, 2016). Bajo este escenario, se proyecta que **para el año 2025, alrededor de 1.8 billones de personas experimentarán escasez de agua** y dos tercios de la población mundial algún grado de estrés hídrico (Lee *et al.*, 2016; Haque *et al.*, 2016). El hallazgo de que el crecimiento de la población tiene un efecto directo sobre la demanda de agua, promovió la discusión académica de temas relacionados con la sostenibilidad, y en los últimos 10 años fue necesario que la ciencia y la tecnología se involucraran en el diseño de sistemas urbanos que aseguren el bienestar humano y el uso sostenible de recursos naturales para el mantenimiento de los ciclos planetarios (Bashar *et al.*, 2018; Mihelcic *et al.*, 2007).

El agua es el elemento primario a partir del cual reconocemos los efectos del cambio climático (Petit-Boix *et al.*, 2018; ONU, 2018). La disponibilidad de agua global es incierta dado que el cambio climático ha afectado el agua almacenada en la atmósfera, debido al aumento en la evapotranspiración y porque los patrones de lluvia han cambiado con relación a su magnitud, frecuencia e intensidad (Haque *et al.*, 2016; Nijhof *et al.*, 2010; Petit-Boix *et al.*, 2018). Haque *et al.*, (2016) señalan que los impactos de escasez de agua debido al cambio climático ya afectan algunas partes del mundo, donde eventos meteorológicos extremos como la variabilidad estacional y la distribución geográfica de la lluvia se han tornado extremas. Otros eventos como **las inundaciones y la sequía también afectan negativamente la disponibilidad de agua** (Nijhof *et al.*, 2010). Los eventos de lluvia prolongados afectan la disponibilidad de agua a través de inundaciones porque destruyen puntos de suministro, dificultan las actividades de saneamiento de agua en las ciudades y contaminan otras fuentes de agua. De igual forma, los eventos de ausencia de lluvia afectan la disponibilidad a través de la sequía porque prolonga los períodos de escasez, lo que afecta negativamente la salud y a las actividades productivas (Haque *et al.*, 2016; Petit-Boix *et al.*, 2018).

La importancia de acceso y disponibilidad al recurso radica en la relación directa entre el agua y el desarrollo social en todos sus ámbitos (Lee *et al.*, 2016). La disponibilidad del agua, en calidad y cantidad suficiente, es importante para la salud, porque el agua se usa para consumo humano y uso sanitario, lo cual es importante para controlar enfermedades. Asimismo, el agua para uso productivo, construcción e irrigación a pequeña escala, se relaciona con prosperidad y desarrollo familiar (Mihelcic *et al.*, 2007). A pesar de esto, las metas de desarrollo sostenible que pretenden reducir la proporción de personas en situación de escasez o precariedad hídrica están lejos de ser viables (Matos-Silva *et al.*, 2015).

Con la innovación científica y tecnológica, **los SCALL aparecen como alternativas innovadoras para el suministro de agua, que atiende directamente la problemática y tiene un amplio potencial para ayudar en la disminución del gasto familiar** (Lee *et al.*, 2016; Karim *et al.*, 2015). El impacto positivo de los SCALL es más efectivo en zonas con niveles de precipitación suficientes, pero que experimentan problemas de acceso y disponibilidad limitada ante una demanda creciente del recurso (Karim *et al.*, 2015). Una solución fundamental para resolver el problema de escasez de agua en cualquier lugar del mundo, es construir una sociedad ahoradora de agua (Zheng *et al.*, 2010). Sin embargo, estrategias como los SCALL son soluciones

tecnológicas que asumen la adopción de un enfoque sostenible y de conservación del agua, y su implementación como tecnología alternativa y autónoma puede ayudar con los problemas de escasez de agua a nivel global (Lee *et al.*, 2016).

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los análisis prospectivos del potencial de almacenamiento de agua de lluvia, tienen considerable presencia en la literatura científica. Esta revisión se concentró en identificar ejercicios académicos que incluyeran variables climatológicas, hidrológicas y sociales relacionadas con los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL), manejo del recurso agua y uso doméstico de agua. Se hizo una revisión de estudios académicos (89 artículos en inglés) relacionados con los SCALL, que en la literatura anglosajona se conoce como *rainwater harvesting*. Cada publicación referida aquí, representa un ejercicio académico altamente especializado. Sin embargo, es importante señalar que **el ámbito social y económico de la problemática del agua no está casi representado en la literatura**, dado que no se encontraron trabajos académicos que integren parámetros climatológicos, hidrológicos y sociales.

A nivel mundial, nacional y local los estudios de captación de agua de lluvia identificados en esta revisión se enfocan en tres vertientes:

- (i) la evaluación de la infraestructura y el balance hídrico;
- (ii) el cálculo del potencial de almacenamiento y costo-beneficio;
- (iii) la evaluación del desempeño de los SCALL a nivel experimental.

La precipitación es la variable hidrológica donde convergen todos los estudios de SCALL, porque **el éxito de la implementación de los sistemas depende de la lluvia**. Los estudios de potencial de almacenamiento retoman la precipitación como un dato cuantitativo, generado a partir de registros históricos de precipitación en estaciones meteorológicas (García-Soler *et al.*, 2018). Sin embargo, la precipitación como una medida promedio que alimenta un modelo hidrológico, no representa la variabilidad espacial y temporal de la lluvia (Imteaz *et al.*, 2011; Dumit-Gómez y Texeira, 2017). Por ejemplo, Steffen *et al.* (2013) realizaron un análisis prospectivo del desempeño de SCALL instalados en residencias en 23 ciudades de Estados Unidos de América. Sus resultados muestran que el desempeño óptimo de los SCALL está determinado por dos factores principales: **la capacidad de almacenamiento y la distribución de la lluvia**. A pesar de incluir en su análisis los promedios anuales de precipitación, las variables climáticas más relacionadas con la capacidad de almacenamiento son la duración diaria de la lluvia y su distribución estacional.

La demanda de agua es una variable que afecta directamente el desempeño de los SCALL (Haque *et al.*, 2016). A pesar de esto, **pocos estudios retoman datos o variables asociadas a la demanda de agua, y mucho menos frecuentes son aquellos que comparan diferencias de demanda entre distritos o regiones**. Asumir promedios de demanda de agua afecta el desempeño de los SCALL porque el tamaño del tanque es seleccionado a partir de la necesidad de uso de los usuarios (Dumit-Gómez y Texeira, 2017; Haque *et al.*, 2016). Es importante considerar que un tanque muy grande puede representar una pérdida de inversión, y un tanque pequeño podría no cubrir la demanda de los usuarios y, por tanto, desperdiciar la posibilidad de captación de más agua (Haque *et al.*, 2016).

Las variables socio-económicas incluidas en la literatura se interpretan a través de análisis costo-beneficio, de esta forma se representa la inversión en SCALL, es decir, adecuados a las preferencias y posibilidades de acceso de los beneficiarios y, al mismo tiempo, el ahorro en el pago de suministro de agua. Matos-Silva *et al.*, (2015) estudiaron la viabilidad técnica de la implementación de SCALL en dos ciudades portuguesas, la evaluación incluyó factores biofísicos de precipitación y clima, además de variables económicas relacionadas con costo-beneficio. Sin embargo, sus resultados señalan que **la precipitación y el clima no marcan una diferencia importante sobre la viabilidad de instalación**. Sin embargo, **las tarifas de suministro de agua sí determinan la viabilidad económica** y, por lo tanto, la implementación de los SCALL.

Bakir y Xingman (2008) reconocen que las **diferencias espaciales y temporales de la precipitación permiten anticipar, manejar y modificar el diseño y desempeño del sistema de suministro de agua**. Sin embargo, un estudio climático sin la inclusión de la política de planeación urbana no funciona porque **el marco institucional de los SCALL es lo que determina el éxito de la inversión pública y la aceptación de los usuarios** (García-Soler *et al.*, 2018). Como se mencionó, a pesar de la necesidad de incluir variables sociales, los ejercicios académicos que lo hacen son muy limitados. Un ejemplo de esta situación es retomada por García-Soler *et al.* (2018), quienes realizaron una revisión de la literatura sobre los SCALL en el contexto urbano de Alemania desde 1980, y encontraron que la mayoría de los ejercicios académicos describen limitantes económicas (inversión, costo-beneficio) y de infraestructura (enfoque desde la ingeniería), mientras que otros factores determinantes como política pública, manejo del agua y desarrollo urbano no se consideran parámetros relevantes. Bitterman *et al.*, (2016) fue la única publicación encontrada donde se expone explícitamente la estrecha relación entre variables sociales y ecológicas asociadas al recurso agua, y donde se reconstruye el sistema socio-ecológico, identificando relaciones críticas y discutiendo implicaciones.

A nivel institucional, algunos factores que pueden ayudar a promover la implementación de los SCALL son aproximaciones metodológicas basadas en la participación de beneficiarios, ahorro económico, aumento del área para captación, tecnología flexible y disponibilidad de tanques a menor costo (Ariyabandu, 2003). Uno de los principales retos es atender las **interacciones institucionales** que los SCALL demandan, y esto requiere de una comunicación eficiente entre las organizaciones no gubernamentales, usuarios del recurso y políticas públicas (Nijhof *et al.*, 2010). Las políticas gubernamentales son un elemento decisivo sobre la adopción de prácticas sustentables, por lo que una forma de atraer visibilidad sobre los proyectos de SCALL es realizando análisis económicos que integren **el gasto familiar en agua, el gasto público sobre el subsidio del recurso y el gasto potencial de la implementación de la tecnología** (Dumit-Gómez y Texeira, 2017).

Las discusiones teóricas en la literatura internacional concuerdan que **mejorar la eficiencia energética y el manejo del agua en cualquier lugar del mundo, depende del nivel de compromiso de la sociedad política y civil**, de la información; de la educación ambiental; de incentivos financieros para la adopción de nuevas tecnologías; de códigos de construcción sustentable y de una postura firme de la política pública en planeación urbana (Campisano *et al.*, 2018; Ward *et al.*, 2009; Oswald-Spring, 2011). La población debería interesarse por **adoptar el concepto de sustentabilidad** para conservar los recursos hídricos, sobre todo, bajo el **escenario de escasez actual** que implica la disminución del recurso debido al aumento de la demanda, y por eventos asociados al cambio climático (Lee *et al.*, 2016). Sin importar cuáles sean las alternativas para enfrentar la escasez de agua, debe reconocerse que **cualquier solución sustentable para el**

**manejo del recurso necesita incorporar factores sociales, políticos, económicos e institucionales** (Zheng *et al.*, 2010).

## Sistemas de captación de agua de lluvia en el contexto urbano global

Las ciudades son el escenario del crecimiento poblacional mundial, y existe una población significativa con servicios de agua y sanitarios inadecuados o inexistentes (ONU, 2018). El suministro de agua moderno como lo conocemos, depende de la coordinación entre la oferta y la demanda del recurso, con una calidad adecuada y en un tiempo específico (Musayev *et al.*, 2018; Bakir y Xingman, 2008). Debido a esto, las ciudades enfrentan el reto constante de desarrollar un sistema sustentable de suministro de agua que integre estrategias de eficiencia económica, energética y productiva (Petit-Boix *et al.*, 2018).

El suministro de agua a las ciudades por sistemas centralizados, requiere de una gran cantidad de recursos de energía e infraestructura (Haque *et al.*, 2016). Los sistemas de suministro centralizados son y permanecerán como la tecnología predominante, principalmente para la población con acceso preferencial al recurso agua (Ward *et al.*, 2009). Debido a esto, **la cosecha de agua a través de SCALL se ha visualizado como una solución sustentable** por el ahorro energético y monetario que representa disminuir o eliminar el transporte de agua (Mihelcic *et al.*, 2007). Son **tecnologías viables para el suministro de agua en la ciudad**, y asisten, principalmente, en situaciones de emergencia donde no hay otras fuentes de suministro de agua, ya que los cuerpos de agua superficiales han perdido su potencial de uso por desecación y contaminación, o los pozos y agua subterránea se han contaminado (Karim *et al.*, 2015).

Los SCALL han surgido como **una respuesta para aumentar la resiliencia de las sociedades humanas frente a los problemas de acceso al agua** (Lee *et al.*, 2016). Sin importar que la implementación de los SCALL sea en zonas urbanas o rurales, siempre **aportan al bienestar social** porque contribuyen con la disminución de la precariedad hídrica en poblaciones con acceso limitado o nulo (Lee *et al.*, 2016). Asimismo, modifican directa y simultáneamente la condición de dos problemas: la escasez de agua y la dependencia de los beneficiarios al suministro doméstico centralizado (Mohammed *et al.*, 2006; Karim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2016). A pesar de reconocerse que el manejo sustentable del agua en las ciudades es catalizador del desarrollo social, los temas académicos relacionados con el uso energético urbano son poco abordados, y los del manejo sustentable del agua son notables por su ausencia (Ward *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2016).

Ward *et al.* (2009) abordan un ejemplo en Reino Unido donde las nuevas políticas de construcción sustentable no son firmes en cuánto a la implementación de fuentes energéticas alternativas, y las medidas son recomendaciones, más no mandatos, por lo que **las reglas de planeación urbana se limitan a promover y recomendar tecnologías alternativas**, en lugar de dirigir recomendaciones obligatorias. En el escenario institucional donde desarrollaron la investigación, encontraron que **la principal barrera para implementar los SCALL en zonas urbanas es lo que se conoce cómo déficit de implementación**, problema que se refiere a la brecha institucional que existe entre las metas y las acciones de planeación urbana, porque no son realistas y están fragmentadas.

De acuerdo con Nijhof *et al.* (2010) el factor común del éxito de los SCALL en varios países alrededor del mundo, se fundamenta en **la necesidad y la demanda basada en el trabajo co-**

**munitario** con los futuros beneficiarios. Musayev *et al.* (2018) realizaron un estudio del potencial de implementación de los SCALL para suministro doméstico por región climática a nivel global, y sus resultados muestran que **los SCALL aumentan la disponibilidad de agua** para uso y consumo humano, pero el reflejo del bienestar se visualiza en **el aumento de la seguridad hídrica** de las familias. Resultados similares se han encontrado desde la perspectiva de los beneficiarios: Ariyananda (2007) reconoció la perspectiva de las familias que adoptaron los SCALL, y encontró que **las familias invierten menos tiempo para colectar agua, gastan menos en la compra de pipas o botellas** y tienen mayor disponibilidad de agua para uso doméstico, lo que ocurre desde el primer momento de la instalación, debido a la presencia de agua limpia para consumir.

Existen numerosos ejemplos de la implementación de los SCALL alrededor del mundo, países como Estados Unidos, Alemania, España, Australia, Singapur, Francia y Japón, cuentan con legislación relacionada con la cosecha de agua de lluvia a diferentes niveles gubernamentales (Dumit-Gómez y Texeira 2017). En estos países considerados desarrollados, **los SCALL se utilizan principalmente para complementar algún sistema centralizado de suministro de agua, y los principales destinos de uso del recurso son para descarga de inodoros e irrigación de jardines**. Un escenario contrastante ocurre en países considerados en desarrollo, como Bangladesh, China, India y Kenia, donde los SCALL comúnmente son **la única infraestructura de suministro del recurso**, y el destino de uso del agua es para **uso potable, incluyendo el consumo humano** (Haque *et al.*, 2016).

Una revisión global por Campisano *et al.* (2018) resume estudios y aspectos importantes de los SCALL organizados a nivel continental. Señalan que en ciudades de países asiáticos, el éxito de los SCALL se debe principalmente al **bajo costo de implementación** y mantenimiento, además de la **flexibilidad del diseño** a las necesidades familiares. De esta forma, el almacenamiento es eficiente y el agua almacenada se utiliza principalmente durante temporadas secas. En el caso particular de China, se calculan más de 5.5 millones de tanques de almacenamiento construidos en zonas urbanas y rurales por iniciativas institucionales del gobierno a partir de 2001, en este caso, **los SCALL complementan el suministro centralizado** de agua, y el destino de **uso principal es el consumo humano e irrigación** (Gould *et al.*, 2014). En Europa, Alemania se ha mostrado como **referencia del uso de agua de lluvia**, esto es consecuencia de la **legislación pública que incluye inversión y subsidios en tecnologías descentralizadas, legislación regulatoria de extracción de agua y la separación de cargos por drenaje y para uso y consumo humano** (Partzsh, 2009; Dumit-Gómez y Texeira, 2017).

En el continente americano, el uso de los SCALL es conocido, pero menos popular, y su aceptación varía dependiendo del país o, incluso, de la región de estudio (Campisano *et al.*, 2018). En Norteamérica, en el estado de Texas es donde hay más usuarios que adoptan la tecnología para **enfrentar problemas de escasez**, esto es resultado de **subsidios públicos estatales para promover la adopción de los SCALL** (Steffen *et al.*, 2013). En Sudamérica, Brasil es reconocido por **esfuerzos académicos importantes** (Dumit-Gómez y Texeira, 2017; Ghisi y Ferreira, 2007; Ghisi *et al.*, 2006) que han concentrado sus esfuerzos en **evaluar factores ambientales relacionados con clima, precipitación e infraestructura adecuada a los diferentes espacios naturales del país**. Desde el ámbito institucional, uno de los esfuerzos más reconocidos es el programa “un millón de cisternas”, lanzado en 2001 con el objetivo de suministrar agua a **dos millones de personas**; sin embargo, el programa está limitado a zonas rurales.

## Aspectos teóricos y metodológicos relacionados con SCALL

El interés de estudiar la transición sustentable del manejo del agua es relativamente reciente, y en general, la comunidad académica que investiga temas de agua **no ha mostrado un desarrollo teórico que incorpore la teoría de transiciones energéticas al tema de los SCALL** (Wolfram y Frantzeskaki, 2016; García-Soler *et al.*, 2018). Los análisis prospectivos del potencial de almacenamiento de agua de lluvia por SCALL, deberían aportar información concreta a las autoridades responsables del suministro de agua potable en las ciudades (Petit-Boix *et al.*, 2018). Sin embargo, la mayoría de los esfuerzos académicos se han concentrado en comprender dinámicas hidrológicas con un enfoque altamente especializado.

Investigaciones recientes (García-Soler *et al.*, 2018; Matos-Silva *et al.*, 2015) señalan que **los SCALL visualizan a la ciudad como el sitio donde las innovaciones ocurren**; sin embargo, la ciudad es un espacio geográfico que forma parte del proceso de cambio y, por lo tanto, debe considerarse parte de la transición tecnológica. El lugar y la escala de estudio son importantes porque la forma de manejo de un recurso, en este caso el agua, es específico al sitio y de esto dependerá el diseño e implementación de infraestructura urbana para su manejo (García-Soler *et al.*, 2018). Por ejemplo, los niveles de precipitación varían significativamente entre localidades, regiones y países (Imteaz *et al.*, 2011; Dumit-Gómez y Texeira, 2017). Dado que la precipitación es la variable de mayor importancia para el éxito de los SCALL, **reconocer su variabilidad es indispensable**. Steffen *et al.* (2013) realizaron un análisis prospectivo del desempeño de los SCALL residenciales en 23 ciudades de Estados Unidos, y sus resultados muestran que el **desempeño de los SCALL** está determinado por dos factores principales: **la capacidad de almacenamiento y los patrones climáticos relacionados con la duración y la distribución de la lluvia**.

En los paisajes urbanos, la dimensión social y la configuración espacial urbana tiene un rol crítico sobre el consumo de agua, lo que resulta en variaciones espaciales del desempeño económico y ambiental de los SCALL (Petit-Boix *et al.*, 2018). Palla *et al.* (2012) estudiaron el desempeño de los SCALL a lo largo de cinco regiones climáticas en Europa, y encontraron que todos **los factores hidrológicos afectan de alguna forma el desempeño del sistema**; sin embargo, las sequías o períodos más secos afectan más negativamente el desempeño que la intensidad o precipitaciones prolongadas. Debido a esto, uno de los **principales retos metodológicos es la inclusión de un enfoque geográfico** que visualice diferencias espaciales de procesos hidrológicos (García-Soler *et al.*, 2018).

El uso de sistemas de información geográfica (**SIG**) **ha mostrado ser útil en la investigación del manejo del agua y SCALL** porque permiten tener acceso a información espacial y temporal en escalas diversas (Musayev *et al.*, 2018; Bakir y Xingnan, 2008). Por ejemplo, Mbilinyi *et al.* (2007) determinaron sitios potenciales para la instalación de SCALL a nivel regional a través de SIG y percepción remota, y sus conclusiones señalan que **el uso de estas herramientas permitió evaluar el potencial de implementación** a escalas de trabajo más amplias y, por lo tanto, disminuir costos de inversión para la identificación de sitios potenciales. En otro ejemplo, Cheng y Liao (2009) utilizaron los **SIG para llenar vacíos de información de registros de precipitación**, ya que esto es un problema común en estudios hidrológicos donde el acceso o disponibilidad de datos de estaciones meteorológicas es limitado o poco fiable. A partir de los registros que tenían y de herramientas de análisis espacial, lograron reconstruir la distribución espacial diferencial del promedio de precipitación anual para toda la ciudad de Taiwán.

La configuración variable de la ciudad debe considerarse en el diseño de la implementación de los SCALL no sólo a nivel de terreno (Haque *et al.*, 2016), y **la demanda de agua es otro de los parámetros que afectan directamente el desempeño de los SCALL**. El porcentaje de **demandas cubiertas** por los SCALL depende del destino de uso del agua, capacidad de almacenamiento y área de captación (Dumit-Gómez y Texeira, 2017), factores que también son dinámicos y no atienden a una caracterización general de la ciudad, donde sólo se deben considerar los patrones climáticos. El **potencial de almacenamiento** depende de la demanda de agua porque **el tamaño del tanque es seleccionado a partir de la necesidad de uso de los usuarios** (Haque *et al.*, 2016).

García-Soler *et al.* (2018) realizaron una revisión de la literatura sobre los SCALL en el contexto urbano de Alemania, y encontraron que la mayoría de los ejercicios académicos realizados en Berlín a partir de 1980 describen **limitantes económicas y de infraestructura, mientras que factores determinantes como procesos hidrológicos, política pública, manejo del agua y desarrollo urbano no se consideran relevantes sobre el manejo del recurso, ni sobre la viabilidad de implementación de los SCALL**. Bakir y Xingman (2008) reconocen que identificar diferencias espaciales y temporales de los procesos ambientales como precipitación y uso del suelo, permite anticipar, manejar y modificar la conducta del sistema de suministro. Sin embargo, la inclusión de la política de planeación urbana y el reconocimiento del marco institucional donde se desarrollarán los SCALL, es lo que determina el éxito de la inversión y aceptación de los usuarios (García-Soler *et al.* 2018). La suma de estos elementos podría ayudar al mantenimiento de modos de vida modernos más sustentables, prevenir escasez y evidenciar desigualdad de acceso al recurso agua.

Además de las condiciones biofísicas del territorio, **los factores socio-económicos deben considerarse para seleccionar el SCALL** adecuado a las preferencias y posibilidades de acceso de los beneficiarios. Estudios desde las Ciencias Sociales señalan que **los factores institucionales limitan en mayor medida la implementación de SCALL** en las ciudades (García-Soler *et al.*, 2018). Matos-Silva *et al.* (2015) estudiaron la viabilidad técnica de la implementación de SCALL en dos ciudades portuguesas, la evaluación incluyó **factores biofísicos de precipitación y clima**, además de variables económicas relacionadas con costo-beneficio. Sus resultados señalan que **la precipitación y el clima no marcan una diferencia importante sobre la capacidad de almacenamiento** y viabilidad de instalación. Sin embargo, **las tarifas de suministro de agua si determinan la viabilidad económica y, por lo tanto, la adopción de la tecnología** por distintos sectores de usuarios. Ghisi *et al.* (2006) estudiaron el potencial de ahorro de agua potable en 62 ciudades del sureste de Brasil, y encontraron que **la demanda del recurso modula el potencial de ahorro en agua, entre más agua se demanda menos se ahorra**. De modo que la información climática y económica de los SCALL debió complementarse con programas gubernamentales de educación ambiental sobre el uso sustentable de agua.

A nivel institucional, Ariyabandu (2003) señala que algunos factores que pueden ayudar a promover la implementación de los SCALL son **aproximaciones metodológicas basadas en la participación de beneficiarios, ahorro económico, disminución del área para captación, tecnología flexible y mayor disponibilidad de tanques a menor costo**. Uno de los retos principales es atender las interacciones institucionales que los SCALL demandan, lo que requiere de

comunicación eficiente entre las organizaciones no gubernamentales, usuarios del recurso y las políticas públicas (Nijhof *et al.*, 2010). Las políticas gubernamentales son un elemento decisivo sobre la adopción de prácticas sustentables, y una forma de atraer visibilidad sobre los proyectos de SCALL son los análisis económicos que **integren el gasto familiar en agua, el gasto público sobre el subsidio del recurso y el gasto potencial de la implementación de la tecnología** (Dumit-Gómez y Texeira, 2017).

## Sistemas de captación de agua de lluvia en la Ciudad de México

La Ciudad de México (CDMX) es la ciudad más grande de Latinoamérica, la población en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se ha triplicado durante los últimos 40 años y el crecimiento urbano continúa (Starkl *et al.*, 2013). Originalmente, la ZMVM estaba compuesta por lagos, pero debido a cambios institucionales, crecimiento de la población y políticas modernas de desarrollo, se optó por desecarlos y deforestar (Oswald-Spring, 2011; Zambrano *et al.*, 2017). Esta zona es el centro económico del país y alberga al 20% de la población total (Oswald-Spring, 2011; Zambrano *et al.*, 2017). La mayoría de los nuevos habitantes que migraron a la CDMX se establecieron en zonas donde el suministro de agua es insuficiente o inexistente, y además son zonas de inundación e infiltración (Zambrano *et al.*, 2017; Eakin *et al.*, 2016; Oswald-Spring, 2011).

Los ejercicios académicos relacionados con los SCALL y el interés institucional por su implementación en México son muy limitados (Dumit-Gómez y Texeira, 2017; García-Montoya *et al.*, 2015). Los trabajos académicos más relevantes son los de Chelleri *et al.* (2015) y Oswald-Spring (2011). El primero es un ejercicio metodológico que estudia la centralización del suministro de agua e implementación de los SCALL en un sector específico de la ciudad, y el segundo, aborda la problemática social y política relacionada con los problemas del manejo sustentable del agua en la ZMVM. Chelleri *et al.* (2015) evaluaron la **viabilidad técnica de aumentar la resiliencia urbana** en un barrio del Valle de Chalco en la CDMX, y resumen la historia ambiental del sitio, crecimiento poblacional y problemas de acceso al agua. Proponen **los SCALL como una posibilidad de asistir socialmente sobre el problema de acceso al agua** y calculan el promedio de precipitación, la superficie de escorrentía, el potencial de cosecha, la demanda de agua y la cobertura de demanda. Dichos autores concluyen que la principal limitante para la implementación de los SCALL es el **poco valor dado por la política pública local**; sin embargo, consideran que la construcción de la resiliencia urbana a partir de tecnologías descentralizadas y sustentables aumentará el empoderamiento de la población.

En el estudio teórico de Oswald-Spring (2011) se aborda la **problemática del agua** a partir de un análisis institucional y señala que **el escenario político es el factor de mayor complejidad en el manejo en la CDMX**. Dicho escenario político se gobierna a través de las siguientes instituciones: la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), es la institución gubernamental responsable del manejo y suministro de agua en el país; el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SAC-MEX), maneja las fuentes de agua, la infraestructura, suministra el agua a millones de personas en la CDMX y es responsable del drenaje de la ciudad; el gobierno del Estado de México permite la extracción de agua del sistema Lerma-Cutzamala; y el gobierno del estado de Hidalgo permite la instalación de infraestructura para el transporte de agua a cambio de agua para irrigación (Eakin *et al.*, 2016; Zambrano *et al.*, 2017; Oswald-Spring, 2011). Todos estos acuerdos reflejan

situaciones políticas que se agravan, y más si se considera que el gobierno federal, el gobierno de la CDMX y el gobierno del estado de Hidalgo están representados por diferentes partidos políticos (Oswald-Spring, 2011).

De acuerdo con Campisano *et al.* (2018), el único esfuerzo reconocido para la implementación de SCALL en México es la iniciativa privada **Isla Urbana** con sede en la CDMX, la cual ha habilitado la cosecha de **170 ML de agua de lluvia** a partir de superficies de escorrentía, lo que ha **ayudado a la población a enfrentar escasez de agua y problemas asociados con la compra irregular de agua de pipas**.

La política pública relacionada con el manejo del agua en México no puede continuar atendiendo consecuencias de decisiones pasadas, sino concentrarse en **acoplar las decisiones institucionales con la dinámica biofísica del sistema** (Tellman *et al.*, 2018; Zambrano *et al.*, 2017).

## PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

A partir de la revisión de literatura realizada, se encontraron antecedentes de estudios del manejo de agua en el mundo y, particularmente, en la CDMX, pero ningún estudio revisado propone un enfoque de análisis basado en datos territoriales o espaciales, que abarque toda el área de la CDMX, considerando todos los sectores de la ciudad, incluidos el suelo urbano y el suelo de conservación, por ejemplo. La mayoría de los estudios sobre el desempeño y beneficios de los SCALL y de los modelos de balance hídrico son alimentados con datos climáticos y representados en unidades de volumen, tiempo y energía. El enfoque urbano es retomado sólo como un sitio de estudio que lleva asociado la variabilidad ambiental a nivel del terreno, de modo que se evalúan niveles de precipitación, distribución diaria de lluvia, tipo de clima o promedios de precipitación. Asimismo, no se encontraron antecedentes de esfuerzos institucionales públicos para realizar estudios relacionados con la implementación de los SCALL para estimar la posibilidad de utilizarlos como política pública que contribuya a resolver el problema de escasez de agua que actualmente buena parte de la población de la CDMX.

Como se mencionó en la revisión de literatura, no se encontraron ejercicios académicos o antecedentes que correspondan a un enfoque conceptual y metodológico similar al que desarrolló en esta investigación. Por lo tanto, este estudio es una propuesta única a nivel metodológico y analítico porque discute el potencial de implementación de los SCALL, visualizados como un conjunto de prácticas que tienden a construir un manejo sustentable del agua a través de tecnología descentralizada. Su principal fortaleza es la escala y variabilidad espacial de los parámetros climatológicos, hidrológicos y sociales integrados, considerando los niveles de desarrollo social y visualizando los efectos de los SCALL sobre la disminución de la precariedad hídrica, en una escala de trabajo que incluye toda la variabilidad ambiental y social de la CDMX. Las variables asociadas a la precariedad hídrica retomadas aquí, y su integración a nivel espacial, hacen del presente ejercicio metodológico un trabajo que puede sentar las bases para futuros estudios relacionados con la captación de agua de lluvia.

Debido a que el presente estudio se realizó considerando la actual tecnología con la que cuenta la asociación *Isla Urbana*, es necesario mencionar que tiene algunas limitaciones. Estas limitaciones se deben a que las estimaciones de captación de agua de lluvia de la ciudad se realizaron

considerando que los SCALL pueden utilizar cisternas con un limitado volumen de almacenamiento (máximo 10,000L); sin embargo, esto no quiere decir que no existan viviendas que tienen mayor capacidad de almacenamiento de agua de lluvia. De igual manera, el trabajo está centrado en el potencial de captación de agua de lluvia en viviendas que cuentan con una alta precariedad hídrica, aunque es posible hacer estudios posteriores en viviendas que no se encuentran con esta carencia. Así, este estudio se enfoca en el trabajo de *Isla Urbana* ya que es la iniciativa que se considera como el único esfuerzo reconocido para la implementación de SCALL en México.

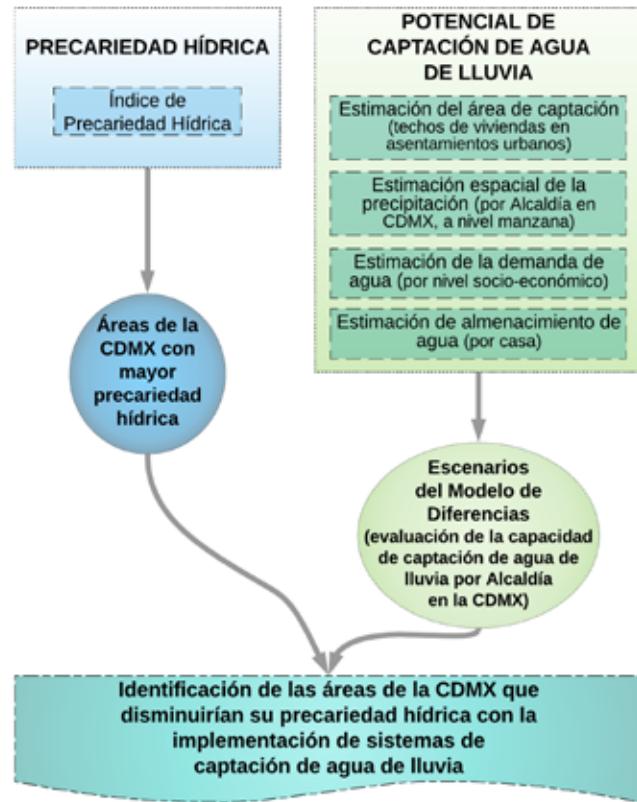
## Objetivo

El objetivo general de esta investigación fue determinar la viabilidad de la instalación de tecnologías de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en la Ciudad de México, para satisfacer la demanda de agua en zonas con alta precariedad hídrica y con población vulnerable. Para lograr el objetivo, se realizaron una serie de estimaciones a nivel de manzana relacionadas con el área de techo viable para la captación, así como la precipitación, el consumo y la capacidad de almacenamiento de agua. Con ello se calculó el potencial de captación de agua de lluvia para la Ciudad de México, considerando la actual tecnología con la que cuenta la asociación *Isla Urbana*.

## Estructura general

Este reporte está estructurado de la siguiente manera: en el Capítulo I. Precariedad Hídrica se explica cómo se construyó un Índice de Precariedad Hídrica (IPH) que permite identificar las áreas actuales de la CDMX con mayores niveles de precariedad hídrica, al analizar la escasez de agua en la ciudad y la vulnerabilidad social que representa; en el Capítulo II. Insumos para determinar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia, se describe cómo se realizaron estimaciones del área de techos, de la precipitación a nivel de manzana y de la demanda de agua para obtener insumos que permitieron ejecutar un Modelo de Diferencias que, a su vez, permitiera estimar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia (particularmente en las alcaldías y colonias con mayor Precariedad Hídrica); en el Capítulo III. Aspectos sobre el consumo de agua en la CDMX, se explica el análisis para conocer aspectos relacionados con el consumo, abasto y almacenamiento de agua, con el fin de identificar el impacto social que tiene tanto la escasez del recurso, como loaría la implementación de los SCALL; finalmente, en el Capítulo IV. Escenarios para estimar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia se describe el análisis que permitió estimar el potencial de captación de agua de lluvia para la CDMX, así como el número de SCALL que contribuirían a solucionar los problemas de escasez de agua en las zonas con mayor vulnerabilidad. La **figura 1** ilustra la estructura general de la investigación.

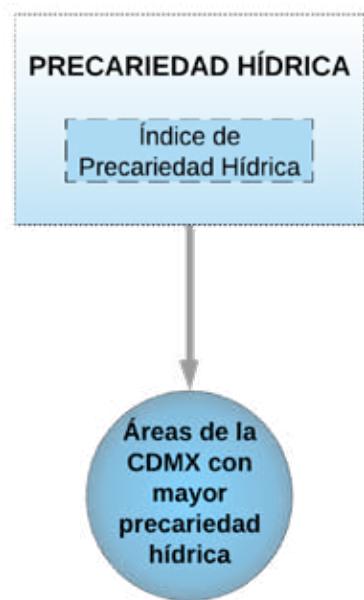
**Figura 1. Estructura general de la investigación**



# 1. PRECARIEDAD HÍDRICA

Para analizar la escasez de agua en la CDMX y la vulnerabilidad social que representa, se construyó un Índice de Precariedad Hídrica (IPH), que permite identificar las áreas actuales de la ciudad con mayores niveles de precariedad hídrica. En este capítulo se describen los pasos para construir dicho índice (**figura 2**), así como la metodología que se utilizó en cada uno de ellos.

**Figura 2.** Componentes del capítulo Precariedad Hídrica



## Índice de Precariedad Hídrica

El Índice de Precariedad Hídrica (IPH) fue construido a partir de siete variables que representan los diferentes grados de vulnerabilidad hídrica y social de cada manzana en toda la Ciudad de México (CDMX) (**figura 3**).

**Figura 3.** Variables que componen el Índice de Precariedad Hídrica

- 1. Viviendas sin agua
- 2. Tandeo de Agua
- 3. Desarrollo
- 4. Escolaridad
- 5. Marginación
- 6. Ocupantes por cuarto
- 7. Asentamientos irregulares

## Metodología

El índice se construyó a partir de siete variables que se identificaron para analizar la escasez de agua y la vulnerabilidad social que representa: 1) Porcentaje de viviendas sin agua entubada (PORC\_VIV\_HAB); 2) Tandeo de agua (TANDEO); 3) Índice o grado de desarrollo (IND\_DES); 4) Grado promedio de escolaridad (GRADO\_ESC); 5) Índice o grado de marginación (IND\_MARG); 6) Promedio de ocupantes por cuarto de la vivienda (OCUP\_CRTO), y 7) Asentamientos irregulares (ASENT\_IRREG). Para la creación del IPH se recolectaron datos socioeconómicos disponibles de carácter público a través de solicitudes de información y el desarrollo de vínculos institucionales específicos de SACMEX y la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). Asimismo, se recolectó información de diferentes instituciones del gobierno local. Con estos datos se midió la situación actual de abasto (formal/informal) en la CDMX (**ver tabla 1**).

Tabla 1. Descripción de las variables utilizadas para el Índice de Precariedad Hídrica				
Variable	Clave	Descripción	Criterio	Fuente
Porcentaje de Viviendas sin Agua Entubada	PORC_SIN_AGUA	Proporción de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada y se abastecen del suministro de agua público, del agua de otras viviendas, agua de pipa, pozo; río; arroyo u otro medio. Se calcula con el total de viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda o terreno, divididas entre el total de las viviendas particulares multiplicado por 100.	Utilizada para encontrar manzanas con altos índices de viviendas sin agua entubada. Valor normal.	Censo Poblacional Y de Vivienda, (INEGI) 2010.
Tandeo de Agua	TANDEO	Es una práctica político-administrativa informal definida por el manejo de cortes al servicio en distintos horarios, a través del cierre de válvulas de la red de agua entubada en diversas zonas de la ciudad.	Define las manzanas con tandeo de agua. Valor binario.	Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México 2016.
Índice o grado de Desarrollo	IND_DES	El índice de desarrollo social se calcula a partir de un indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI) para cada hogar según las variables disponibles en las bases de micro datos del Conteo de Población y Vivienda 2005; por vivienda, persona y hogar. Esta fuente es más reciente, aunque no captura el ingreso.	Utilizada por su relevancia en definir los precios de cobro de agua e identificar zonas con bajos niveles de desarrollo. Valor normal.	Sistema de Información de Desarrollo Social (SIDESO) 2010.
Grado Promedio de Escolaridad	GRADO_ESC	Es el número de años que en promedio aprobaron las personas de 15 años en adelante en el Sistema Educativo Nacional. Se calcula al sumar los años aprobados desde 1º de primaria hasta el último grado alcanzado por las personas mayores de 15 años, entre el total de la población mayor a 15 años.	Utilizada por su influencia en los grados de marginación y desarrollo. Además, es una variable que se puede explicar en gran parte los niveles de ingreso. Valor promedio en años.	Censo de Población y Vivienda, INEGI 2010.
Clave Geoestadística	CVEGEO	Clave única de identificación del municipio. Los primeros 2 números corresponden a la entidad federativa y los últimos 3 al municipio.	Utilizada para poder georreferenciar los datos.	Censo de Población y Vivienda, INEGI 2010.

Índice o grado de Marginación	IND_MARG	El índice de marginación son medidas de resumen que permiten diferenciar entidades y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.	Utilizada para encontrar zonas con altos grados de marginación. Valor categórico.	Consejo Nacional de Población (CONAPO) en el Censo Pob. Y Viv. INEGI 2010.
Ocupantes por cuarto	OCUP_CRTD	Número de ocupantes por vivienda, que permitió determinar hacinamiento.	Utilizada para estimar hacinamiento. Valor numérico	Censo de Población y Vivienda, INEGI 2010.
Asentamientos Irregulares	ASENT_IRREG	Ubicación de colonias en asentamientos humanos irregulares.	Utilizada para determinar zonas que en su mayoría reciben pipas de agua y no están conectados a la red (ya que más de un 25% de ellas no están contados en el censo).	SEDEMA (2016).

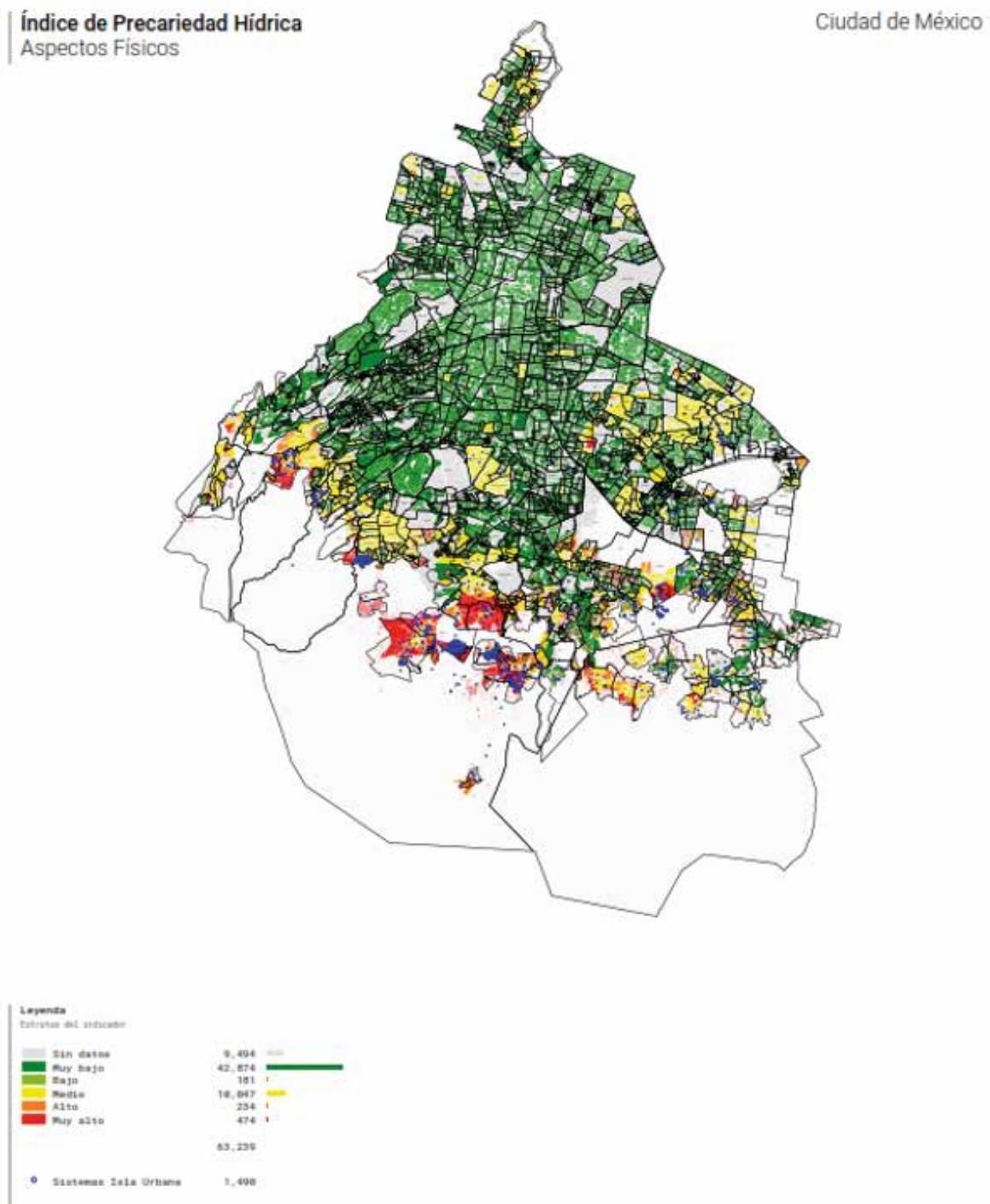
La base de datos para el IPH fue calculada para las 63,239 manzanas de las 16 alcaldías de la CDMX, encontradas en el *Censo de Población y Vivienda del 2010* del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Estos datos derivados incluyen porcentajes, valores de densidad y valores binarios. Se uniformaron los datos y variables en una misma escala (manzana) y en una sola base de datos, para luego georreferenciarlos. Por lo tanto, los datos provenientes de otras fuentes fueron procesados y unidos con la librería de *Pandas* en un IDE del software de programación *Python*, y esta unión de información fue verificada y georreferenciada. El resultado del indicador son valores normalizados (entre 0.00 y 1.00) para las manzanas con datos relevantes. Es decir, se excluyeron las manzanas con números negativos en las variables seleccionadas. Estas manzanas, típicamente representan lugares sin población o viviendas como polígonos industriales, parques, u otro tipo de equipamiento.

La precariedad hídrica se compone de aspectos físicos y de aspectos sociales. En el **mapa 1** y el **mapa 2** se observan las diferencias según el tipo de aspecto que se destaca. Los aspectos físicos se refieren a tener acceso restringido al agua por no tener conexión a la red o por estar en un sistema de tandeo. Los aspectos sociales miden el factor de estar en una situación de precariedad social, es decir, estar en una zona con bajo nivel de desarrollo, de escolaridad; con altos niveles de marginación; de hacinamiento, o en un asentamiento informal, lo que hace difícil solucionar la situación de escasez de agua. La población bajo esta condición no puede resolver fácilmente su situación comprando agua por su condición económica, también por su ubicación geográfica es difícil exigir y recibir una solución rápida para asegurar el acceso al agua. Por otro lado, la población que vive en un lugar donde hay tandeo o problemas con el agua, pero no está en una condición de precariedad social, puede adaptarse a su situación comprando agua o construyendo una cisterna más grande.

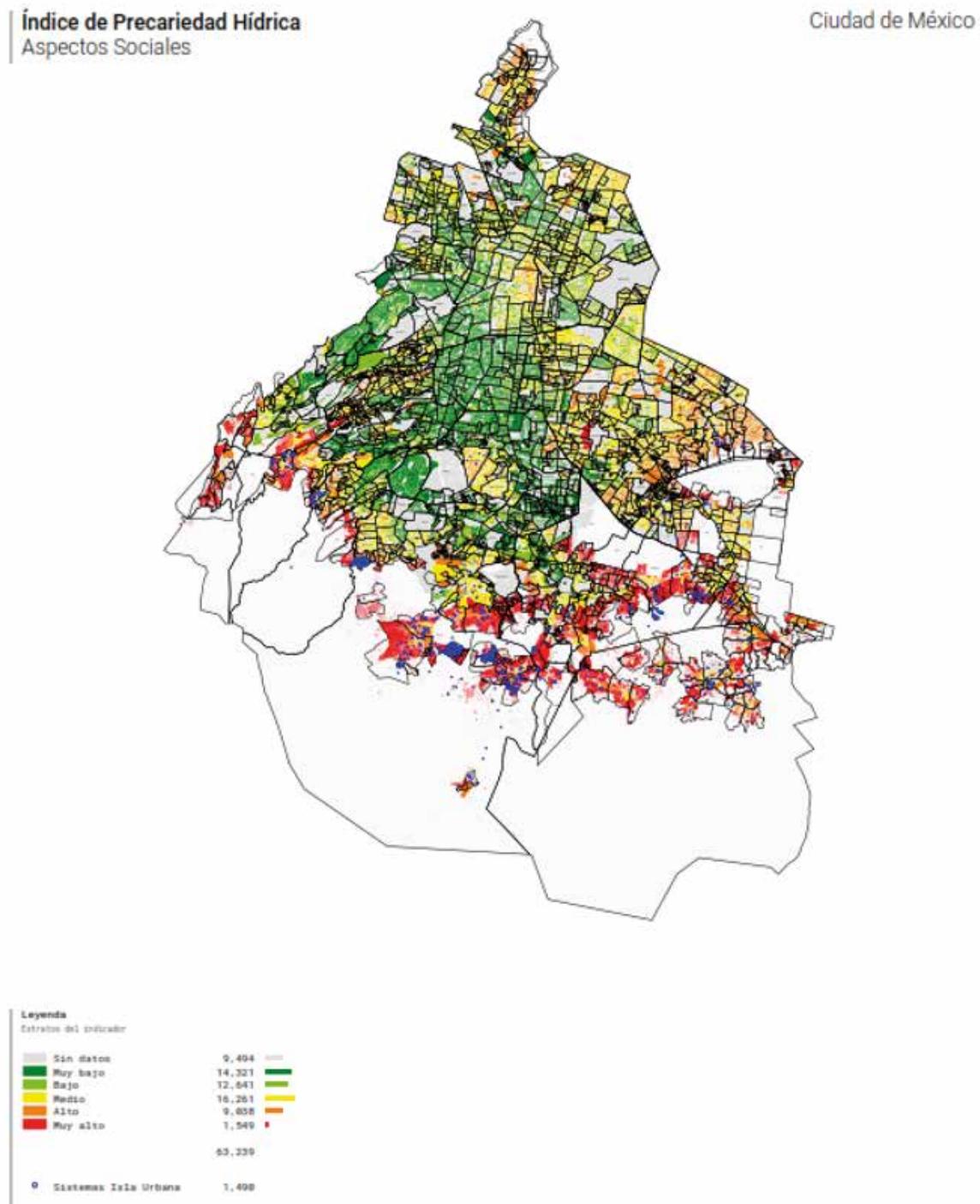
Los variables consideradas en cada aspecto son:

- Aspectos físicos: Viviendas sin agua y manzanas con tandeo (manzanas amarillas tienen una u otra; las rojas tienen ambas).
- Aspectos sociales: Desarrollo, marginación, educación, hacinamiento y asentamientos irregulares.

**Mapa 1. Aspectos físicos del IPH**

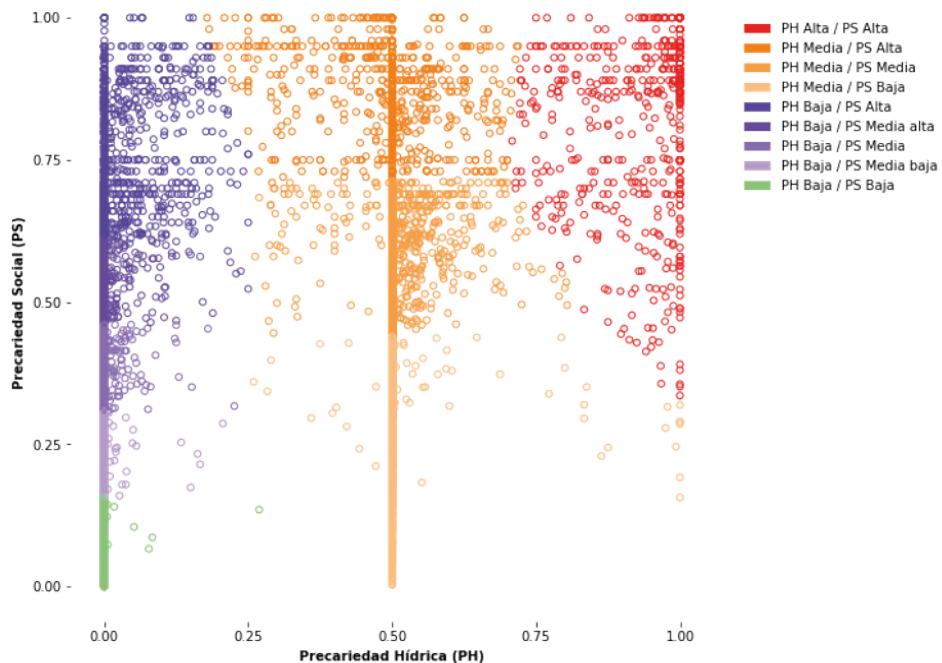


**Mapa 2. Aspectos sociales del IPH**



Para poder diferenciar entre zonas de la ciudad con aspectos sociales (llamados de ahora en adelante como Precariedad Social - PS) y aspectos físicos (llamados de ahora en adelante como Precariedad Hídrica - PH) se realizó un análisis en el que se encontraron 9 agrupaciones naturales que representan diferentes combinaciones de PS y PH, llamadas “Tipologías de Precariedad Hídrica”. Los clusters y la distribución de los datos se muestran en la figura 4 y se describen en la siguiente sección de Resultados.

**Figura 4.** Gráfico de datos de Precariedad Hídrica y Precariedad Social para la definición de las Tipologías de Precariedad en la CDMX



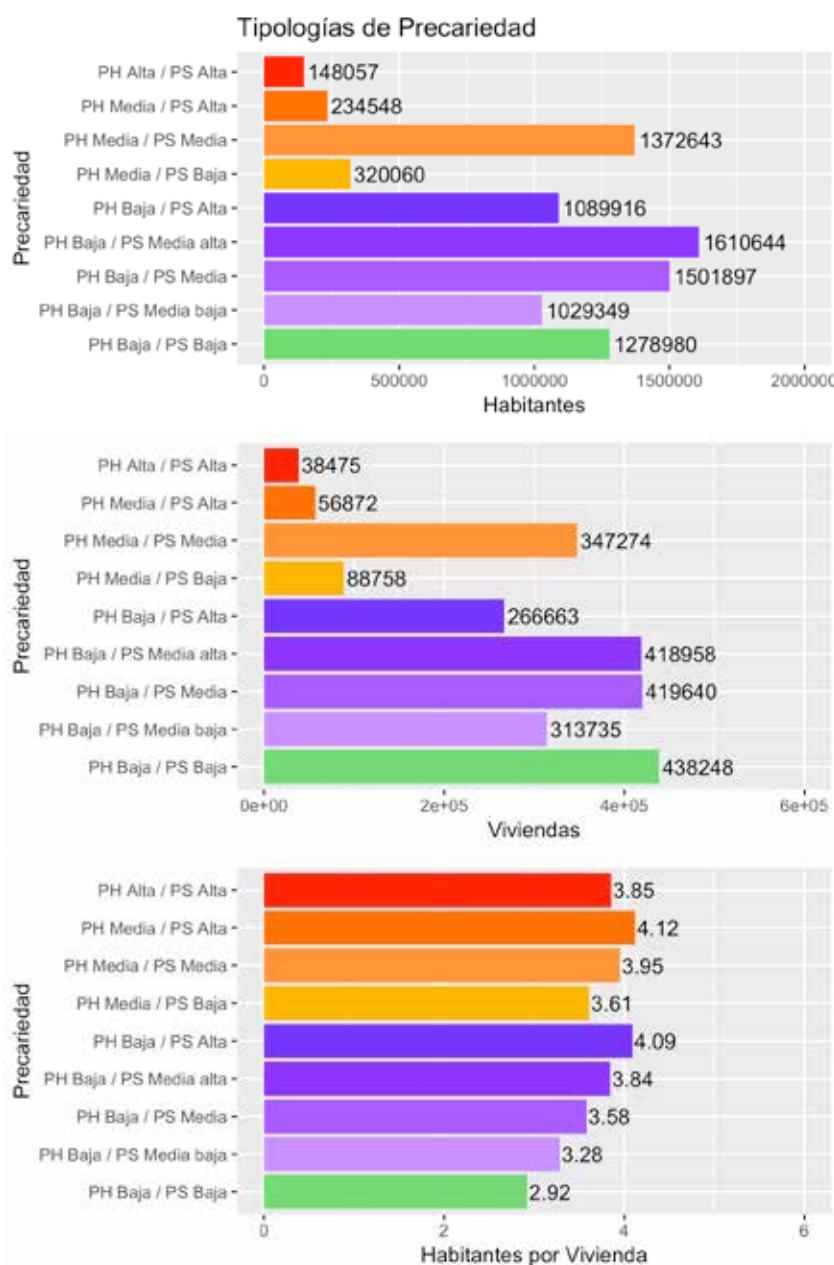
## Resultados

En la Ciudad de México hay aproximadamente 150,000 personas en condición de alta precariedad hídrica y alta precariedad social. A continuación, se presenta el número de viviendas y de habitantes catalogados en las tipologías más relevantes (**figura 5, mapa 3**):

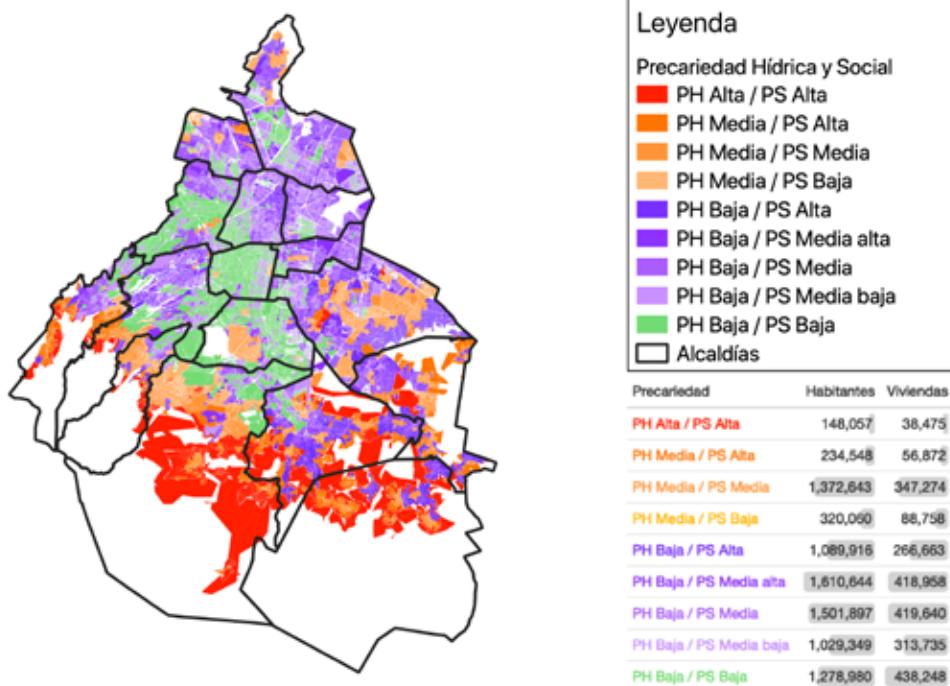
- PH baja / PS baja, con un total de 438,7248 viviendas y 1,278,980 habitantes. En esta tipología se encuentran los hogares con menos de 3 personas y cuentan con todos los servicios. Todos tienen conexión a la red y no tienen abastecimiento de agua por tandeo. Sus habitantes tienen un alto nivel de educación y desarrollo. No hay asentamientos irregulares. Incluye colonias como: Polanco, Lomas de Chapultepec, Jardines del Pedregal, Del Valle, Del Carmen (Coyoacán), Nápoles, Condesa, entre otras.
- PH baja / PS variable, con un total de 1,590,581 viviendas y 5,420,870 habitantes. Incluye precariedad hídrica baja pero una precariedad social variable (entre media baja y alta). En esta tipología no hay grandes problemas por el abastecimiento de agua. Sin embargo, los problemas son de carácter social. Los habitantes no cuentan con un alto nivel de escolaridad y hay índices de desarrollo bajos. Puede haber asentamientos irregulares y hacinamiento. La mayoría de la población vive en estas zonas.
- PH media / PS media y PS baja , con un total de 436,032 viviendas y 1,692,703 habitantes. Comprende la unión de la PH media con la PS baja y PS media. En esta tipología los problemas de agua y los problemas sociales no son severos. Es común que el servicio de agua sea por tandeo. Los habitantes tienen un nivel de educación medio y los índices de desarrollo y marginación también son el promedio. No es común encontrar asentamientos irregulares.

- PH media / PS alta, con un total de 56,872 viviendas y 234,548 habitantes. En esta tipología los problemas de agua no son severos, pero la precariedad social es notable. Las viviendas pueden tener agua entubada, pero tendrán servicio por tandeo. Los habitantes tienen una escolaridad baja y un índice de desarrollo bajo. Puede haber asentamientos irregulares y hacinamiento.
- PH alta / PS alta, con un total de 38,475 viviendas y 148,057 habitantes. En esta tipología se ubica la población es la que vive con mayor precariedad. Aquí la mayoría de las viviendas no cuentan con agua entubada, y las que cuentan con ella es por tandeo. Estas zonas se caracterizan además por tener asentamientos irregulares y hacinamiento. Las viviendas son de más de 4 habitantes. Los habitantes tienen una escolaridad baja y hay un alto grado de marginación.

**Figura 5. Cifras poblacionales y de vivienda por cada Tipología de Precariedad Hídrica**



**Mapa 3.** Nueve tipologías del índice de Precariedad Hídrica en la CDMX



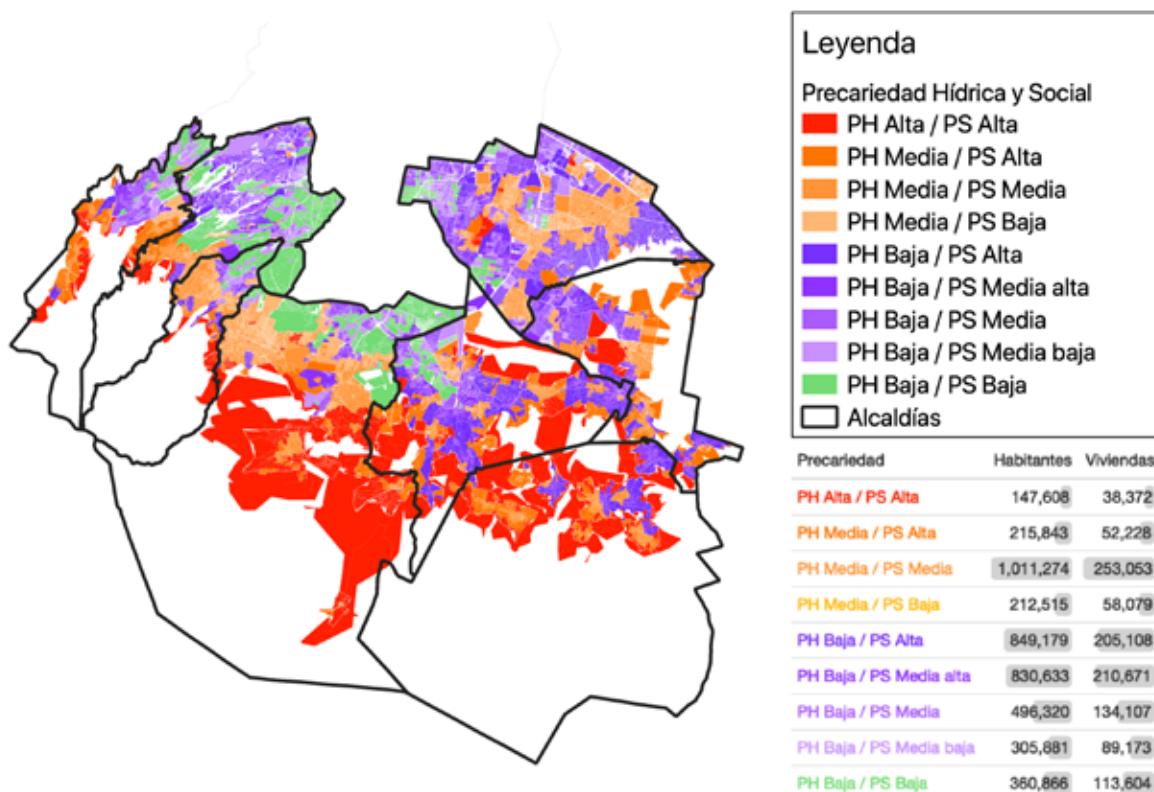
Los resultados generales del IPH por Alcaldía se presentan en la **tabla 2** y **mapa 4**, donde se puede apreciar que las zonas con los más altos grados de precariedad hídrica se ubican al sur de la ciudad, principalmente, en las alcaldías de Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta, Cuajimalpa y Álvaro Obregón. Las alcaldías de Tlalpan, Milpa Alta, y Xochimilco tienen el mayor número de viviendas en las manzanas con muy alta precariedad hídrica: 17,117, 7,994 y 5,866 viviendas, respectivamente. Alcaldías de Iztacalco, Azcapotzalco, Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, y Benito Juárez no tienen viviendas censadas sin conexión a la red de agua potable, ni asentamientos humanos irregulares contados por SEDEMA (cuyo conteo se hizo solamente en el Suelo de Conservación). Es probable que existan más viviendas que no han sido censadas de manera oficial (o que han sido construidas después del 2010) que se encuentren en situación de precariedad.

**Tabla 2.** Número de viviendas por manzanas con alta Precariedad Hídrica

Alcaldía	Viviendas en manzanas con alta Precariedad Hídrica
Tlalpan	17,117
Xochimilco	5,866
Milpa Alta	7,994
Tláhuac	881
Magdalena Contreras	1,383
Álvaro Obregón	1,036
Cuajimalpa de Morelos	2,418
Iztapalapa	1,584
Gustavo A. Madero	196
<b>TOTAL</b>	<b>38,475</b>

El **mapa 4** presenta las ocho alcaldías del sur de la CDMX donde los niveles de precariedad hídrica son más agudos (Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco). En el **Anexo 1** se presentan acercamientos de cada una de estas alcaldías para ilustrar la “distribución” de las manzanas con mayor precariedad hídrica.

**Mapa 4.** Índice de Precariedad Hídrica en la zona sur de la CDMX



## Estimaciones para los Asentamientos Humanos Irregulares

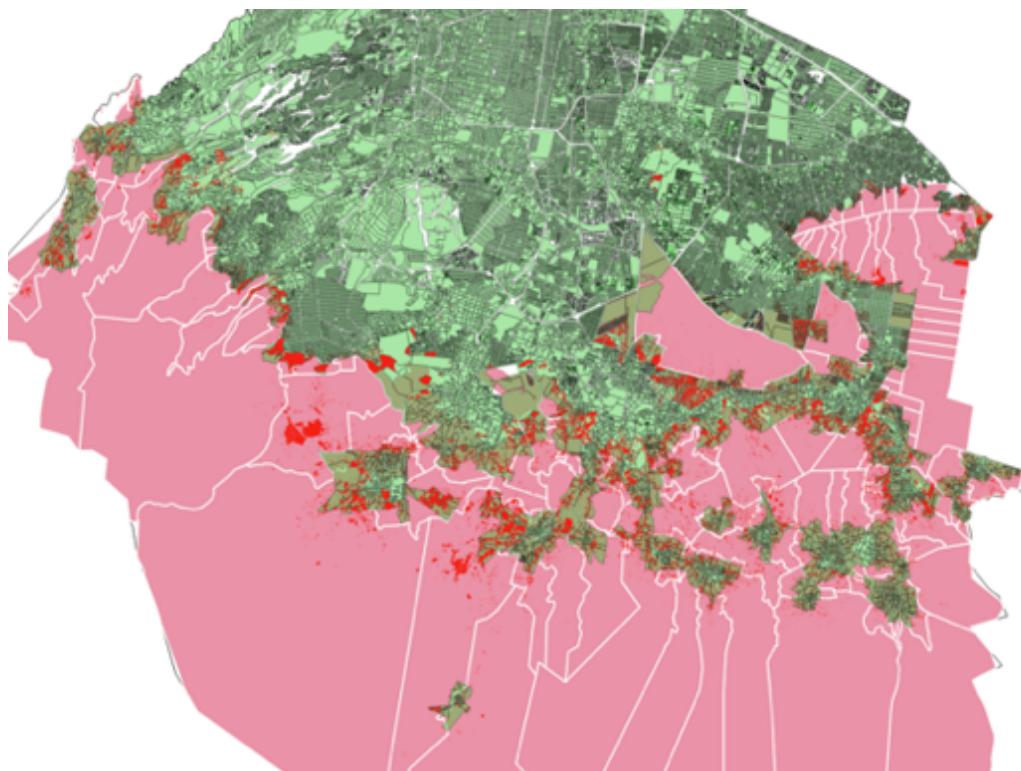
Con el fin de completar la cobertura del Índice de Precariedad Hídrica (IPH) construido y poder explicar el grado de vulnerabilidad hídrica de cada manzana de la ciudad, se crearon polígonos sobre los asentamientos humanos irregulares (AHI) fuera de las AGEBs<sup>1</sup> urbanas, es decir, en AGEBs rurales.

### Metodología

Como se puede apreciar en el **mapa 5**, existen asentamientos humanos irregulares (AHI) (en color rojo) en los límites de la mancha urbana de la CDMX (en color verde). Para la estimación de los datos en las zonas AHI, se tomó como base la cartografía de las secciones electorales del INE del 2010 (en color rosa), dado que su geometría logra cubrir la totalidad del territorio de la CDMX.

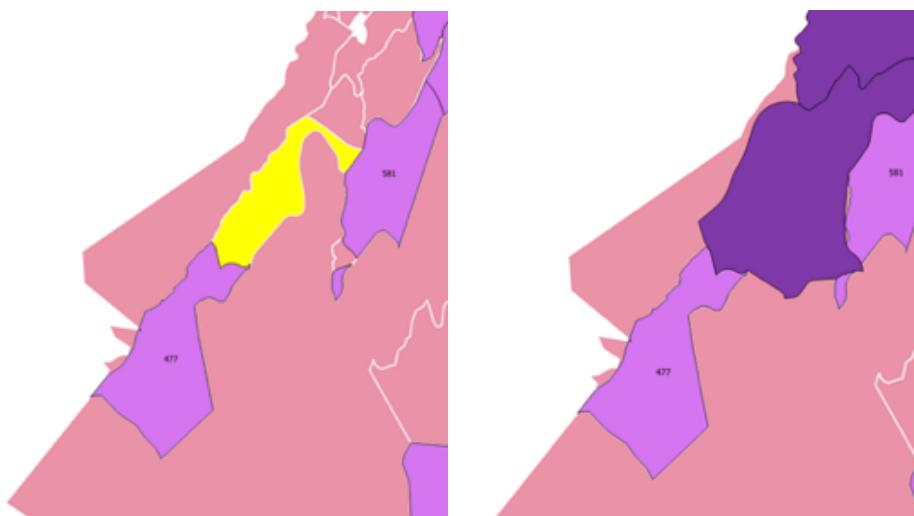
<sup>1</sup> Una AGEB es un área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etc.

**Mapa 5.** Asentamientos Humanos Irregulares en el sur de la CDMX (AHI)



Tomando estos polígonos (las secciones) como base, se les restaron tanto los datos, como la superficie que se encuentran dentro de las AGEBS urbanas del Censo de Población y Vivienda del INEGI de 2010. En el mapa 6 se puede apreciar esta resta de superficie de polígonos. La sección original comprende el polígono color amarillo más el polígono final en la parte inferior (color morado claro). Posteriormente, se le resta al polígono de la sección original la parte superior (color amarillo) utilizando la capa de las AGEBS urbanas mencionadas (color morado oscuro).

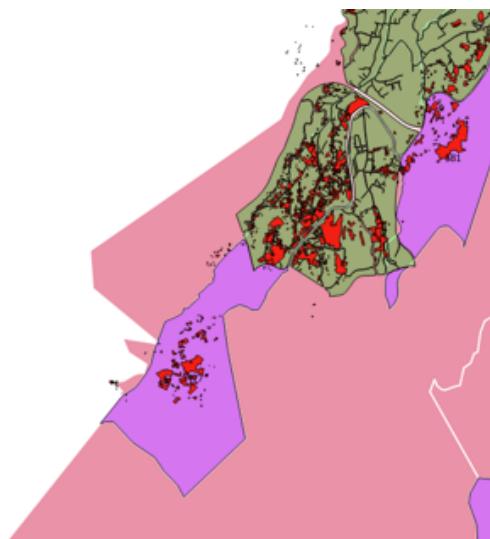
**Mapa 6.** Diferencia de las AGEBS urbanas



Esta operación también se realizó con los datos de algunas de las variables que ya aparecen para el resto de las manzanas de la CDMX. Es decir, se asume que las secciones ya tienen los

datos de población y vivienda para el año 2010. Por lo cual, se lleva a cabo una resta utilizando los datos de las AGEBs para encontrar la diferencia. En el caso del polígono siguiente (**mapa 7**), se puede observar que se arroja una estimación de 477 habitantes para los asentamientos irregulares que se ubican en esa zona (color rojo) y que se encuentran fuera de las manzanas (color verde) en el año 2010.

**Mapa 7.** Ejemplo de estimación de asentamientos irregulares por AGEB



Esta operación se realizó para todas las secciones rurales de la CDMX. Sin embargo, este proceso produce un resultado inexacto dado que existían errores geométricos y estadísticos que debieron ser corregidos para poder considerar estos nuevos polígonos como manzanas. Estos problemas se documentan en el **Anexo 2** (el número original de 508 polígonos únicos se redujo a menos de la mitad, corrigiendo más de 350 errores o detalles, y verificando las cifras de los polígonos finales).

Para actualizar los datos de las nuevas manzanas rurales o periurbanas, se utilizó una metodología específica para lograr esta estimación, haciendo uso de datos de Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI) y Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). Con esta metodología se pudo inferir el número de habitantes y el número de viviendas por manzana. Sin embargo, sería más complicado llegar a estimar los valores para otras variables sociodemográficas o de las características de las viviendas, tales como el grado promedio de escolaridad o el grado de marginación, y las viviendas con agua entubada o el número de viviendas habitadas.

El proceso metodológico para la estimación de población y viviendas parte de los datos de la **tabla 3**, la cual fue publicada en el nuevo *Plan General de Desarrollo Urbano* para la CDMX, en donde se muestran los datos generales para las 9 alcaldías que cuentan con AHI.

Se verificaron estos datos del Plan de Desarrollo Urbano (PDDU) los cuales corresponden a los años 2005-2011, en conjunto con la capa de los asentamientos irregulares (AHI) (que son mas recientes, entre 2015-2016) para lograr una estimación más actual. Las actividades desarrolladas fueron:

- Graficar los datos de población y vivienda de la tabla en términos de densidad para cada una de las alcaldías con la información disponible;

- Graficar los datos de población y vivienda de la tabla, pero con la suma del área de superficie de los polígonos de los AHI, por cada Alcaldía;
- Medir y/o visualizar las diferencias entre estos dos conjuntos de datos;
- Validación de la estimación de la población y vivienda con base en el supuesto de que los asentamientos deberían de tener una densidad poblacional y superficie constantes (e.g. mismo número de personas por unidad de área).

Como datos iniciales, las sumas totales de la tabla anterior nos dicen que la densidad promedio es de 88 habitantes por hectárea y de 15 viviendas por hectárea. Esto, a su vez, implica un promedio de 5.8 habitantes por vivienda (de acuerdo con datos de SEDEMA de 2006).

Tabla 3. Asentamientos humanos irregulares en suelo de conservación							
Alcaldía	Plan de Desarrollo Urbano (PDDU) vigente	AHI del inventario de SEDEMA	Número de viviendas SEDUVI	Población SEDUVI	Superficie en (ha) SEDEMA	Fecha de instalación de la Comisión de Regulación Especial (CRE)	Observaciones
Xochimilco	06/05/2005	308	17,803	133,523	569.72	13/09/2005	CRE en funciones
Tláhuac	25/09/2008	93	7,557	30,228	411	11/01/2011	CRE en funciones
Tlalpan	13/08/2010	186	s/d	s/d	980.74	25/11/2009	CRE en funciones
Milpa Alta	19/07/2011	122	2,960	12,840	980.74	12/07/2012	CRE en funciones
Iztapalapa	05/06/2014	36	4,349	19,570	403.18	15/12/2015	CRE en funciones
Subtotal	5	745	32,669	196,161	2,388.39		
Gustavo A. Madero	12/08/2010	16	s/d	s/d	28.39		La Autoridad de la Alcaldía no ha convocado a las Vocalías para la instalación de la CRE
Álvaro Obregón	10/05/2011	14	995	4,179	18.25		
Subtotal	2	30	995	4,179	46.64		
Cuajimalpa de Morelos	10/04/1997	68	s/d	8,830	256		Los PDDU no contemplan la política de atención para los AHI. Sin embargo, en el proyecto de actualización de ambos programas si tienen considerada esta figura
Magdalena Contreras	28/01/2005	16	7,297		24.26		
Subtotal	2	84	7,297	41,313	280.23		
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>859</b>	<b>40,961</b>	<b>241,653</b>	<b>2,715.26</b>		

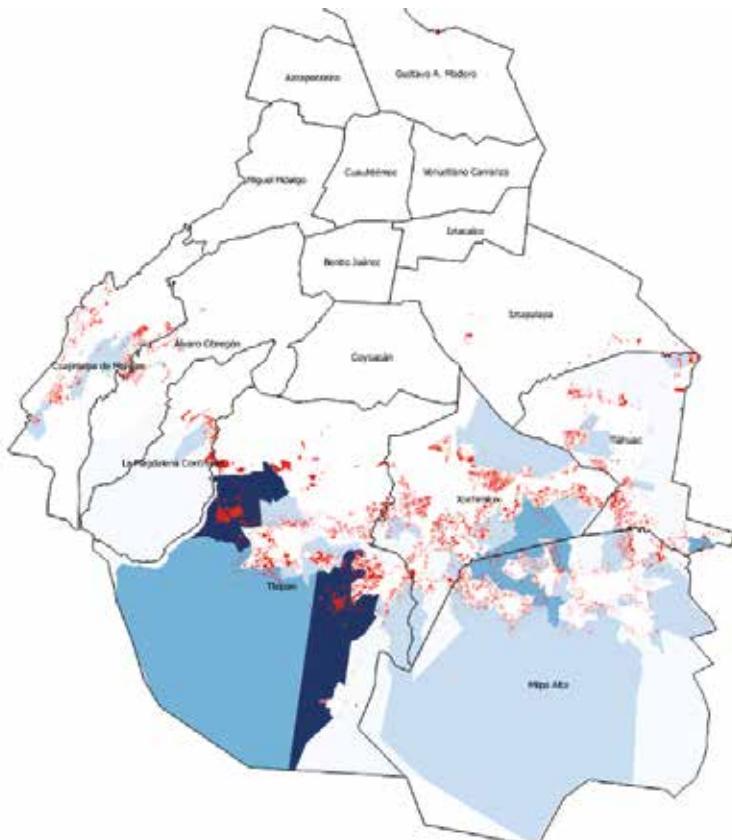
Nota: Las alcaldías Milpa Alta y Xochimilco en sus respectivas demarcaciones comparten 8 asentamientos humanos irregulares en suelo de conservación.

Fuente: SEDEMA y SEDUVI.

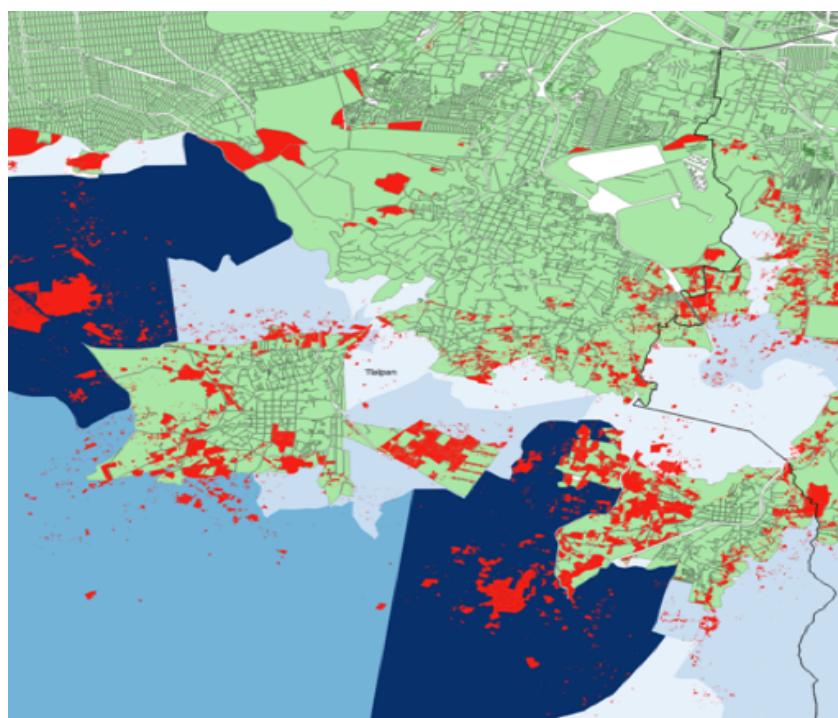
## Resultados

El número de manzanas o polígonos rurales o irregulares resultó ser de 169. La suma de la estimación de población en estos polígonos en el año 2010 fue de 40,163 habitantes; con 9,769 unidades de vivienda. Es decir, hay un promedio de 4.1 habitantes por vivienda, lo cual es menor de lo que indican los datos de SEDEMA de 2006. Como el censo se hizo en 2010, se decidió tomar el valor de 4.1 por vivienda en el modelo. Puede ser que, por ejemplo, los AGEBS rurales incluyen poblaciones que no están en asentamientos irregulares (como en ejidos) que tienen menos hacinamiento (**mapa 8** y **mapa 9**).

**Mapa 8.** Polígonos rurales (azul) y asentamientos humanos irregulares (rojo). Fuente: Elaboración propia



**Mapa 9.** Acercamiento de polígonos rurales (azul) o irregulares (rojos) y AGEBS urbanos (verde) en la Alcaldía de Tlalpan

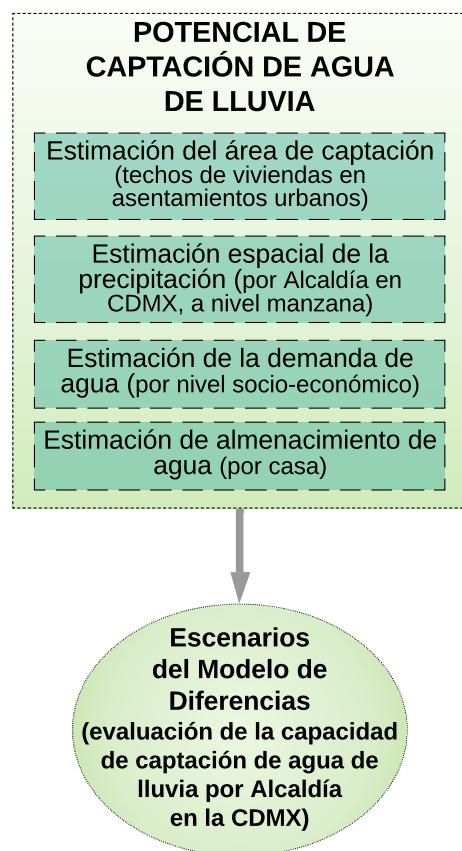




## 2. INSUMOS PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Se realizaron estimaciones del área de techos, de la precipitación pluvial a nivel de manzana y del consumo de agua para obtener insumos que permitieron ejecutar un Modelo de Diferencias que, a su vez, permitiera estimar bajo diferentes escenarios el potencial de captación de agua de lluvia con base en la actual tecnología con la que cuenta *Isla Urbana*. En este capítulo se describen los pasos para generar los insumos (**figura 6**), así como la metodología que se utilizó en cada uno de ellos. En este capítulo también se detalla en la sección final un estudio que se realizó para determinar dentro de las alcaldías con mayor precariedad hídrica, cuáles son las colonias en las que el impacto positivo sería mucho mayor si se instalaran SCALL.

**Figura 6.** Pasos para la obtención de insumos y la generación del Modelo de Diferencias



## **Estimación del área de captación**

En esta sección se elaboró una estimación del tamaño del área de los techos de las viviendas en la CDMX. Como escala de análisis se consideró a las manzanas (aunque la resolución de las fotos satelitales es de 2 metros) tanto para el modelo que se desarrolló, como para la estimación de azoteas, el número de viviendas y el promedio del tamaño de los techos de las viviendas. Estas cifras fueron esenciales para la estimación espacial de la precipitación pluvial (detallada en la siguiente sección).

Para realizar las estimaciones del área de techos, se ocuparon mapas tanto de asentamientos humanos irregulares (AHI) (ver Capítulo I – Estimaciones para los Asentamientos Humanos Irregulares) como mapas de asentamientos urbanos (AU) para cubrir el total de áreas de asentamientos humanos.

### **Metodología**

A través de la información del dispositivo 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. Los resultados se procesaron de tal manera que se pudo obtener información a nivel de manzana. Los pasos del algoritmo se resumen a continuación.

#### **1. Procesamiento de datos LIDAR.**

LIDAR (Light Detection and Ranging) mide distancias y triangula información de un emisor láser a un objeto o superficie, que toma diferentes puntos para medir la elevación del terreno y generar un mapa del relieve de una superficie terrestre determinada. En el 2007, el INEGI realizó una serie de vuelos LIDAR a nivel nacional, las cuales se pueden descargar en línea con una resolución de 5m por píxel, que es la resolución confiable a nivel nacional. Para este estudio, se trabajó con expertos del Instituto de Geografía de la UNAM, quienes colaboraron para lograr una resolución de 2m de terreno, que es la fracción de tierra sin vegetación e infraestructura (**mapa 10**) y de la superficie que incluye la elevación de, por ejemplo, árboles y edificios de la ciudad (**mapa 11**).

#### **2. Obtención de la altimetría general**

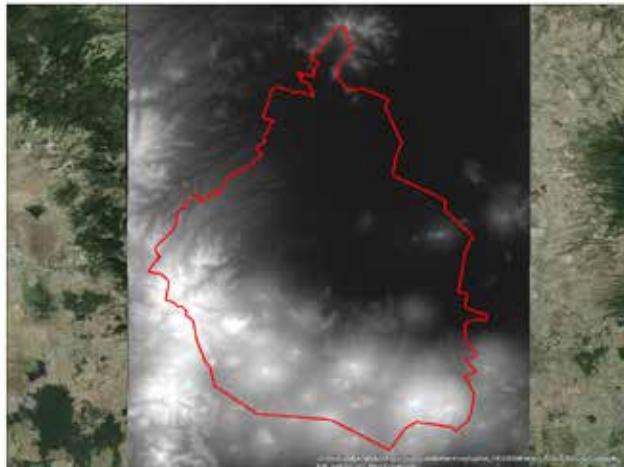
Se realizó la sustracción de los datos de superficie y de terreno para obtener los datos de altimetría. Este paso no permitió obtener la altura de todos los árboles y de las construcciones, ya que se tuvo un desfase de casi 4 m, por lo tanto, de la sustracción se hizo una corrección de 4 m para obtener los niveles actuales. El **mapa 12** muestra un acercamiento de la Alcaldía de Coyoacán, que permite mostrar el resultado de la sustracción (aún con el desfase de 4 m).

#### **3. Obtención de la altimetría de techos aptos para la captación de agua.**

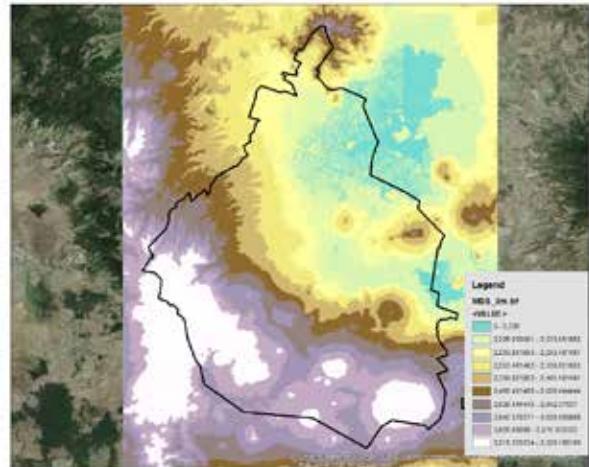
De acuerdo con información proporcionada por Isla Urbana, las casas unifamiliares de 1-3 niveles son los techos ideales para instalar sistemas de captación. Por lo tanto, para calcular las viviendas con potencial de captación, se trabajó bajo el supuesto de que las viviendas aptas son aquellas que tienen una altura de 2.75m, es decir, una altimetría arriba de 2m y debajo de 9m.

Por ello, en este paso se eliminó información que estaba fuera de dicho rango. En el **mapa 13** se muestra en color verde la información que está en el rango de 2 a 9m (en la misma zona de Coyoacán que se mostró en el **mapa 12**).

**Mapa 10.** Modelo de elevación (terreno) de la CDMX. Fuente: Elaboración propia con base en información de LIDAR (INEGI, 2012)



**Mapa 11.** Modelo de superficie de la CDMX (unidades de metros). Fuente: Elaboración propia con base en información de LIDAR (INEGI, 2012)



**Mapa 12.** Imagen satelital de altimetria (ejemplo de un área en la Alcaldía Coyoacán)



**Mapa 13.** Área con altimetria de 2-9m en color verde (ejemplo de un área en la Alcaldía Coyoacán)



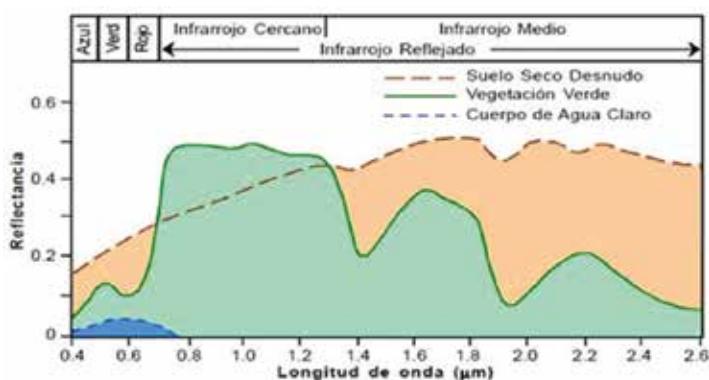
#### 4. Sustracción de información sobre vegetación.

Debido a que los mapas incluyen información sobre vegetación que está en el mismo rango de 2 a 9m de altura, ésta tuvo que eliminarse. Para sustraer la información de vegetación se buscaron imágenes satelitales a través del buscador Google Earth Engine en los repertorios en línea gratuitos. Se encontraron aproximadamente 300 imágenes de Sentinel desde el 2015 a la fecha con una resolución de 10m. A estas imágenes se les aplicó también un algoritmo para eliminar

información de nubes y sombras para elegir los píxeles con la mejor calidad de información. Para estudios futuros se podría comprar una imagen de más alta resolución para afinar la selección de la vegetación y su posterior eliminación.

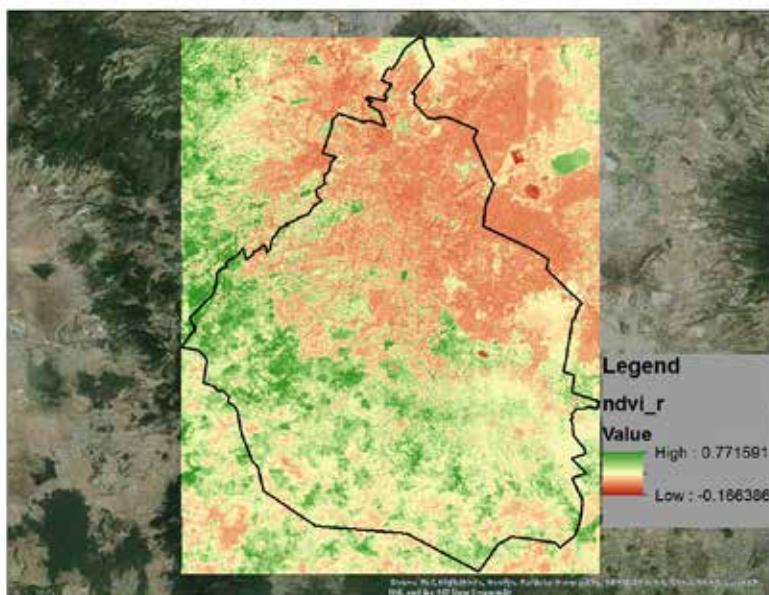
Debido a que las imágenes satelitales miden las longitudes de onda que son dispersadas o absorbidas por la vegetación, se utilizó esta información para calcular el índice de vegetación Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) que expresa la relación entre la luz visible roja (típicamente absorbida por la clorofila de la planta) y el infrarrojo cercano (típicamente dispersado por la estructura de las hojas de las plantas), véase la **figura 7**. La ecuación que se elaboró fue:  $(\text{NIR-ROJO}) / (\text{NIR+ROJO})$  donde NIR es infrarrojo cercano y ROJO es longitud de onda roja. Los valores de NDVI están entre -1 y 1. Se calculó este índice para cada pixel a 10m. El NDVI en la CDMX se puede observar en el **mapa 14**.

**Figura 7. Longitud de las ondas para estimación del índice de vegetación (NDVI)**



Fuente: Traducción al español con base en Smith, 2001.

**Mapa 14. NDVI para la CDMX**



Después de calcular el NDVI, se determinó que el índice para optimizar la información de vegetación en la CDMX es de 0.19, por lo que todos los píxeles que se encuentran en un índice

superior a 0.19 son considerados techos. Con este criterio puede notarse la diferencia entre el **mapa 13** que contiene información de altimetría entre 2 y 9m, con el resultado de la eliminación de la vegetación que se observa en el **mapa 15**.

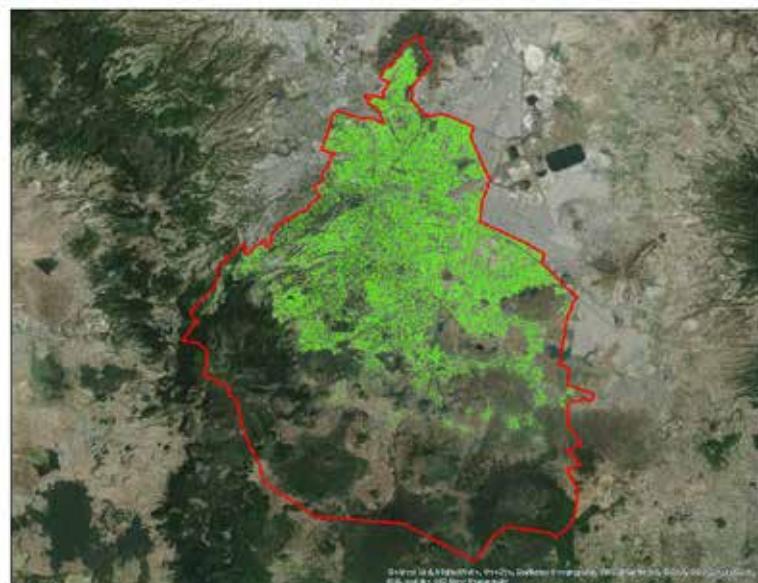
**Mapa 15.** Altimetría con vegetación en azul y sin vegetación en color verde (ejemplo de un área en la Alcaldía Coyoacán)



## Resultados

Con la información obtenida para estimar el área de captación de agua explicada con anterioridad, y los mapas de asentamientos irregulares y asentamientos urbanos, se obtuvo el mapa con todos los techos factibles para la CDMX que puede observarse en el **mapa 16**.

**Mapa 16.** Área de azoteas o techos factibles para captación de agua pluvial en la CDMX



Para obtener información más precisa, se eliminaron aquellos techos que pertenecían a conjuntos habitacionales a partir de las imágenes satelitales y de información sobre la densidad poblacional, de acuerdo con el Censo Poblacional INEGI (2010). De esta manera, la información del área de techo para los pasos posteriores de esta investigación corresponde a unidades o viviendas unifamiliares, ya que son el tipo de vivienda en donde Isla Urbana puede instalar sus SCALL. Estos techos también se encuentran entre una altura de 2 a 9 metros, como se mencionó anteriormente.

En segundo lugar, para analizar el nivel de precisión que tiene el mapa de factibilidad de techos para captación de agua de lluvia en la Ciudad de México, se digitalizaron 4 manzanas a mano alzada en la Alcaldía Xochimilco utilizando Google Earth, para compararlas con el resultado de nuestra estimación del **mapa 16**. Encontramos que nuestro método fue preciso en escalas generales las 4 zonas o manzanas tenían 27,500 m<sup>2</sup> de techo, y con nuestro algoritmo estimamos un área de techo de 30,280 m<sup>2</sup> en esa misma zona. Sin embargo, la precisión al nivel de cada manzana tuvo sobreestimaciones de hasta 3,000 m<sup>2</sup> y subestimaciones de hasta 9,000 m<sup>2</sup>.

En términos generales, este algoritmo captura información adecuada de los techos a nivel alcaldía y a nivel ciudad; sin embargo, no se puede utilizar para estimar techos a nivel manzana con precisión espacial. Es por ello, que se sugiere que los datos solo se ocupen al nivel alcaldía y ciudad, pero no a nivel manzana. Finalmente, por el nivel de incertidumbre natural en el modelo general para estimar el potencial de captación de lluvia que se desarrollará más adelante a nivel de manzana, se agregó la estimación del tamaño de los techos o azoteas de cada vivienda de acuerdo con el número de viviendas que tiene cada manzana. También se definió para una de las fases del modelo un tamaño promedio del techo de las viviendas de 60 m<sup>2</sup>, este dato fue proporcionado por Isla Urbana, ya que es el tamaño promedio de los techos de las viviendas en donde previamente han realizado instalaciones.

## Estimación espacial de la precipitación

Se elaboró una estimación espacial de la precipitación pluvial que tiene cada una de las alcaldías en la CDMX, con un análisis a nivel de manzana. Asimismo, se estimó la dinámica de los meses de captación de agua de lluvia con datos de World Clim. Sin embargo, la dinámica diaria de lluvia es importante, para incorporar esta dinámica, se utilizaron datos diarios del Radar Cerro Catedral de CONAGUA y SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (situado en el Estado de México en las coordenadas N19°33.1', W99°31.1'; Altitud 3770 m) del año 2013, que cubrió toda la zona metropolitana de la CDMX cada 15 minutos a .5 grados de resolución. Esto se debió a que es importante comprender la frecuencia diaria de la precipitación, porque en términos de captación de agua de lluvia, no es posible almacenar toda la lluvia que cae en un mes debido a las limitaciones de almacenamiento con las que cuentan las viviendas de la CDMX.

## Metodología

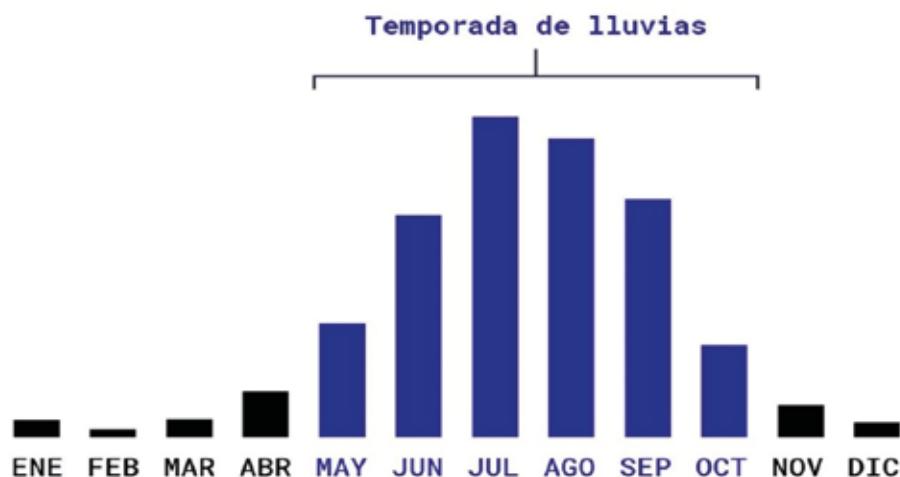
Los datos de lluvia de World Clim representan el promedio de lluvia en milímetros (mm) que ocurren en la CDMX. La información de la capa o shape georeferenciado que tiene como resultado la información sobre la precipitación, se obtuvo con la información de un archivo tipo Raster (TIF). Los datos de lluvia se obtuvieron de World Clim (Fick and Hijmans 2017) que se interpolaron con datos globales de clima de la FAO (*Food and Agriculture Organization*) y de la WMO (*World*

*Meteorological Organization)* así como con datos locales de la SMN e información de 100 estaciones con las que cuenta el país. Los datos de World Clim son el promedio entre los años 1970-2000, por un periodo de 30 años. Para estimar la precipitación diaria por manzana durante 361 días se utilizaron los datos del Radar Cerro Catedral del año 2013. En ese año, la dinámica de lluvia fue diferente del promedio, debido a que los meses de mayor precipitación fueron agosto y junio, y no julio, que es el mes en el que hay más precipitación en la CDMX (véase anexo 6).

## Resultados

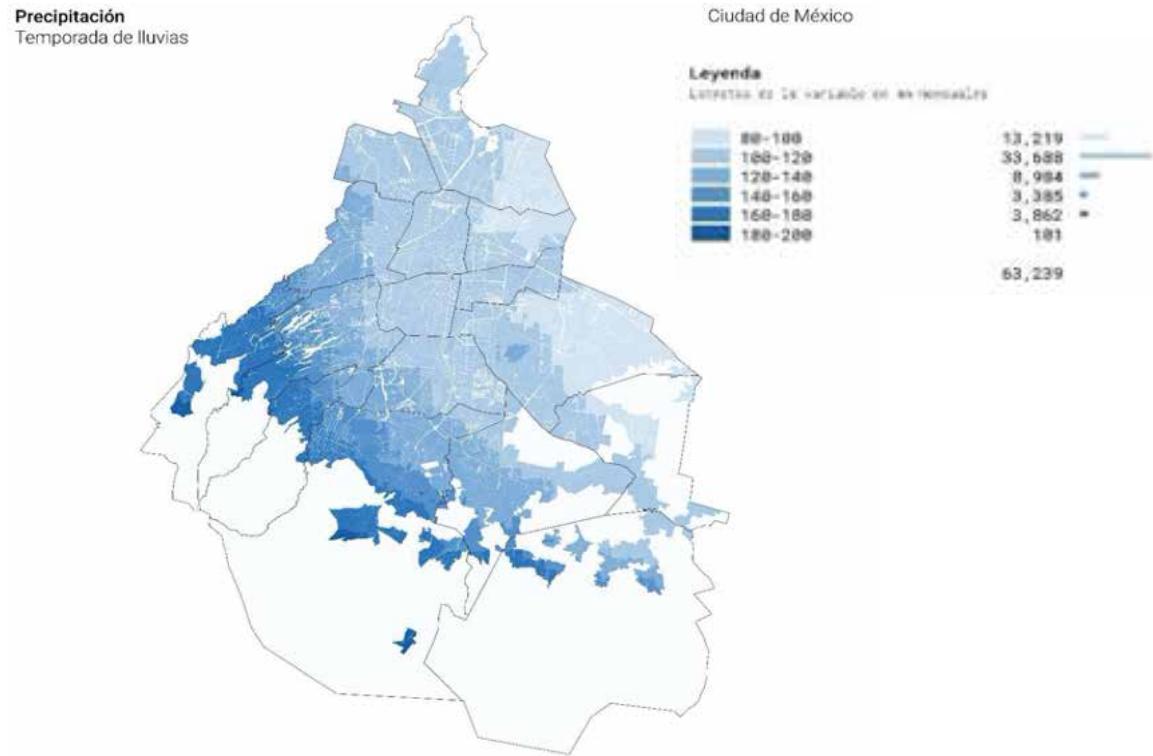
Cada año, la temporada de lluvias en la CDMX ocurre principalmente entre los meses mayo y octubre (**figura 8**).

**Figura 8.** Meses con mayor precipitación en la CDMX

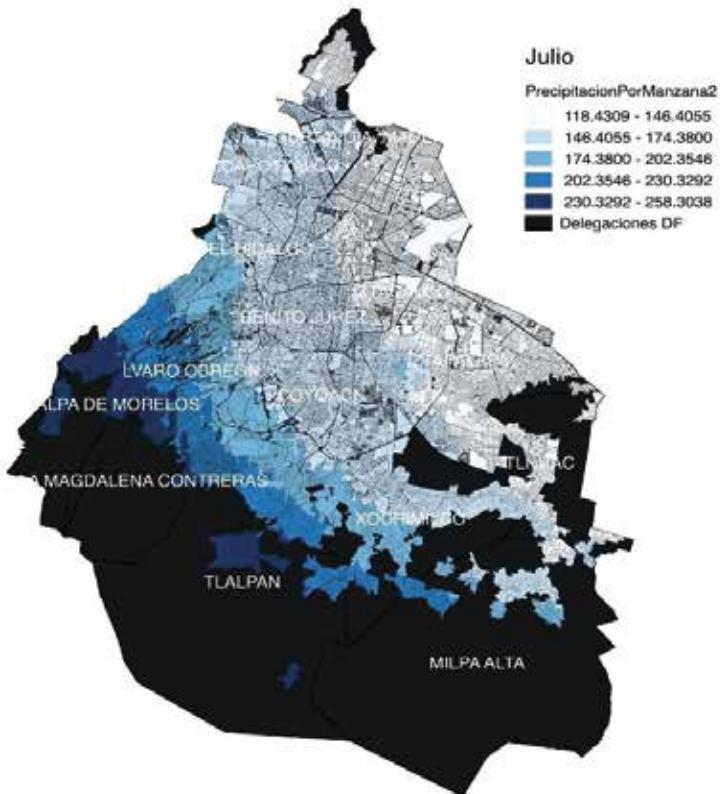


Con la información recabada, se obtuvieron las áreas con mayor precipitación en la temporada de lluvias (mayo-octubre), como se ilustra en el **mapa 17** y, específicamente, en los meses de julio y octubre (**mapa 18** y **mapa 19**).

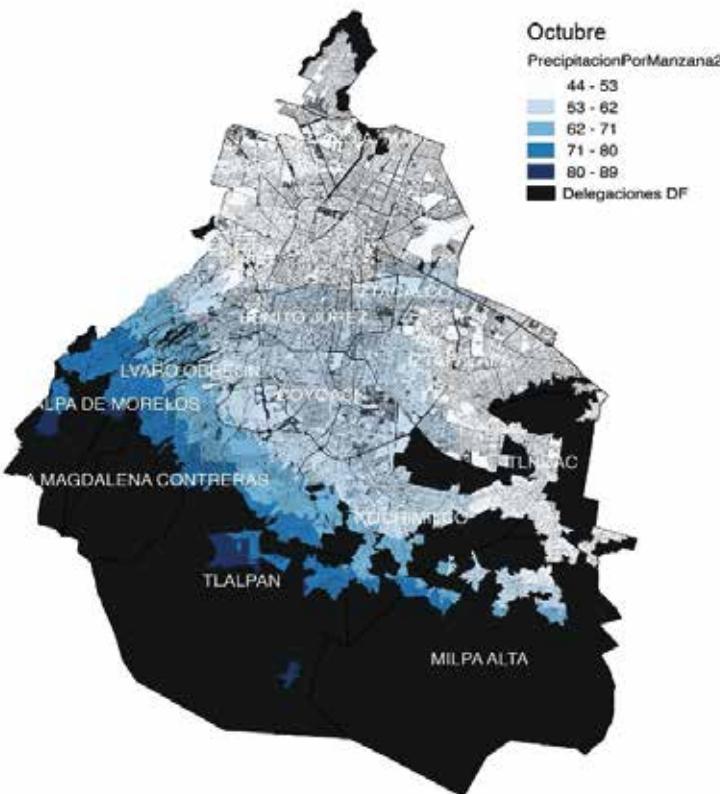
**Mapa 17. Precipitación para la CDMX en temporada de lluvia**



**Mapa 18.** Precipitación pluvial en la CDMX durante el mes de julio



**Mapa 19.** Precipitación pluvial en la CDMX durante el mes de octubre



## Estimación de la demanda de agua

La estimación de la demanda de agua por manzana requirió de una serie de hipótesis que pudieran alimentar el Modelo de Diferencias. Esto se realizó principalmente por la carencia en la información sobre el consumo de agua, especialmente en lugares como los AHI. Las hipótesis, suposiciones y cálculos se detallan a continuación.

### Metodología

La información disponible sobre la dotación y el consumo de agua promedio en la CDMX es variable dependiendo de la fuente. Por ejemplo, Jiménez et al. (2011) estiman un suministro total de 327L/persona/día, incluyendo usos domésticos e industriales. La dotación también varía entre las diferentes alcaldías, por ejemplo, en Tláhuac la dotación es de 177 L/persona/día, y en Cuajimalpa es de hasta 525 L/persona/día. Sobre el consumo se sabe que en algunas zonas con bajos ingresos económicos se llegan a consumir menos de 20L/persona/día, y en las zonas de alto ingreso económico se pueden consumir hasta 600L/persona/día. Éste último dato se considera que corresponde a un uso negligente del agua, ya que de acuerdo con estudios de SACMEX (2012), se pueden satisfacer las necesidades básicas de la población con 96.5 L de agua diaria, utilizando el recurso cuidadosamente. La OMS (Organización Mundial para la Salud) recomienda un uso de agua de entre 50-100L/persona/día, y sustenta de que en situaciones de emergencia, se puede sobrevivir incluso con 20L/persona/día (UNDP 2010).

Para este estudio se buscaron los datos oficiales de consumo de SACMEX; sin embargo, no fue posible utilizarlos ya que casi el 25% de las colonias no cuentan con medidores. En dichas colonias el agua se cobra por medio de una cuota fija sin considerar el consumo. Debido a la gran incertidumbre, tanto del consumo promedio a nivel de ciudad como a nivel de colonia, se decidió hacer distintos escenarios basados en diferentes hipótesis de consumo para tratar de compensar el nivel de incertidumbre. Por lo tanto, para estimar la demanda de agua por manzana, las tres hipótesis de consumo de litros por persona al día que se utilizaron fueron de i) 20L/día, ii) 50L/día y iii) 100L/día. Los datos de número de viviendas y de personas por manzana se obtuvieron del Censo Poblacional INEGI 2010. Para definir los promedios de demanda por manzana se supuso que todos los habitantes de dicha manzana consumen o usan el mismo número de litros de agua al día, de igual manera, se supone que el sistema de almacenamiento se va vaciando por cada día del año según su nivel de consumo. Debido a que el lugar de almacenamiento de agua (i.e. cisterna) no puede tener valores negativos, el valor mínimo o el límite inferior es de cero. Otra de las aseveraciones para este estudio, es que cuando el agua de los sistemas de almacenamiento de las viviendas se termina, la población comenzará a ocupar agua de la red, o de una pipa extra, o comenzarán a comprar garrafones.

Con lo anterior, se puede calcular la demanda total de agua (en litros) ocupados por los hogares de una manzana con la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda de Agua}_x = \text{consumo} \frac{L}{dia} * \text{número de habitantes}_x * 365$$

Para calcular el aporte de la captación de agua de lluvia a la demanda, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Proporción de Agua Suplida por Lluvia}_x = \frac{\text{Potencial de Captación}}{\text{Demanda de Agua}_x}$$

Los valores de la proporción de agua proveniente de la lluvia resultan entre el 0 y 1. Cuando el valor es 1 significa que toda la población de toda la manzana es capaz de cubrir su demanda con el agua captada de la lluvia. Por el contrario, cuando los valores dan 0 significa que ningún porcentaje de la demanda se puede suplir con agua de lluvia, es decir, son los casos en los que las viviendas o edificios miden más de 9m o casos en los que las manzanas carecen de población y, por lo tanto, no consumen agua. Los cálculos anteriores fueron utilizados para la elaboración del Modelo de Diferencias detallado en el **Capítulo IV. Escenarios para estimar el Potencial de Captación de Agua de Lluvia**.

## Análisis prospectivo de las colonias con Precariedad Hídrica

En esta sección, se hizo un análisis prospectivo de las colonias que se encuentran en una situación de precariedad hídrica, con base en las alcaldías que previamente fueron identificadas (**ver Capítulo I. Precariedad Hídrica**). A su vez, se seleccionaron aquellas colonias en las que Isla Urbana no ha realizado labores de instalación de SCALL, y fue en ellas en donde se realizaron encuestas posteriores para conocer algunos detalles sobre el consumo, abastecimiento y **almacenamiento de agua** (**ver Capítulo III. Aspectos sobre el consumo de agua en la CDMX**).

### Metodología

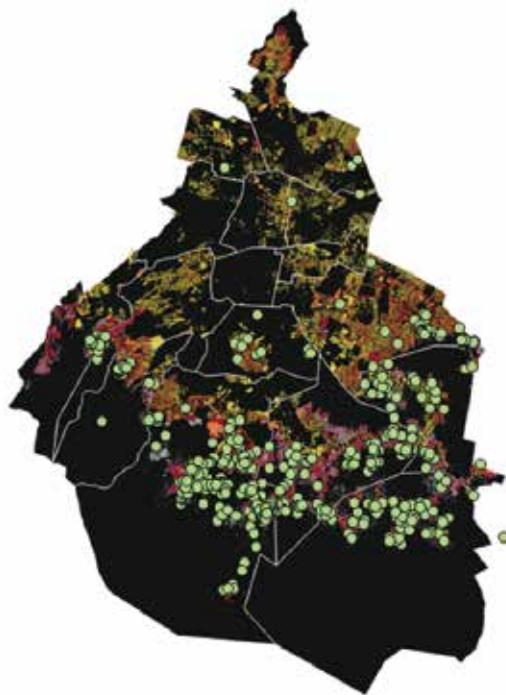
Para definir las colonias a encuestar en las alcaldías con mayor precariedad hídrica, se utilizó como criterio la cantidad de lluvia diaria por manzana, la capacidad de captación de acuerdo con el tamaño promedio del techo, la capacidad de almacenamiento y el consumo de agua, todos ellos a escala de manzana.

### Resultados

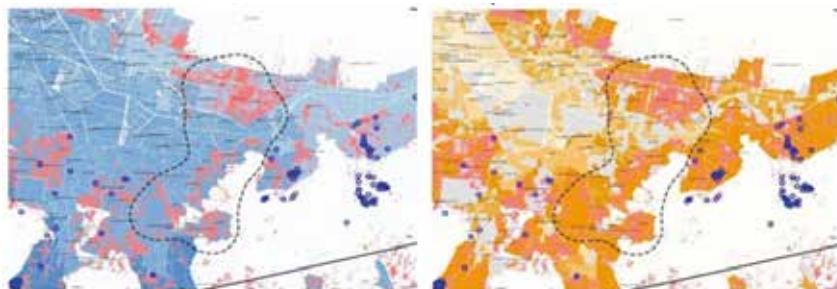
De acuerdo con la base de datos de Isla Urbana, se georeferenciaron 1,490 puntos en donde se han instalado SCALL, tal y como puede observarse en el **mapa 20**, en donde los puntos verdes representan los sitios en donde hay SCALL de Isla Urbana, y los polígonos rojos son aquellas zonas de la CDMX en donde hay algún nivel de precariedad hídrica.

Las colonias y asentamientos ubicados en cada Alcaldía que tienen precariedad hídrica y que sirvieron para obtener información detallada sobre la situación de agua en la ciudad, fueron las siguientes: Xicalhuacan y Tiziclipa o Tejomulco (Xochimilco); Malcates o Tlapexco (Gustavo A. Madero); La Pila, Las Lajas, Cruz Blanca (Cuajimalpa); Tierra Colorada, Ixtlahuatongo, Surco de Encino, Gavillero (Magdalena Contreras); Monte Alban y Santa María Aztahuacan (Iztapalapa). Del **mapa 21** hasta el **mapa 25**, se pueden distinguir dichas colonias de acuerdo con el Índice de Precariedad Hídrica definido anteriormente. Los mapas corresponden a las áreas en las alcaldías de Xochimilco (**mapa 21**), Gustavo A. Madero (**mapa 22**), Cuajimalpa (**mapa 23**), Magdalena Contreras (**mapa 24**), e Iztapalapa (**mapa 25**).

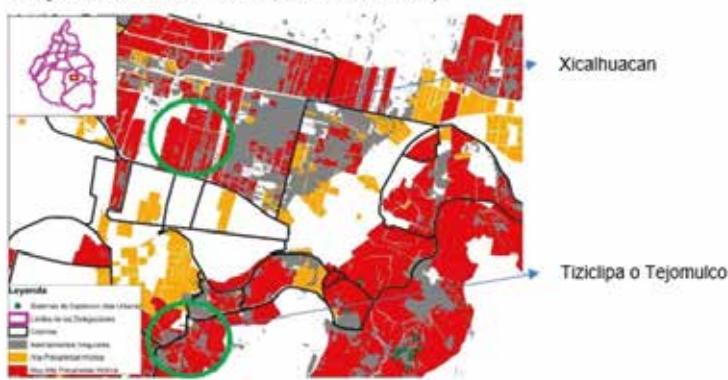
**Mapa 20.** Instalación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia de Isla Urbana (puntos verdes)



**Mapa 21.** Colonias y asentamientos con Precariedad Hídrica en Xochimilco, no censado por Isla Urbana

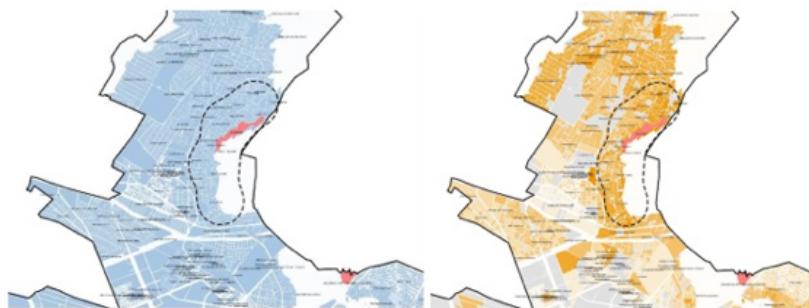


Delegación Xochimilco. Colonias potenciales de trabajo

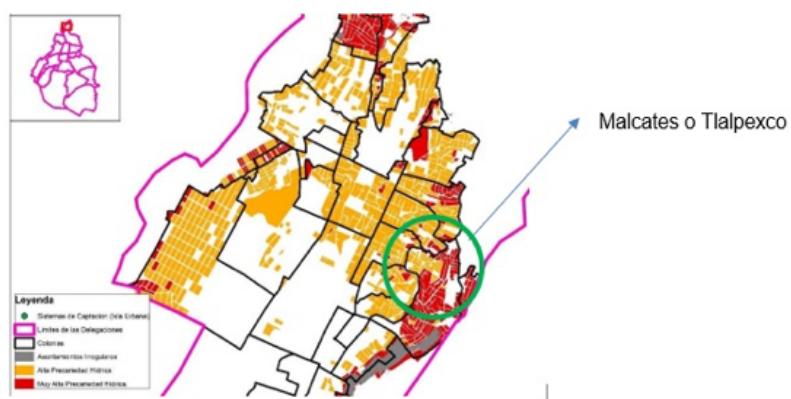


**Nota:** Precipitación pluvial [mapa superior izquierdo], índice de Precariedad Hídrica [mapa superior derecho], Asentamientos Humanos Irregulares (los puntos rellenos en azul del mapa superior corresponden a viviendas con sistemas de captación instalados por *Isla Urbana*). Círculos verdes: colonias potenciales para instalar sistemas de captación.

## Mapa 22. Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Gustavo A. Madero

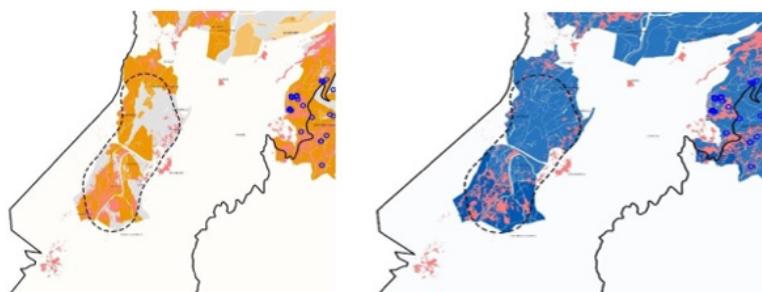


Delegación Gustavo A. Madero. Colonias potenciales de trabajo.

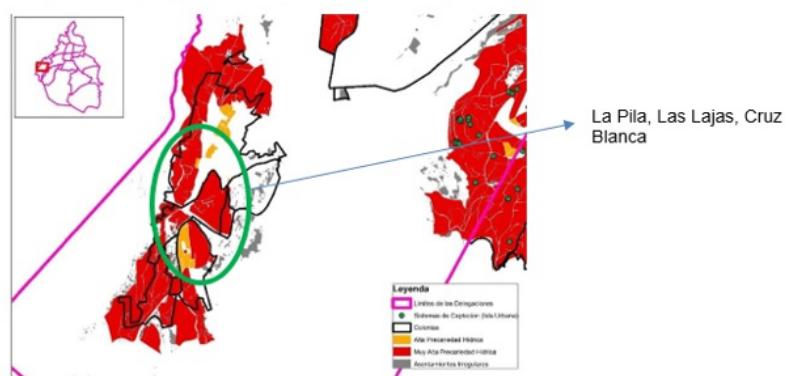


**Nota:** Precipitación pluvial [mapa superior izquierdo], índice de Precariedad Hídrica [mapa superior derecho], Asentamientos Humanos Irregulares. Círculo verde: colonias potenciales para instalar sistemas de captación. [Abajo].

## Mapa 23. Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Cuajimalpa

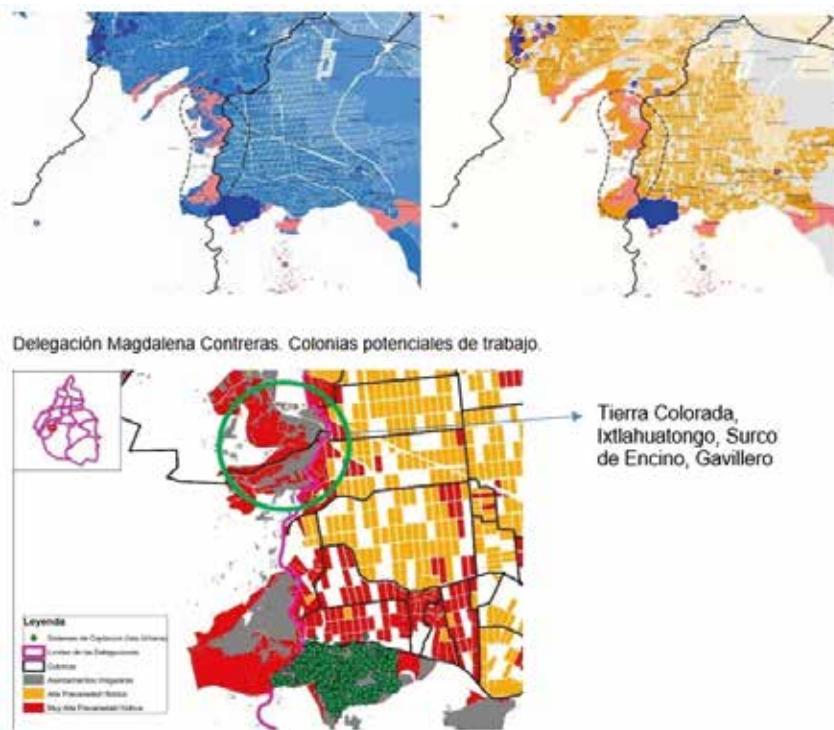


Delegación Cuajimalpa. Colonias potenciales de trabajo.



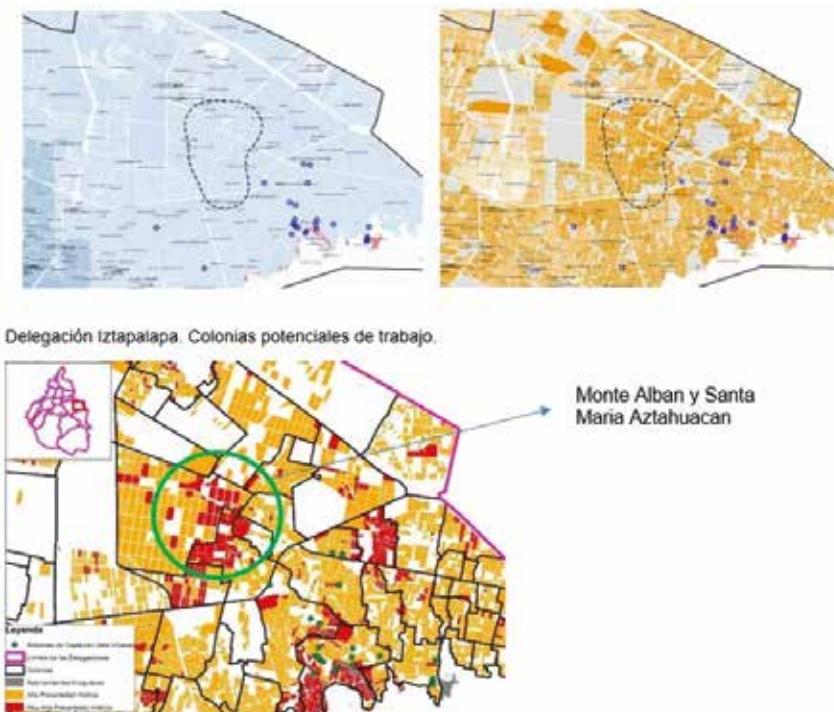
**Nota:** Precipitación pluvial [mapa superior izquierdo], índice de Precariedad Hídrica [mapa superior derecho], Asentamientos Humanos Irregulares (los puntos rellenos en azul del mapa superior, corresponden a viviendas con sistemas de captación instalados por Isla Urbana). Círculo verde: colonias potenciales para instalar sistemas de captación.

## Mapa 24. Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Magdalena Contreras



**Nota:** Precipitación pluvial [mapa superior izquierdo], índice de Precariedad Hídrica [mapa superior derecho], Asentamientos Humanos Irregulares (los puntos en azul del mapa superior corresponden a viviendas con sistemas de captación instalados por Isla Urbana). Círculo verde: colonias potenciales para instalar sistemas de captación.

## Mapa 25. Colonias y asentamientos con mayor Precariedad Hídrica en Iztapalapa



**Nota:** Precipitación pluvial [mapa superior izquierdo], índice de Precariedad Hídrica [mapa superior derecho], Asentamientos Humanos Irregulares (los puntos rellenos en azul del mapa superior corresponden a viviendas con sistemas de captación instalados por Isla Urbana). Círculo verde: colonias potenciales para instalar sistemas de captación.

### 3. ASPECTOS SOBRE EL CONSUMO DE AGUA EN LA CDMX

En los capítulos anteriores se detallaron los estudios que muestran el potencial de captación de agua de lluvia para la Ciudad de México, en términos de la factibilidad a nivel de las viviendas y de la precipitación. Sin embargo, es importante conocer el impacto social que tiene tanto la escasez del recurso, como lo tendría la implementación de los SCALL. Por lo anterior, se realizó un análisis de la información de los sistemas que han sido instalados por Isla Urbana y una serie de encuestas a beneficiarios y no beneficiarios de Isla Urbana para conocer aspectos relacionados con el consumo, abasto y almacenamiento de agua. Ambos análisis se detallan en este capítulo. Cabe señalar que para esta investigación se buscó información complementaria a nivel gubernamental e institucional, así como de otros estudios, pero no se obtuvo información suficiente y consistente para las escalas temporales y espaciales que se manejaron en este estudio. Sin embargo, los resultados de dicha búsqueda de información se presentan en el **Anexo 3**.

#### Análisis Exploratorio de Datos (EDA) de Isla Urbana

Se hizo un Análisis Exploratorio de Datos (EDA, por sus siglas en inglés) de la base de datos de Isla Urbana que contaba con información sobre las viviendas en las que se han instalado los SCALL. Para realizar el EDA, se hizo una depuración de la base de datos original que contaba con 1,553 registros. La depuración consistió inicialmente en la eliminación de registros sin ningún tipo de información, de aquellos registros de sistemas instalados fuera de la Ciudad de México (por ejemplo, en el Estado de México, Jalisco e Hidalgo) y de sistemas instalados en lugares que no son viviendas unifamiliares, como escuelas o comedores comunitarios. Con esta primera depuración, la base de datos quedó con un total de 1,280 registros. Se determinó también para cada registro un total de 24 variables que fueron clasificadas en 6 categorías de acuerdo con el tipo de información que contienen, las categorías son las siguientes: Identificación; Vivienda; Instalación; Cisternas; Tinacos y Pipas. Las variables y su descripción se muestran en la **tabla 4**. Como parte de la limpieza de la base de datos, es necesario señalar que se homogenizaron nombres, valores, nomenclatura, se corrigieron errores ortográficos, entre otros.

**Tabla 4.** Categorías y variables de la Base de Datos de Isla Urbana

CATEGORÍA	VARIABLE	DTYPE	DESCRIPCIÓN
IDENTIFICACIÓN	ID	INT	ID único
IDENTIFICACIÓN	LAT	FLOAT	Coordenada de latitud
IDENTIFICACIÓN	LON	FLOAT	Coordenada de longitud
IDENTIFICACIÓN	COLONIA	STRING	Nombre de la colonia
IDENTIFICACIÓN	DELEGACION	STRING	Nombre de la Alcaldía
VIVIENDA	VIV_NIVELES	INT	Número de niveles de la vivienda
VIVIENDA	VIV_AREA_TECHO	INT	Área del techo de la vivienda
VIVIENDA	VIV_AREA_TECHO_CAT	CAT	Dimensiones del techo en valores categóricos
VIVIENDA	VIV_AREA_TECHO_STR	STRING	Dimensiones del techo en valores categóricos
VIVIENDA	VIV_MAT_TECHO_CAT	CAT	Tipo de material del techo

VIVIENDA	VIV_MAT_TECHO_STR	STRING	Tipo de material del techo
VIVIENDA	VIV_NUM_HABS	INT	Número de habitantes de la vivienda
VIVIENDA	VIV_NUM_FAMS	INT	Número de familias de la vivienda
VIVIENDA	VIV_NUM_KIDS	INT	Número de niños de la vivienda
VIVIENDA	VIV_NUM_ADULTS	INT	Número de adultos de la vivienda
INSTALACIÓN	INSTAL_MONTH	DATE	Mes y año de instalación
INSTALACIÓN	INSTAL_YEAR	DATE	Año de instalación
CISTERNAS	CISTERN_BOOL	BOOL	Tiene o no cisterna
CISTERNAS	CISTERN_CAP_L	INT	Capacidad de la cisterna en litros
TINACOS	TINACO_BOOL	BOOL	Tiene o no tinaco
TINACOS	TINACO_CAP_L	INT	Capacidad del tinaco en litros
PIPAS	PIPAS_BOOL	BOOL	Pide o no pipas
PIPAS	PIPAS_NUM	INT	Número de pipas
PIPAS	PIPAS_COST	INT	Costo o propina

La base de datos depurada permitió explorar los datos de una manera más sencilla y eficiente. Algunas observaciones relevantes se citan a continuación para cada una de las categorías antes mencionadas.

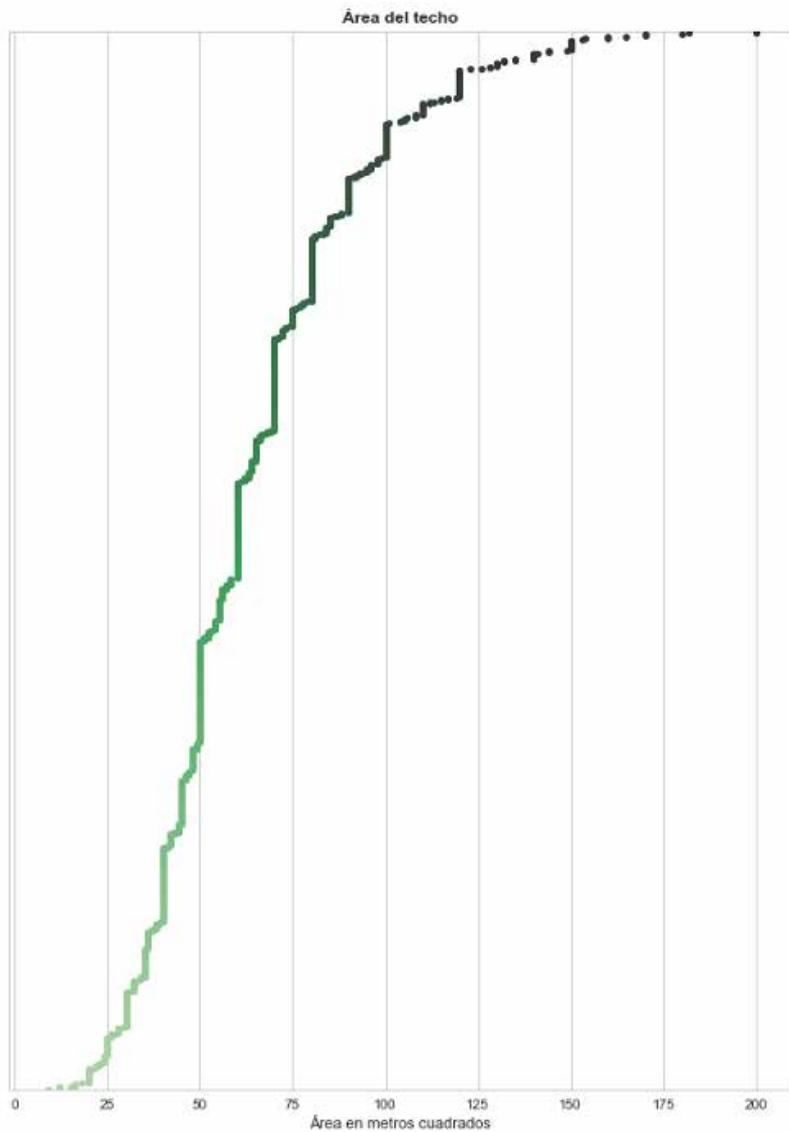
**Identificación:** se observó que la Alcaldía de Tlalpan es la que cuenta con un mayor número de sistemas instalados, tiene un total de 1,140 sistemas que corresponde al 89.1% del total de sistemas instalados por Isla Urbana (**tabla 5**).

**Tabla 5.** Sistemas instalados por Isla Urbana en cada Alcaldía

NOMBRE	NÚMERO	% DEL TOTAL
Tlalpan	1140	89.1
Xochimilco	80	6.2
Iztapalapa	28	2.2
Álvaro Obregón	18	1.4
Magdalena Contreras	7	0.5
Milpa Alta	6	0.5
Iztacalco	1	0.1

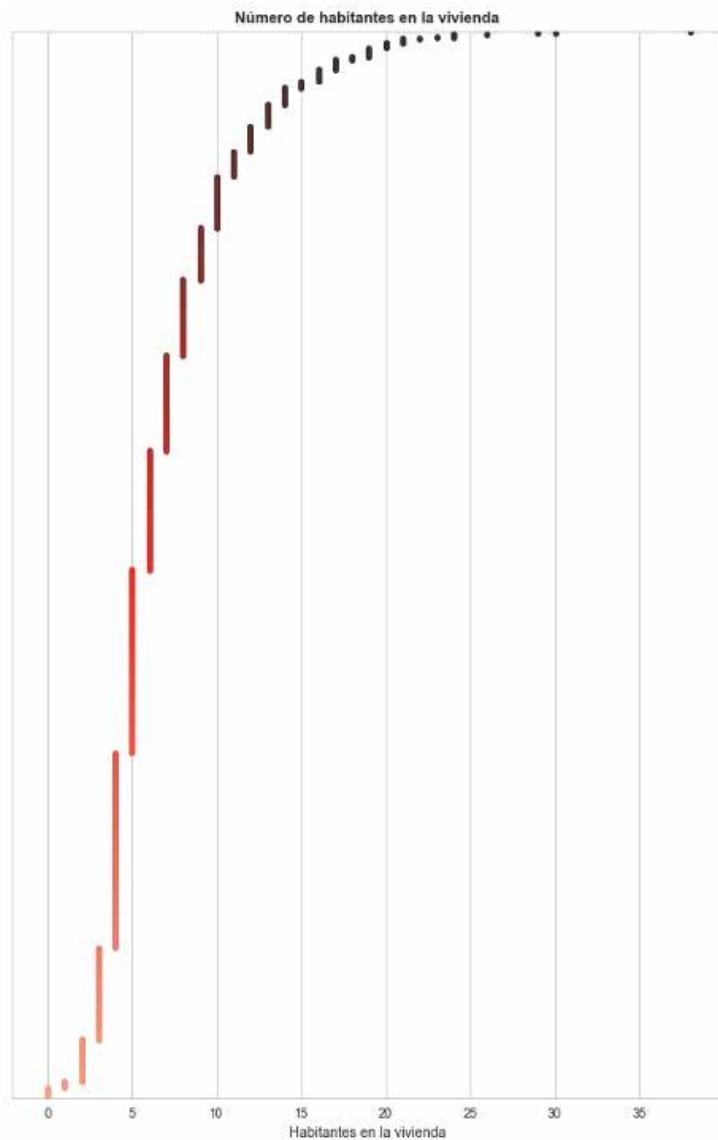
**Vivienda:** las variables de esta categoría están relacionadas con características de las viviendas, como el número de niveles, área del techo, material del techo y número de habitantes (VIV\_NIVELES; VIV\_AREA\_TECHO; VIV\_AREA\_TECHO\_CAT; VIV\_AREA\_TECHO\_STR; VIV\_MAT\_TECHO\_CAT; VIV\_MAT\_TECHO\_STR; VIV\_NUM\_HABS; VIV\_NUM\_FAMS; VIV\_NUM\_KIDS; VIV\_NUM\_ADULTS). Observamos que el valor promedio del área del techo es de 63 m<sup>2</sup> y la mediana es de 60 m<sup>2</sup> (**figura 9**).

**Figura 9.** Gráfico del área ( $m^3$ ) del techo promedio en las viviendas con SCALL instalados



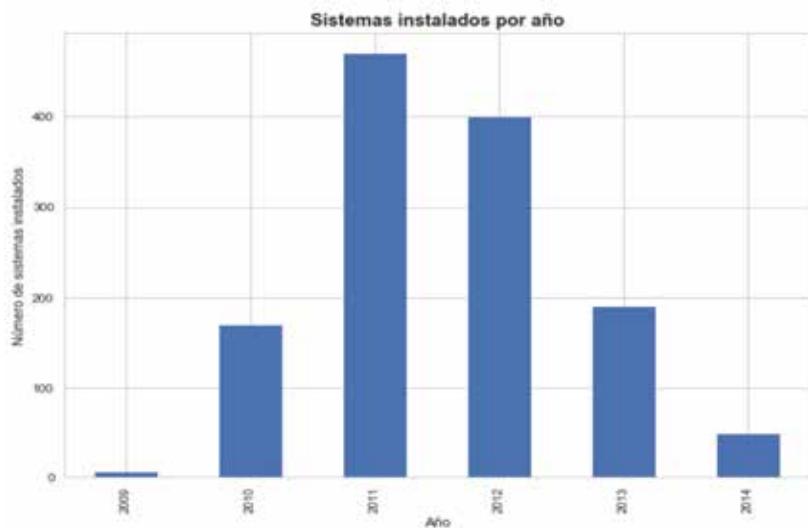
Igualmente, se estableció que el número de habitantes promedio por vivienda es de 6.7 personas con una mediana de 6 personas (**figura 10**).

**Figura 10.** Gráfico del número de habitantes en las viviendas con SCALL instalados

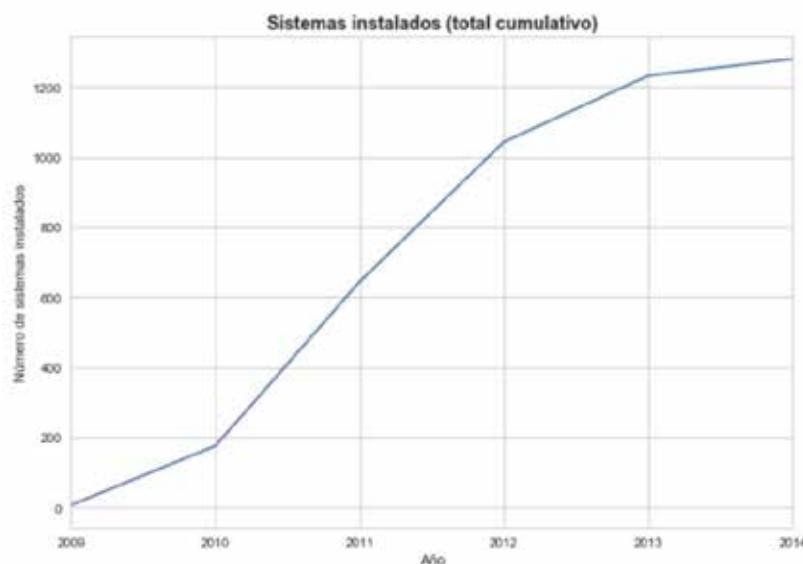


**Instalación:** esta categoría nos muestra una variable que se refiere a las fechas en las que fueron instalados los SCALL por Isla Urbana. Las fechas comprenden un rango de tiempo que va del año 2009 al año 2014 con una mayoría de sistemas instalados durante los años 2011 y 2012 (**figura 11** y **figura 12**).

**Figura 11.** Gráfico de los Sistemas de Isla Urbana instalados por año

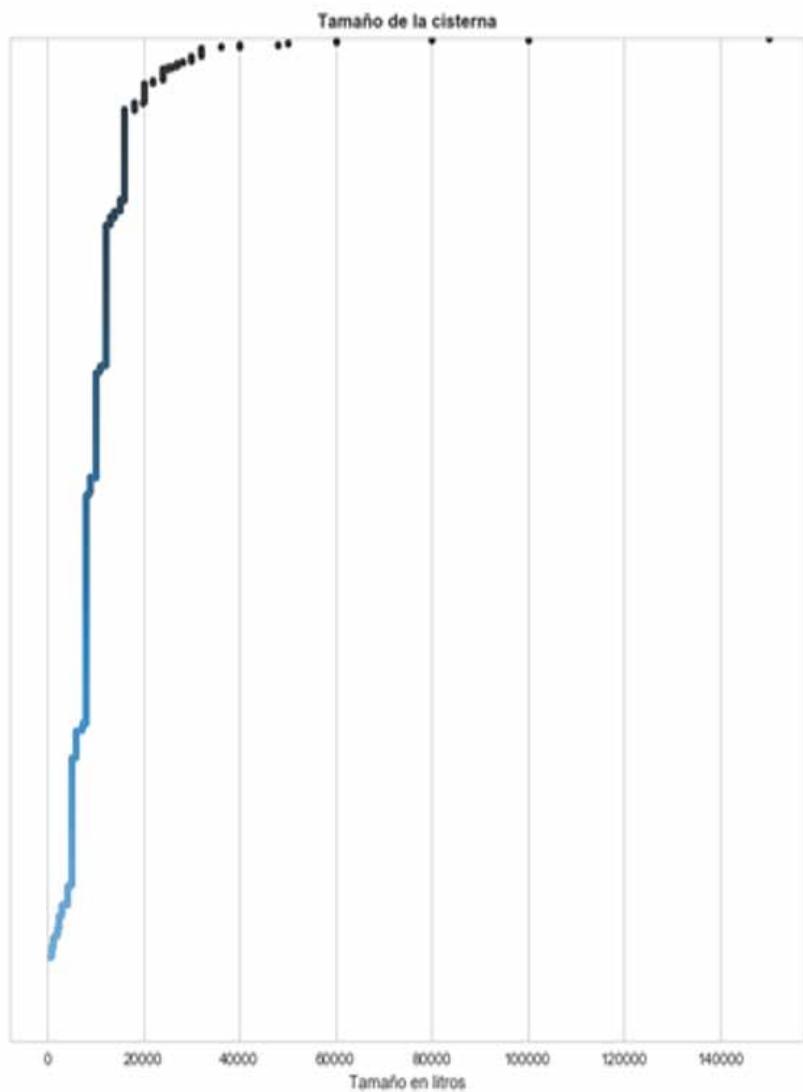


**Figura 12.** Gráfico de los Sistemas instalados por Isla Urbana entre 2009 y 2014 (total acumulativo)



Cisternas: el tamaño promedio de las cisternas en los hogares es de 10,377 litros y la media es de 8,000 litros (**figura 13**). Este número parece elevado, pero se explica por la dinámica del abastecimiento específico en la Alcaldía de Tlalpan, de donde provienen la mayoría de los registros de los SCALL instalados por Isla Urbana. De acuerdo con los registros de la base de datos, muchas de las casas aumentaron su capacidad de almacenamiento al momento de instalar el sistema. Según Isla Urbana, esto se explica porque los hogares en la Alcaldía de Tlalpan suelen tener una alta capacidad de almacenamiento dado que el servicio de agua por pipas les proporciona una cantidad de aproximadamente 8,000L, lo cual corresponde con la mediana.

**Figura 13.** Gráfico del tamaño promedio de las cisternas en litros



## Consumo de agua en la Ciudad de México

Para poder construir un modelo que pudiera medir el potencial de los SCALL en la disminución de la precariedad hídrica, es necesario contar con tres variables fundamentales: i) el consumo de agua en litros de forma espacial, es decir, las variaciones de consumo en diferentes zonas de la ciudad detallada de forma explícita espacialmente; ii) el abasto y almacenamiento por vivienda en términos de volumen de agua, y iii) el gasto o consumo de agua en zonas de asentamientos irregulares donde no hay agua potable de la llave, es decir, donde el agua no proviene del sistema de distribución de la ciudad por tubería. Algunos datos oficiales como el Módulo de Hogares y Medio Ambiente (MOHOMA) o la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH) no detallan estas tres variables que son necesarias para construir el modelo requerido. En el caso de los datos del MOHOMA (2017) se describe si hay agua potable y de qué calidad, y en la ENIGH se describe la frecuencia en la dotación (si es diaria, o cada dos, tres, cuatro, o cinco días) pero no lo detalla en litros. Es por eso que para este estudio, se utilizaron aproximaciones de los parámetros, rangos, hipótesis, encuestas e incluso algunos datos empíricos de *Isla Urbana* para poder parametrizar el modelo. Estos datos, aunque no correspondían a una muestra representativa de la ciudad, sirvieron para cubrir las necesidades del modelo en cuanto a las variables ya

que se pudo incluir a los asentamientos irregulares en el estudio, que es donde menos se cuenta con información y donde más podría requerirse una tecnología como los SCALL.

Para conocer más sobre el impacto del problema de escasez de agua en la Ciudad de México, particularmente sobre el consumo, abasto y almacenamiento de agua, se realizó una encuesta con la que se obtuvo información de 1,184 viviendas o registros.

Las fases del trabajo de campo fueron:

1. **Fase de preparación:** consistió en la elaboración del cuestionario para los residentes, el diseño y la selección de la muestra basada en el IPH, la capacitación del equipo para la aplicación y llenado de encuestas y la aplicación de pruebas piloto.
2. **Fase de implementación:** consistió en la aplicación de los cuestionarios a las colonias seleccionadas, así como la revisión y la verificación de los datos de campo.
3. **Fase de análisis:** consistió en la limpieza, verificación y la revisión de los datos recolectados en campo, así como la elaboración y entrega del presente informe.

Los datos pertenecen a viviendas de las 6 alcaldías en las que se encuentran asentamientos con un alto Índice de Precariedad Hídrica (IPH), viviendas que podían contar o no con un SCALL, de tal manera que se pudiera cuantificar el impacto social de los mismos.

### *Metodología*

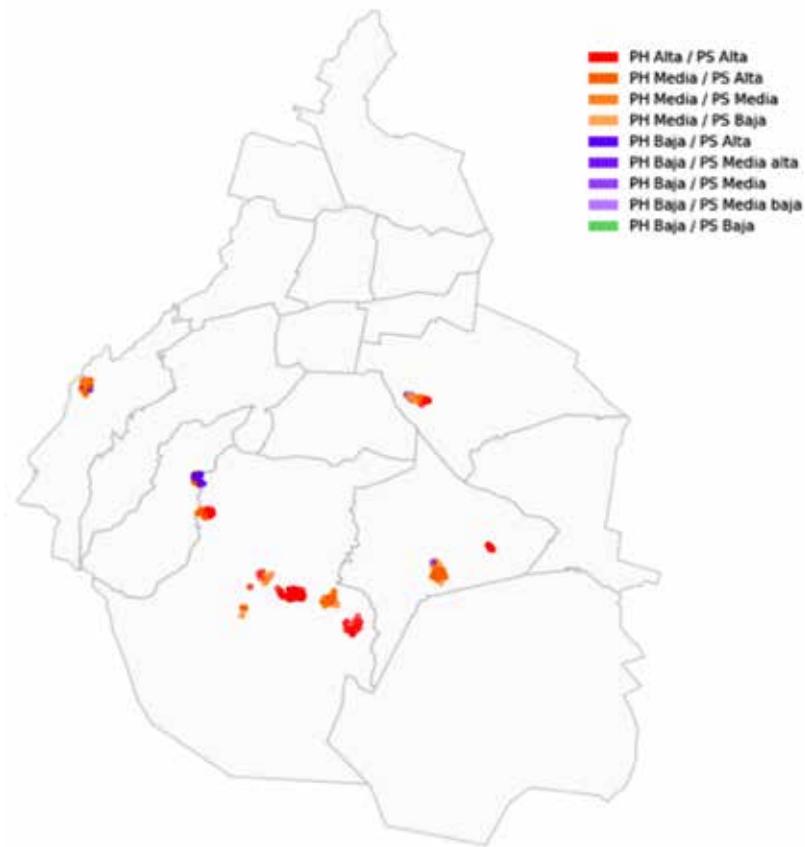
Se utilizó información de la base de datos proveniente de la asociación Isla Urbana sobre los lugares en donde se han instalado los SCALL, mismos que fueron georeferenciados. Con ello, se identificaron seis zonas con viviendas que reunían los requisitos necesarios para ser susceptibles de instalación de SCALL, con base en criterios relacionados con el Índice de Precariedad Hídrica; presencia de techos dentro de un rango de 2 a 9m, y no encontrarse dentro de un conjunto habitacional. Esta información sirvió de base para la aplicación de la encuesta para conocer más sobre los hábitos de consumo, disponibilidad de agua, costos y almacenamiento. Todos los detalles sobre el diseño de la encuesta, de la preparación de la base de datos, los softwares utilizados y el diseño del muestreo se detallan en el **Anexo 4**.

Las encuestas se aplicaron en tres períodos de tiempo y se hicieron tanto vía telefónica como de manera personal visitando las viviendas seleccionadas. Los períodos de la aplicación de encuestas, así como las colonias encuestadas fueron:

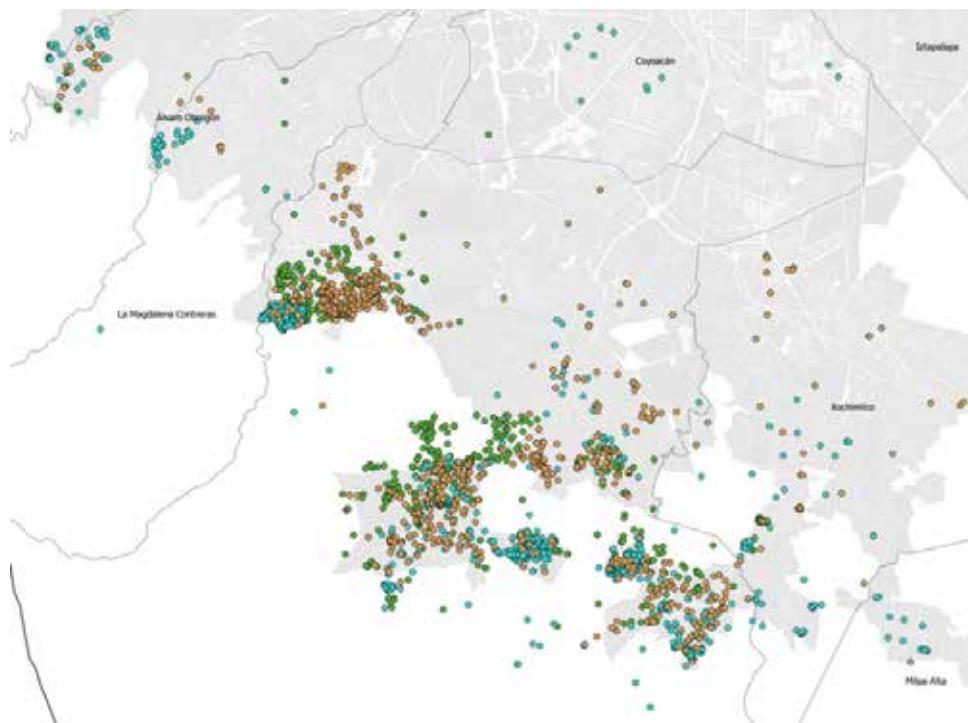
- **ENCUESTA 1 - julio de 2017:** aplicación de 330 encuestas en los hogares de las colonias y asentamientos con mayor estrés hídrico de acuerdo con el IPH (**mapa 26**). Las colonias fueron: Tliziclipa (Xochimilco); Castillo Grande (Gustavo A. Madero); San Pablo Chimalpa (Cuajimalpa); Valle de Luces (Iztapalapa) y Surco de Encinos (Magdalena Contreras).
- **ENCUESTA 2 - marzo de 2018:** aplicación de 593 encuestas en hogares seleccionados de acuerdo con su IPH en las colonias y asentamientos de San Miguel Tehuisco (Tlalpan); Valle de Luces (Iztapalapa); Gavillero (Magdalena Contreras); Tliziclipa (Xochimilco) y San Pablo Chimalpa (Cuajimalpa) (**mapa 26**).

- **ENCUESTA 3 - abril de 2018:** aplicación de 261 encuestas telefónicas en las viviendas que ya cuentan con un SCALL, los números telefónicos fueron proporcionados por Isla Urbana y correspondieron a una muestra de viviendas ubicadas en las colonias con mayor precariedad hídrica (Ver Capítulo II. - Colonias con mayor Precariedad Hídrica, **mapa 27**).

**Mapa 26.** Localización de las Viviendas Encuestadas y su Tipología



**Mapa 27. Ubicación de viviendas con SCALL de Isla Urbana**



Encuesta realizada por: PreRobo (Encuesta Isla Urbana)(color azul o turquesa); Robodata (Encuesta Isla Urbana) (color verde); Encuestas realizadas por los autores (color café).

Algunos apartados relevantes de la encuesta se enlistan a continuación:

- Información sobre las características de la vivienda para estimar la viabilidad del sistema de captación (i.e. m<sup>2</sup> del techo).
- Frecuencia de la distribución de agua por medio del servicio de agua potable (i.e. tandeo durante los períodos de estiaje y lluvia).
- Información sobre las diferentes fuentes de almacenamiento (tinacos, cisternas, piletas).
- Costos generados por el servicio de agua (derivados de la compra de pipas, garrafones, propinas a conductores de pipas, etc.).
- Percepción de la cantidad y calidad del agua (insuficiencia para cubrir necesidades básicas).

## Resultados

A continuación, se desglosan algunas observaciones generales de la encuesta realizada durante el mes de julio de 2017, que cuenta con 330 registros de hogares o viviendas que se encuentran en las colonias y asentamientos con mayor precariedad hídrica de acuerdo con el IPH.

- a) **Tliziclipa, Xochimilco.** Por ser asentamiento humano irregular, la alcaldía les entrega dos tambos de agua por familia. La propina a los piperos (choferes de pipas) oscila entre \$5 y \$10 por vivienda. Los vecinos comentaron que las pipas no llegan en los horarios que deberían. Mencionaron también que la calidad del agua de pipa no es buena y, por lo tanto, compran agua de garrafones para consumo humano. Para

recibir el agua de pipa existen lugares específicos (paradas) donde se forman los usuarios con sus respectivos tambos. Un vecino de cada parada verifica que la pipa llene todos los tambos.



**Fotos:** Colonia Tliziclipa

- b) **Surco de Encinos, La Magdalena Contreras.** Algunas viviendas ya hacen uso del agua de lluvia y tienen sus propios sistemas rudimentarios para capturar el agua de lluvia. Por lo general, la gente da una propina a los piperos de entre \$30 y \$50 pesos. También se organizan para comprar pipas privadas y, por lo general, pagan entre \$500 y \$1,200 pesos por pipa, monto que se divide entre 3 personas. Los vecinos se quejan de que los piperos no suben los días que les toca y en época de estiaje la problemática es mayor.



**Foto:** Colonia Surco de Encinos

- c) **Valle de Luces, Iztapalapa.** Las propinas que deben pagar por el agua a los piperos, van desde los \$20 hasta \$100 pesos. Los precios de las pipas privadas también varían, ya sea que paguen por tinaco \$100, \$800, o hasta \$1,000 pesos por una pipa chica. También se organizan entre vecinos para comprar una pipa, aunque no todos reciben la misma cantidad porque no todos tienen los mismos recipientes. En la parte

más urbanizada de la colonia la gente recibe el agua por tandeo o por red.



**Fotos:** Colonia Valle de Luces

- d) **San Pablo Chimalpa, Cuajimalpa.** Reciben agua por la red y cuentan con ojos de agua que funcionan como pozos. Muy pocos son los que compran agua de pipas y cuando lo hacen, a mayor cantidad de agua, mayor es la propina que tienen que dar a los piperos. Se encontró que sólo los pobladores de la parte alta son los que sufren de escasez, pero no crónica, y los de la parte baja ya cuentan con servicio de red de agua potable. Algunos vecinos mencionaron hacer uso de manantiales de agua, por lo que no todos compran garrafones. Además, algunos vecinos asocian la recepción del agua como un beneficio otorgado a partir de la entrada del gobierno del PRI, es decir, que ahora reciben más agua que antes. Cuentan con tanques públicos que ellos mismos construyeron y que cuando el sistema de la red falla, es de donde recolectan el agua y la cargan hasta sus casas.



**Fotos:** Colonia San Pablo Chimalapa

- e) **Castillo Grande, Gustavo A. Madero.** Todos reciben servicio por red de agua potable y aun cuando experimentan tandeo, la percepción general es que no tienen problemas de escasez de agua. No reciben servicio de pipas y esto también tiene que ver con la pendiente de la colonia en particular que se ubica en la parte alta, por lo que eso dificulta la subida de pipas; sin embargo, el agua que reciben es bombeada y

aunque no se tienen fotos, se pudieron observar los sistemas de bombeo que se ubican estratégicamente en toda la colonia. La mayoría no cuenta con cisternas porque el agua llega constante y en general cuentan con piletas o tinacos para almacenar el agua (aunque según ellos ya no han experimentado sequía prolongada). El principal problema no es la falta de agua, sino la calidad de la que se recibe. Asimismo, la percepción que tienen sobre el agua de lluvia es que está sucia.

A continuación, se desglosan algunas observaciones generales de la encuesta realizada durante los meses de marzo y abril de 2018, que cuenta con un total de 854 registros de hogares o viviendas para conocer las características de la vivienda, demanda de agua y capacidad de almacenamiento:

1. **Características de la vivienda.** El tamaño promedio de los hogares es de 5.9 habitantes. Por lo regular, esto implica un hogar conformado por 4.1 adultos y 1.8 niños. El área promedio de los techos con potencial para captar agua de lluvia es de aproximadamente 55.54 m<sup>2</sup>. Este valor corresponde con las medidas promedio registradas durante la instalación de SCALL realizados por Isla Urbana.
2. **Gasto en agua.** Este concepto incluye el gasto en agua entubada, pipas públicas (de la Alcaldía), pipas privadas y garrafones. En promedio, las viviendas gastan aproximadamente \$3,993.43 al año en agua, aproximadamente \$812.68 por habitante por vivienda. El 25.87% de las viviendas encuestadas tiene agua entubada. Esto significa que el uso de pipas es importante. El 66.51% de las viviendas usan pipas públicas y el 34.77% usan pipas privadas. Por último, el 92.97% de las viviendas compran garrafones.
3. **Capacidad de almacenamiento.** Este concepto corresponde al volumen de almacenamiento de agua en cisternas, tinacos y tambos. Las viviendas cuentan con una capacidad media de 6,125 L (La cifra promedio es cerca de 10 mil L, pero esto es debido a que en el caso de las viviendas en la Alcaldía de Tlalpan, la mayoría de las viviendas tienen gran capacidad de almacenamiento). El 58.78% de las viviendas tienen cisterna, la mayoría de éstas se encuentran en la Alcaldía de Tlalpan. El 81.49% de las viviendas tienen cuando menos un tinaco y el 58.07% tiene cuando menos un tambo.

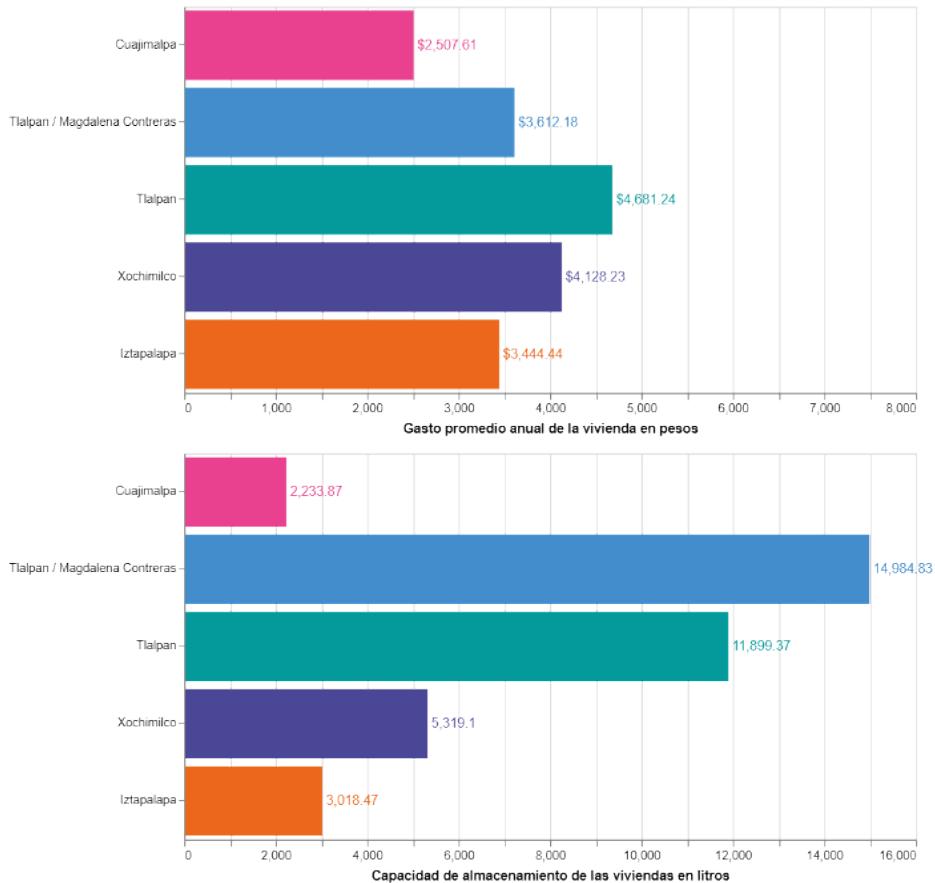
Los resultados entre alcaldías varían significativamente debido a que cada zona presenta características diferentes (**figura 14**). En general, en Tlalpan las viviendas tienen una capacidad de almacenamiento mucho mayor al resto de las zonas, en Xochimilco las viviendas tienen una infraestructura precaria dado que el uso de tambos prevalece, y en Cuajimalpa hay más viviendas con agua entubada. A continuación, se comparan los resultados entre las alcaldías en donde se aplicaron las encuestas telefónicas y de campo:

1. **Cuajimalpa - San Pablo Chimalpa.** Las viviendas de esta zona gastan en promedio \$2,507.61 al año en agua y tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 2,233.87 L. Esta zona es la que menos gasta en agua dado que en los últimos años las viviendas se han conectado a la red de agua potable. Por esta razón, no piden tantas pipas como las demás zonas, reduciendo su gasto total. Por otro lado, las vi-

viviendas de esta zona tienen la capacidad de almacenamiento más baja. Muy pocas tienen cisterna.

2. **Tlalpan / Magdalena Contreras - San Nicolás II, El Zacatón, Gavillero.** Las viviendas de esta zona gastan en promedio \$3,612.18 al año en agua, y tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 14,984.8 L. Esta zona tiene la capacidad de almacenamiento más grande. En parte, esto se debe a que Isla Urbana ya ha intervenido en muchas de las viviendas de esta zona.
3. **Tlalpan - San Miguel Ajusco, Jardines de San Juan, La Venta, San Miguel Topilejo.** Las viviendas de esta zona gastan en promedio \$4,681.24 al año en agua y tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 11,899.37 L. Esta zona es la que más gasta en agua, en parte por su ubicación remota. Por otro lado, las viviendas cuentan con una alta capacidad de almacenamiento. Una vez más, Isla Urbana ha trabajado en muchas de las viviendas de esta zona.
4. **Xochimilco - Tizitlipa, San Miguel.** Las viviendas de esta zona gastan en promedio \$4,128.23 al año en agua y tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 5,319.1 L. Las zonas de Xochimilco gastan bastante en agua debido a que el abastecimiento de agua es muy informal. Las viviendas no cuentan con agua entubada ni cisternas. Su capacidad de almacenamiento se basa en tambos y tinacos, los cuales son llenados por pipas públicas y privadas.
5. **Iztapalapa - Valle de Luces.** Las viviendas de esta zona gastan en promedio \$3,444.44 al año en agua y tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 3,018.47 L. Esta zona se ubica en el Cerro de la Estrella. La zona más próxima al cerro es más precaria. Dado que esta zona es más informal, es aquí donde las viviendas no cuentan con agua entubada y usan pipas públicas y privadas.

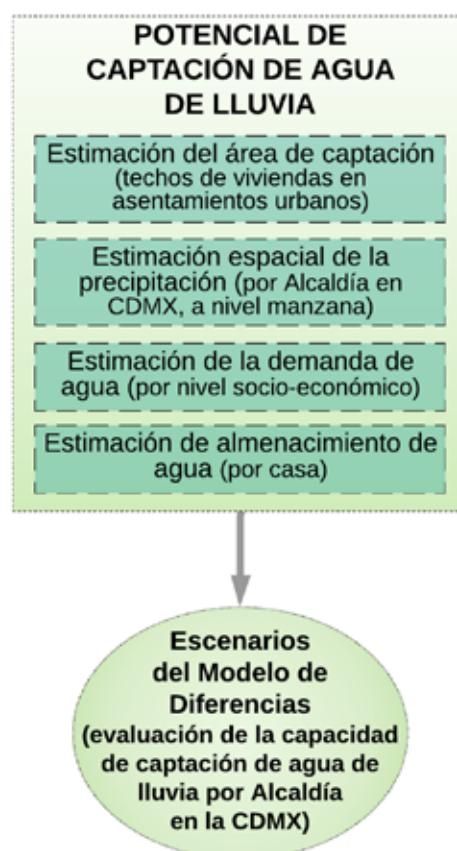
**Figura 14. Gasto en agua y capacidad de almacenamiento por vivienda por alcaldía**



## 4. ESCENARIOS PARA ESTIMAR EL POTENCIAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Con la finalidad de estimar el potencial de captación de agua de lluvia para la Ciudad de México, así como el número de SCALL que contribuirían a solucionar los problemas de escasez de agua en las zonas con mayor vulnerabilidad, se realizó un análisis espacial y un modelo matemático. Para dicho análisis se utilizaron como insumos las estimaciones de áreas de techo potenciales para captar agua de lluvia, datos sobre la precipitación anual, estimaciones con diferentes capacidades de almacenamiento de agua de lluvia para las viviendas, y estimaciones del consumo promedio de agua por habitante (**figura 15**). La explicación detallada de cómo se obtuvo la información antes mencionada, se señala en los Capítulos del I al III.

**Figura 15.** Pasos para estimar el Potencial de Captación de agua de lluvia

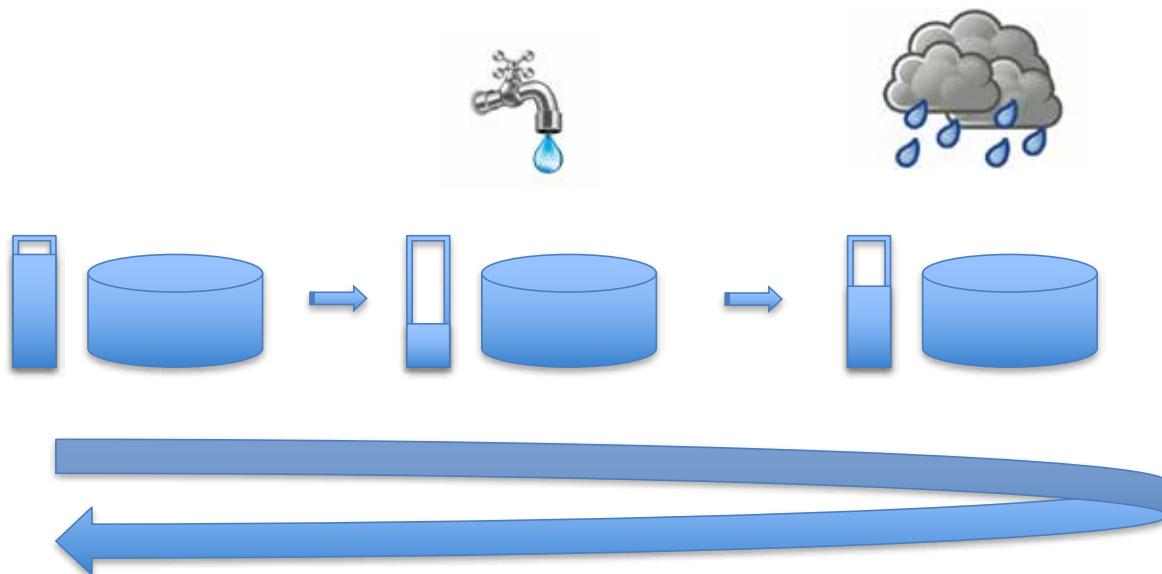


### Escenarios del Modelo de Diferencias

Se realizó un Modelo de Diferencias que consiste en generar una serie de escenarios para medir el efecto de la aplicación de un tratamiento en un periodo de tiempo determinado. En el caso

de esta investigación, el modelo fue generado para medir el efecto de la instalación de SCALL sobre la demanda de agua en áreas de mayor vulnerabilidad o precariedad hídrica (áreas que combinan altos niveles de pobreza, escasa precipitación y bajo consumo de agua). Los insumos del modelo derivan inicialmente de la identificación de las áreas de la CDMX (por Alcaldía y por colonia) que tienen mayor precariedad hídrica (detalladas en el Capítulo I). Posteriormente, el modelo se “alimenta” de cuatro variables: el área de captación (área de techos); el volumen de almacenamiento; el consumo o demanda de agua por manzana; y la cantidad de agua de lluvia diaria o precipitación (**figura 16**). Con ello se obtuvieron valores de la cantidad de agua de lluvia que puede captarse en un año.

**Figura 16.** Esquema de la estimación del potencial de la captación de agua de lluvia



## Metodología

El modelo para estimar el potencial de captación de agua de lluvia de un año en la CDMX por manzana ( $x$ ) en un tiempo ( $t$ ) de un día (en este caso  $t$  es un valor que está entre 1-361 que son los días del año con los que se contó con información) se realizó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\delta(x, t) = lluvia_{xt} * area_x - consumoDiario * habitantes_x$$

$$reserva(x, t) = \begin{cases} 0, & reserva(x, t) + \delta(x, t) \leq 0 \\ reserva(x, t) + \delta(x, t), & 0 < reserva(x, t) + \delta(x, t) < Q_x \\ Q_x, & reserva(x, t) + \delta(x, t) > Q_x \end{cases}$$

Donde:

- $lluvia_{xt}$ : promedio de precipitación pluvial diaria para un año ( $t$ ) por manzana ( $x$ ), estimada con base en datos espaciales y temporales de radar del año 2013.

- $\delta(x,t)$ : es el volumen de agua que cae en los techos del polígono  $x$  en el tiempo  $t$ , menos el consumo de agua para el polígono  $x$  en el tiempo  $t$ . Es decir, es el volumen de agua que cae en los techos, menos lo que cada vivienda utiliza. Este número puede ser positivo si cae más agua que la que se usa, o negativo si se usa más agua de la que cae.
- **Área  $x$ :** es el área de captación de agua de lluvia por manzana ( $x$ ). Se obtuvo calculando el total de área de techo por manzana que estuviera en un rango de 2 a 9 m, sin considerar aquellas viviendas de edificios multifamiliares (identificadas por tener áreas pequeñas de techos y alta densidad poblacional). Con el dato de área de techo por manzana, se dividió entre el número de viviendas para determinar la cantidad de SCALL posibles por manzana, este número se multiplicó por un factor de 0.75 que es el coeficiente de eficiencia de captación, ya que no es posible captar el 100% de agua de lluvia (el dato fue proporcionado por *Isla Urbana*). Cabe señalar que el número de sistemas por manzana está restringido tanto por número de viviendas como por el área de techo.
- **Consumo diario:** se plantearon en dos fases del estudio diferentes hipótesis de consumo de agua medida en litros por persona por día, las hipótesis se describen más adelante. El consumo diario en cada escenario se multiplicó por el número de habitantes  $_x$  por manzana ( $x$ ). Cabe señalar que el consumo diario vacía la cantidad de agua en la reserva que equivale a la suma de cisternas por manzana. Por ello, el agua de lluvia captada está limitada a las capacidades de almacenamiento.
- **Reserva ( $x,t$ ):** es el volumen almacenado para el polígono  $x$  en el tiempo  $t$ .
- **$Q_x$ :** es la capacidad de almacenamiento del polígono  $x$ .

La realización del Modelo de Diferencias consistió en dos fases exploratorias en las que se probaron diferentes valores de las variables que alimentan el modelo.

Para la fase 1 del Modelo de Diferencias se exploraron diferentes escenarios utilizando los siguientes valores:

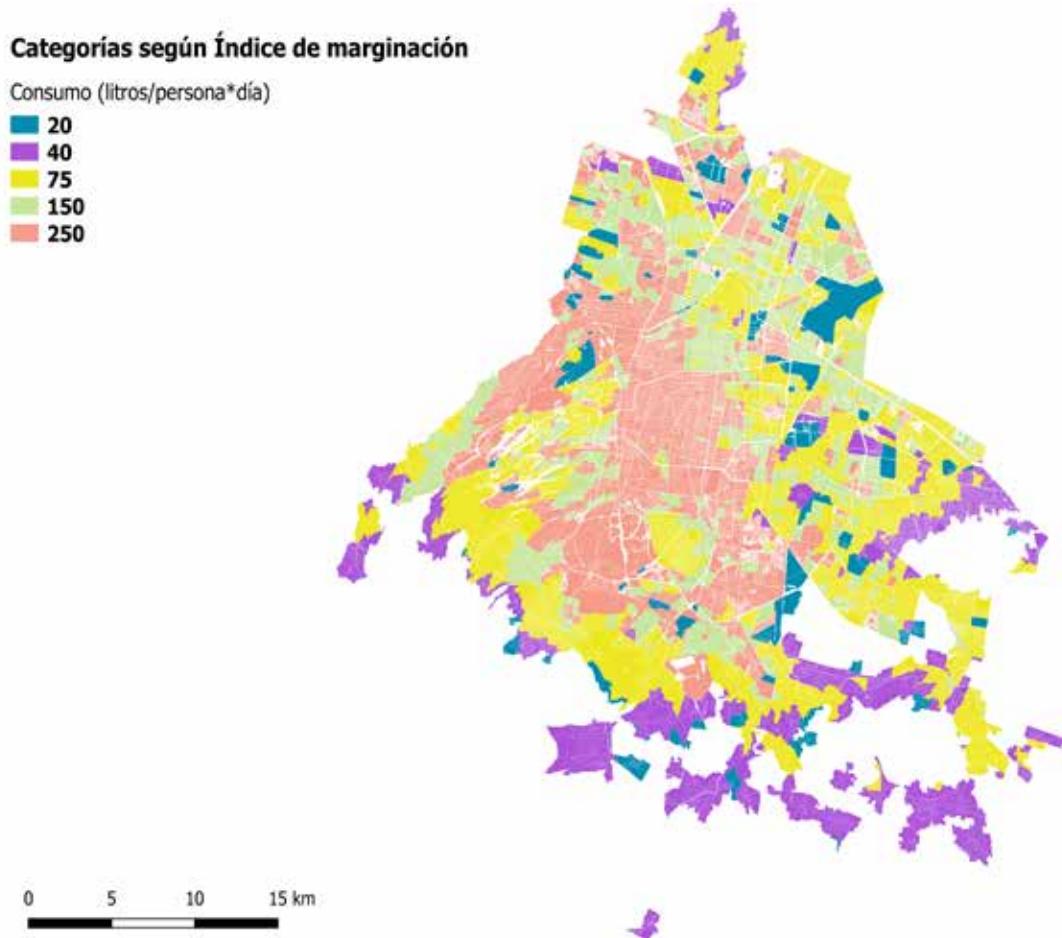
- **Área de techo:** se utilizaron tres medidas de área de techo diferentes: 35, 60 y 85 m<sup>2</sup>. Se tomó como referencia que el área promedio de las viviendas en las que se han instalado SCALL tiene un valor de 60m<sup>2</sup>. (Ver Capítulo III – Análisis Exploratorio de los Datos).
- **Volumen de almacenamiento:** se utilizaron tres valores de capacidad de almacenamiento en cisternas : 2,500; 5,000 y 10,000 L. Se utilizó como valor máximo la capacidad de 10,000 L que es el volumen más común en las viviendas en las que *Isla Urbana* ha instalado SCALL, ya que la casas generalmente reciben un promedio de 8,000 L de agua de las pipas que les abastecen. De ahí se tomaron los dos volúmenes que tienen las cisternas comerciales.
- **Consumo diario por persona:** se plantearon tres hipótesis de consumo de agua —medida en litros por persona por día—, las hipótesis suponen consumos de: 20, 50 y 100 L/ persona/día para todos los habitantes de la ciudad (sin hacer distinción de acuerdo con su nivel socioeconómico o tipo de suelo ).

Para poder realizar un modelo más cercano a la realidad de la ciudad con respecto a la preca-

riedad hídrica y a los índices de marginación, se hizo en una segunda fase del modelo de diferencias, una variación en el consumo diario por persona. Por lo tanto, las variables que se utilizaron en esta fase 2 fueron las siguientes:

- Área de techo: se utilizó para esta fase únicamente el valor de 60m<sup>2</sup> de área de techo ya que fue el valor promedio propuesto por Isla Urbana (Ver Capítulo III – Análisis Exploratorio de los Datos).
- Volumen de almacenamiento: se utilizaron solamente dos valores de capacidad de almacenamiento en cisternas: 5,000 y 10,000 L.
- Consumo diario por persona: de acuerdo con el índice de marginación se estimaron 5 categorías de consumo: 20, 40, 75, 150 y 250 L/persona/día (**mapa 28**).

**Mapa 28.** Consumo aplicado según nivel de marginación



El modelo de diferencias desarrollado en esta investigación consiste en una serie de ecuaciones matemáticas dinámicas (de serie de tiempo), donde el resultado de t1 (día 1 del año) informa los parámetros de t2 (día 2 del año), y así sucesivamente hasta que se termina el año (t365, aunque para este modelo se utilizaron 361 días). El modelo es dinámico porque cada día llueve y se con-

sume agua de la cisterna en cada casa. Por ello, la cantidad de agua disponible en la cisterna en el día 2 ( $t_2$ ) depende de la cantidad de agua que quedó en la cisterna al final del día 1 (cantidad que depende del nivel de consumo y del agua captada en  $t_1$ ). Este modelo con ecuaciones de diferencias fue generado utilizando el lenguaje de programación *Python* y el software QGIS (QGIS 2017) para utilizar la información contenida en capas tipo Ráster (en adelante capa). Para cada escenario se generaron capas individuales con el fin de facilitar la replicabilidad de estos escenarios. La información contenida en cada capa está detallada a nivel de manzana. En total, la Ciudad de México tiene 63,239 manzanas, de tal manera que cada capa contiene información en una base de datos que consta de 63,239 filas, que corresponden a las manzanas, y 374 columnas que corresponden a los datos promedios de lluvia o precipitación diaria por manzana de 361 días (provenientes de la información generada por el Radar Catedral para el año 2013 [CONAGUA, 2013], con excepción de 4 días) y 13 columnas más con información de la población de acuerdo con el censo del año 2010 del INEGI (INEGI, 2010). El proceso para la generación de las capas utilizadas para correr el modelo se detalla en el **Anexo 5**.

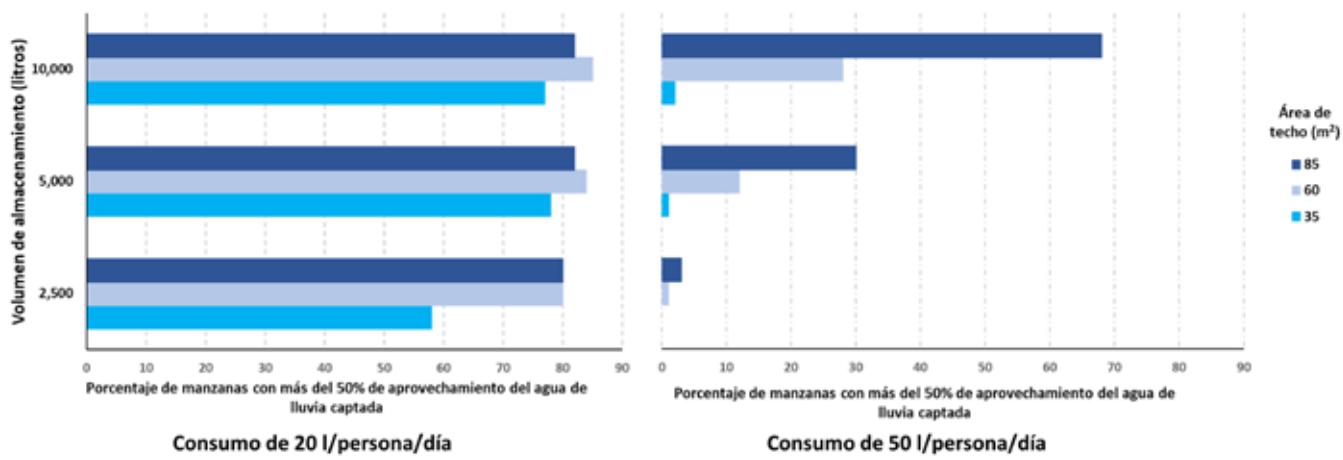
## Resultados

Los resultados se presentan en nueve grupos o conjuntos de escenarios derivados de combinar tres volúmenes de almacenamiento (que varían entre los 2,500; 5,000 y 10,000 L) con tres áreas de techo (que varían entre los 35; 60 y 85 m<sup>2</sup>), y con tres niveles de consumo (que varían entre los 20; 50 y 100 L/persona/día). La descripción de todos los escenarios se muestra en el **Anexo 6**.

De manera general los resultados de las simulaciones muestran que el área de techo influye en el volumen de agua utilizada y acumulada afectando por lo tanto a la eficiencia del aprovechamiento de agua de lluvia captada por manzana. A mayor área de techo, mayor eficiencia en el aprovechamiento; además, los resultados de los escenarios, considerando áreas de techo de 60 m<sup>2</sup> y 85 m<sup>2</sup> son más parecidos entre sí entre los escenarios para un área de techo de 35 m<sup>2</sup> (**figura 17**). El tamaño de la cisterna o volumen de almacenamiento no parece afectar a los resultados. Es decir, si comparamos entre escenarios con distinto volumen de almacenamiento, pero el mismo consumo diario por persona y la misma área de techo, los resultados son similares (**figura 17**). De hecho, el tamaño de la cisterna es un factor que solo cambia aproximadamente un 2% de la capacidad de aprovechamiento, mientras que el área del techo puede variar hasta un 20% la capacidad de aprovechamiento, si se estima un área del techo con un área de entre 35 y hasta 85 m<sup>2</sup>. Existe una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua por persona diario (i.e. a mayor consumo, menor eficiencia de aprovechamiento). Espacialmente, las manzanas con mejor aprovechamiento del agua de lluvia se encuentran en la parte centro-oeste de la ciudad.

Al explorar todos los escenarios del Modelo de Diferencias, se concluyó que la variable más sensible es el consumo por persona. Con un consumo de 50 L/persona/día es posible que sólo 15% de las manzanas de la ciudad completen más de la mitad de su demanda con agua de lluvia. Sin embargo, si se estima un consumo 20 L/persona/día, es posible que las viviendas completen hasta 70% de su demanda con agua de lluvia (**figura 17**).

**Figura 17.** Resultados de los escenarios según el consumo (gráfica izquierda vs. derecha), tamaño de la cisterna (cada agrupación de barras) y área del techo (por color de las barras)



En una segunda fase de la exploración, y con el fin de tener un modelo más cercano a la realidad de la ciudad con respecto a la precariedad hídrica e índices de marginación, se consideraron dos escenarios con valores intermedios para obtener el nivel de aprovechamiento del agua captada, es decir, aquellos en los que se tomó un consumo de 50 L/persona/día:

1. 60 m<sup>2</sup> de área de techo y una cisterna de 5,000 L.
2. 60 m<sup>2</sup> de captación área de techo y una cisterna de 10,000 L.

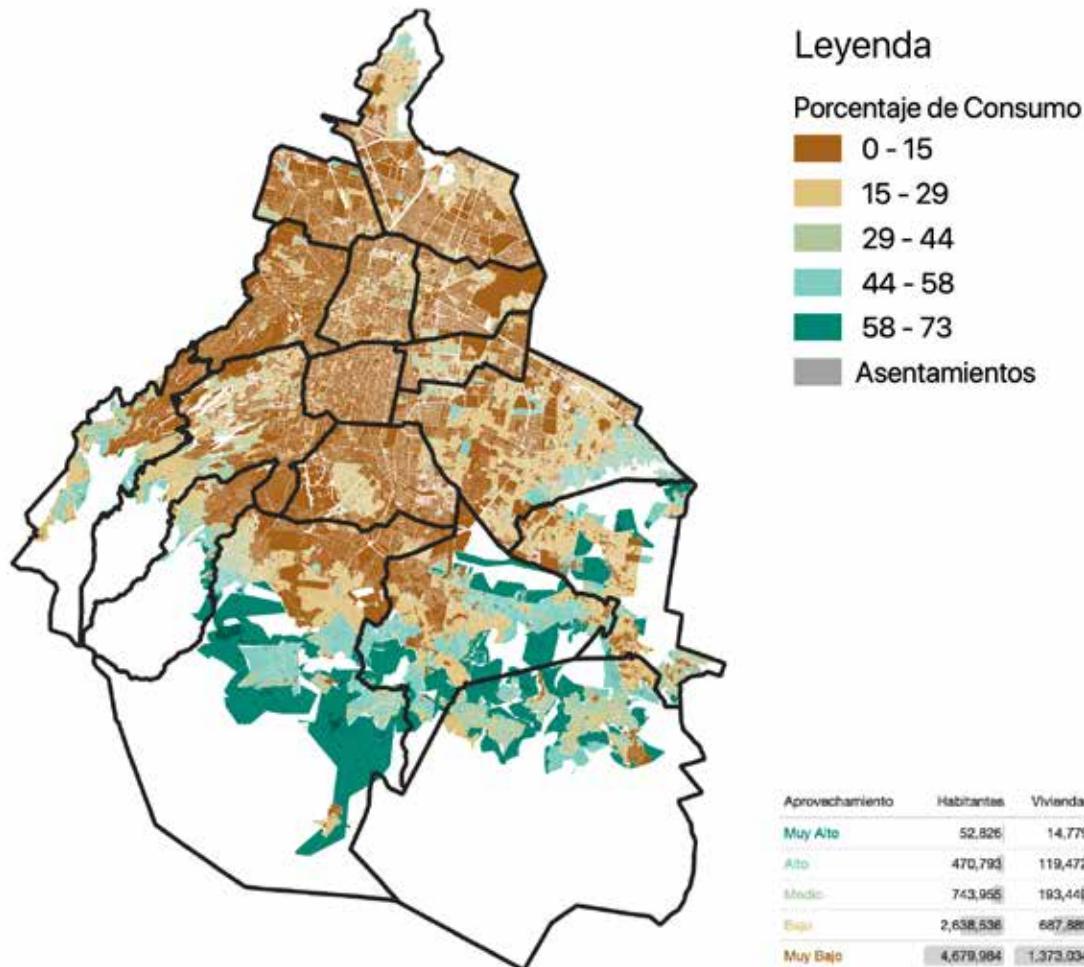
Para un escenario con cisternas de almacenamiento de 5,000 L, se obtuvo un valor total de 38,724,798,270 m<sup>3</sup> de volumen anual de captación (más de 38 mil millones de litros) en la CDMX. En cambio, con un escenario de cisternas con 10,000 L de capacidad de almacenamiento se obtuvo un total de 39,965,634,864 m<sup>3</sup> de volumen anual de captación (casi 40 mil millones de litros). Los volúmenes de agua captados para ambos escenarios representan alrededor de 4% la dotación del agua anual de la CDMX para ambos escenarios. Además, este volumen significa aproximadamente 1.2-2.1 m<sup>3</sup>/s en el volumen anual, lo cual representa entre 3.7-6.5% del volumen de agua actual de la dotación que recibe la CDMX<sup>2</sup>.

Para obtener el nivel de aprovechamiento bajo los escenarios mencionados, se determinaron 5 categorías con rangos equidistantes de aprovechamiento de agua de lluvia para cada manzana. Las categorías varían entre el 0 y el 88% y son: (MA) muy alto (88%-58%); (A) alto (58%-44%); (M) moderado (44%-29%); (B) bajo (29%-15%) y (MB) muy bajo (14%-0%). El nivel de aprovechamiento por manzana fue calculado tomando la cantidad de agua de lluvia capturada, dividido por la demanda total de agua. El nivel de aprovechamiento da valores entre 0 y 1; cuando el valor es 1 significa que el 100% de la demanda se satisface con agua de lluvia; si el valor es 0 significa que no se satisface la demanda; si el valor es de 0.5 significa que la mitad de la demanda se satisface. Los niveles de aprovechamiento para toda la CDMX bajo un escenario de consumo de acuerdo con el índice de marginación se muestra en el mapa 29. Como se puede observar, las

<sup>2</sup> El consumo actual en la CDMX es de 32.1 m<sup>3</sup>/s de acuerdo con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que equivale a 83 millones de m<sup>3</sup> al mes, o 996 millones de m<sup>3</sup> al año. SACMEX (2012). El Gran Reto del Agua en la Ciudad de México. Pasado, presente y prospectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo. México: Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX).

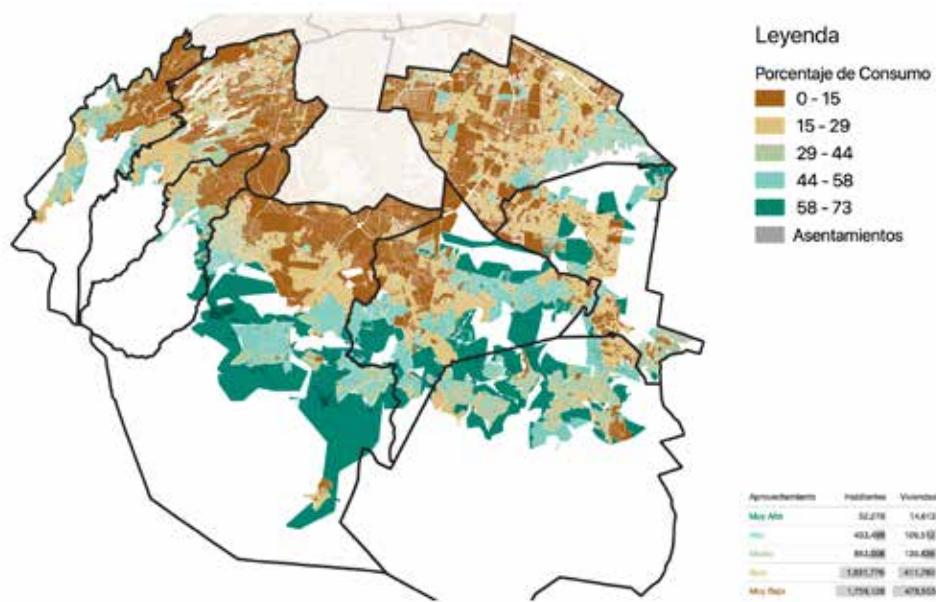
viviendas con mayor nivel de aprovechamiento de agua de lluvia (valores cercanos a 1 e identificadas con colores verde y café) se encuentran en la zona sur de la ciudad, en las alcaldías que se han definido anteriormente como aquellas que tienen una mayor precariedad hídrica.

**Mapa 29.** Nivel de aprovechamiento de agua en la CDMX bajo un escenario con consumo de agua de acuerdo con el índice de marginación

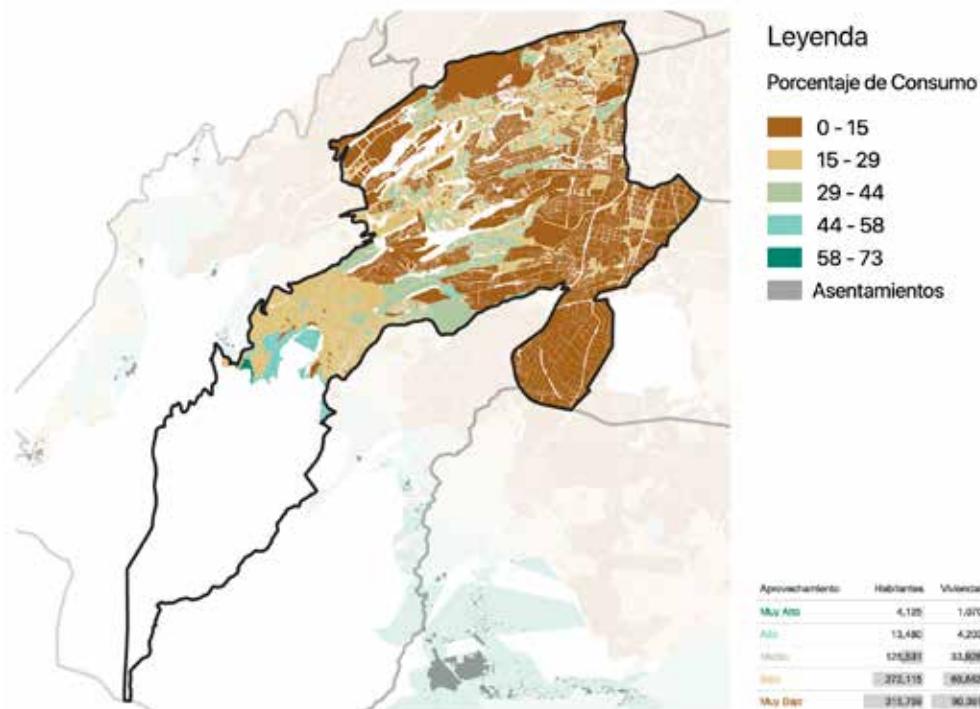


A continuación se muestran los mapas por alcaldías con las áreas definidas por porcentaje de consumo y niveles de aprovechamiento, detallando el número de habitantes y de viviendas (**mapa 30 al mapa 38**); todos los mapas se generaron considerando un consumo establecido con base en los índices de marginación. En aquellas manzanas donde se presenta precariedad hídrica alta y se puede cubrir más de 70% de su demanda con SCALL, se asumió una precariedad hídrica baja. Por otro lado, las manzanas que logran satisfacer entre el 30 y 70% de su demanda pueden cambiar de alta a media, o de media a baja (**mapas 39 y 40**).

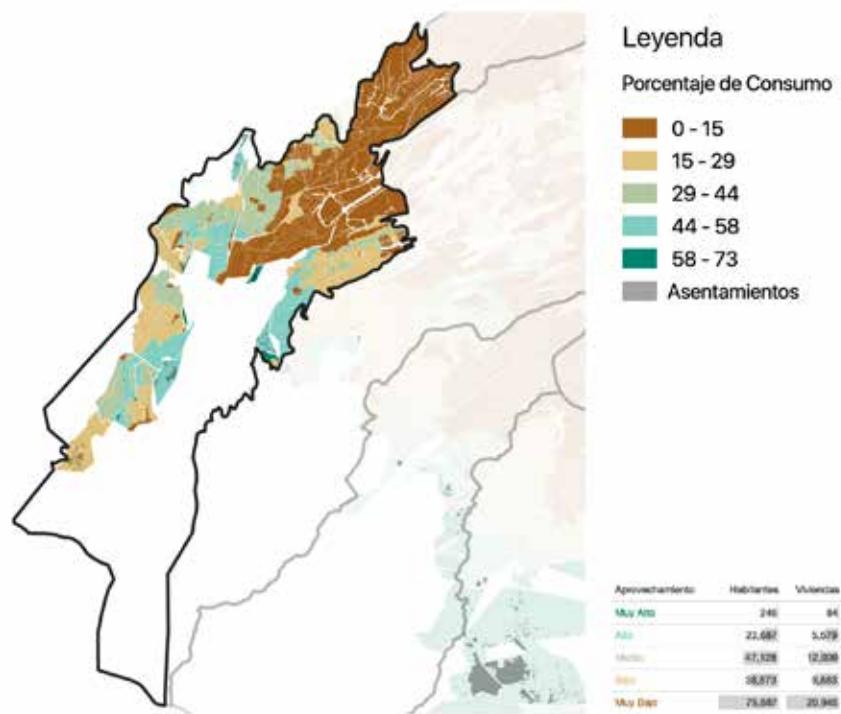
**Mapa 30.** Modelo de diferencias de la zona sur de la CDMX (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



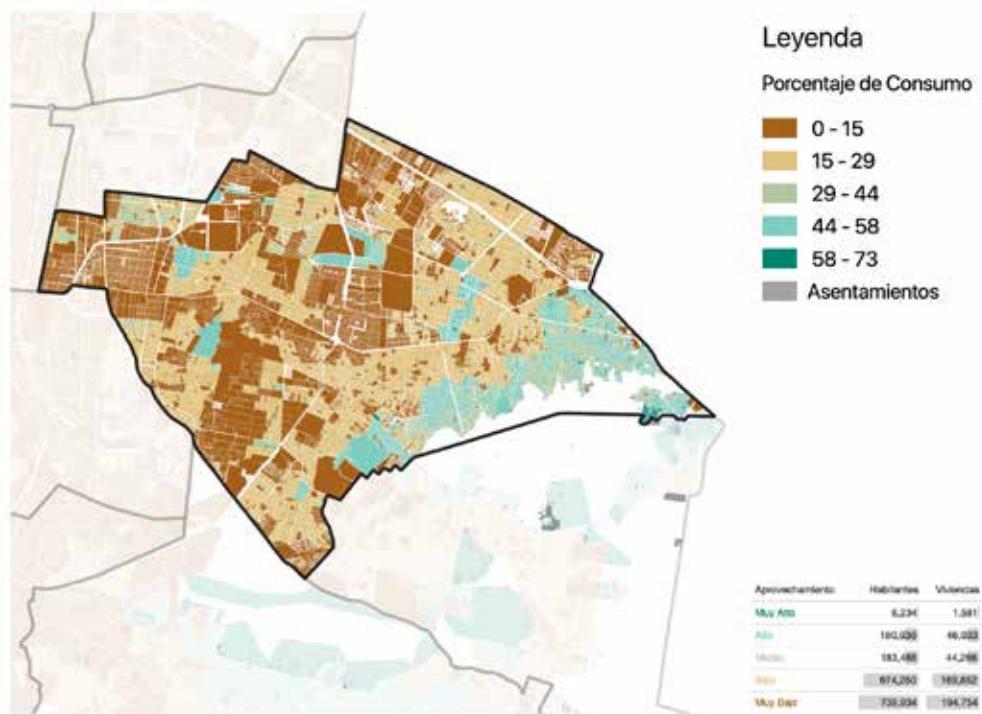
**Mapa 31.** Modelo de diferencias de Álvaro Obregón (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



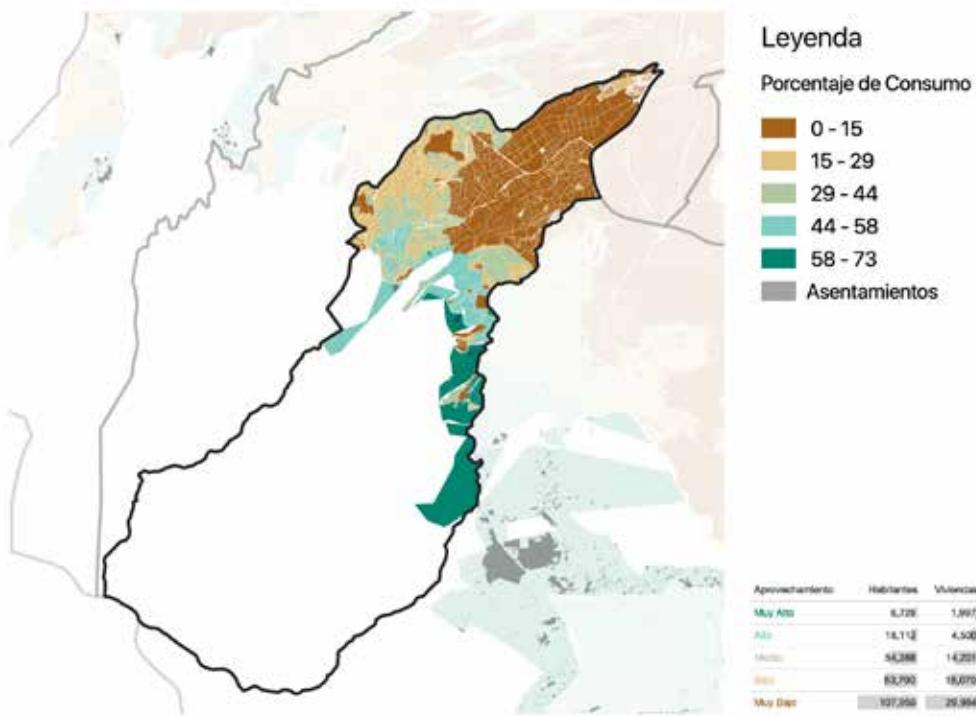
**Mapa 32.** Modelo de diferencias de Cuajimalpa (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



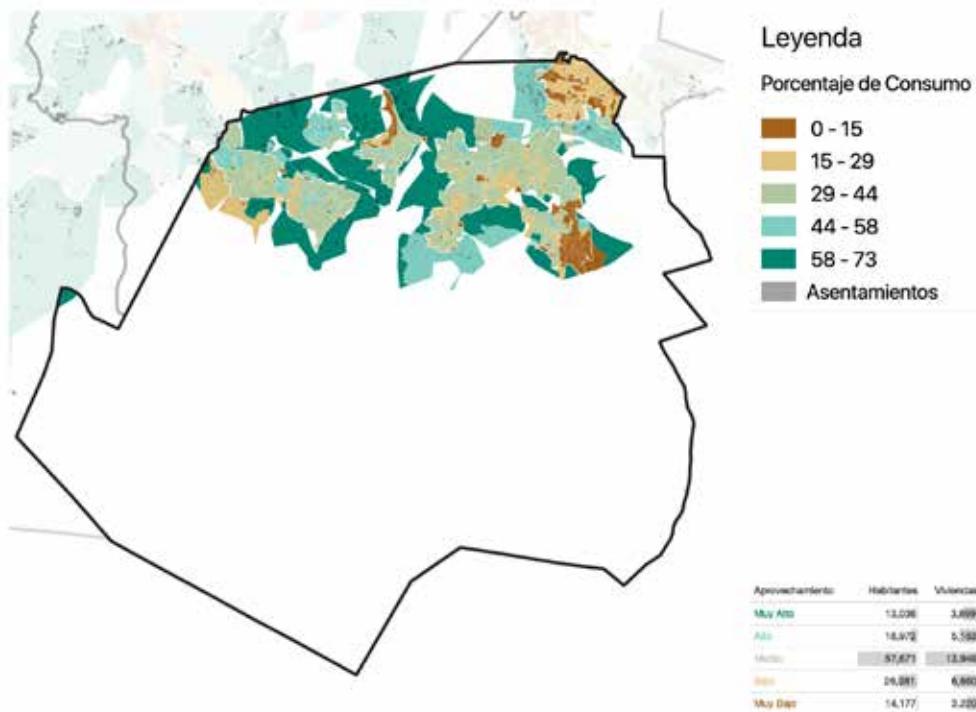
**Mapa 33.** Modelo de diferencias de Iztapalapa (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



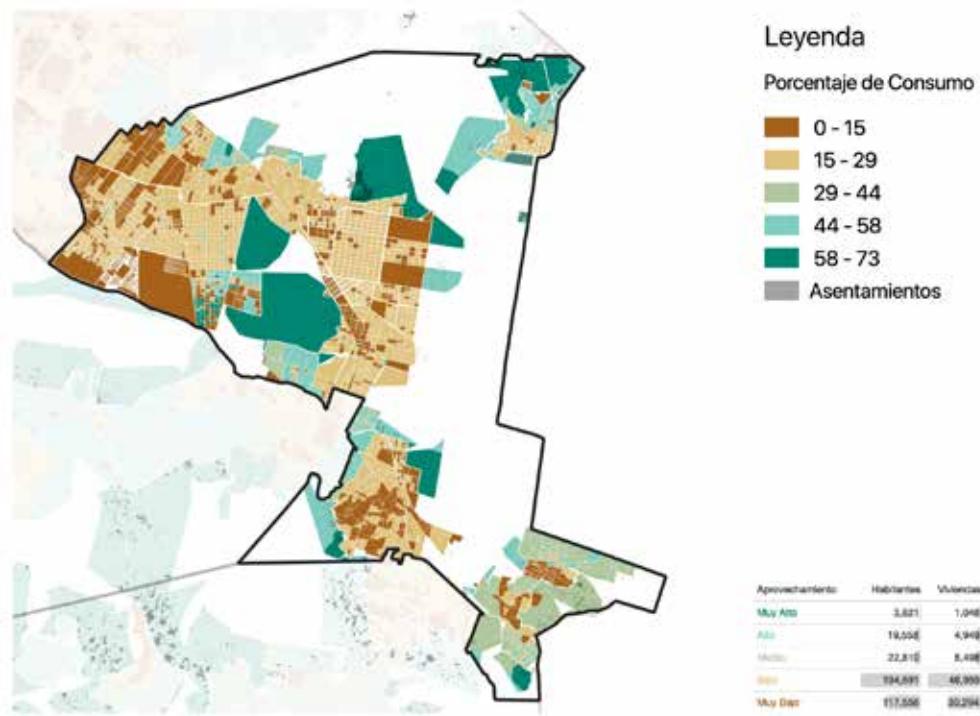
**Mapa 34.** Modelo de diferencias de Magdalena Contreras (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



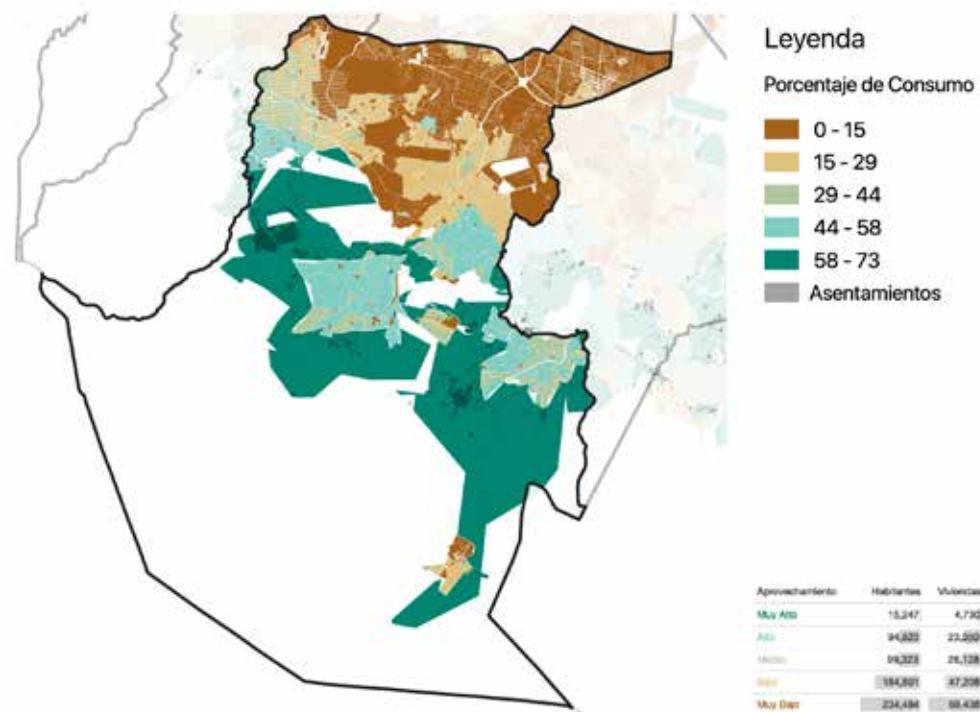
**Mapa 35.** Modelo de diferencias de Milpa Alta (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



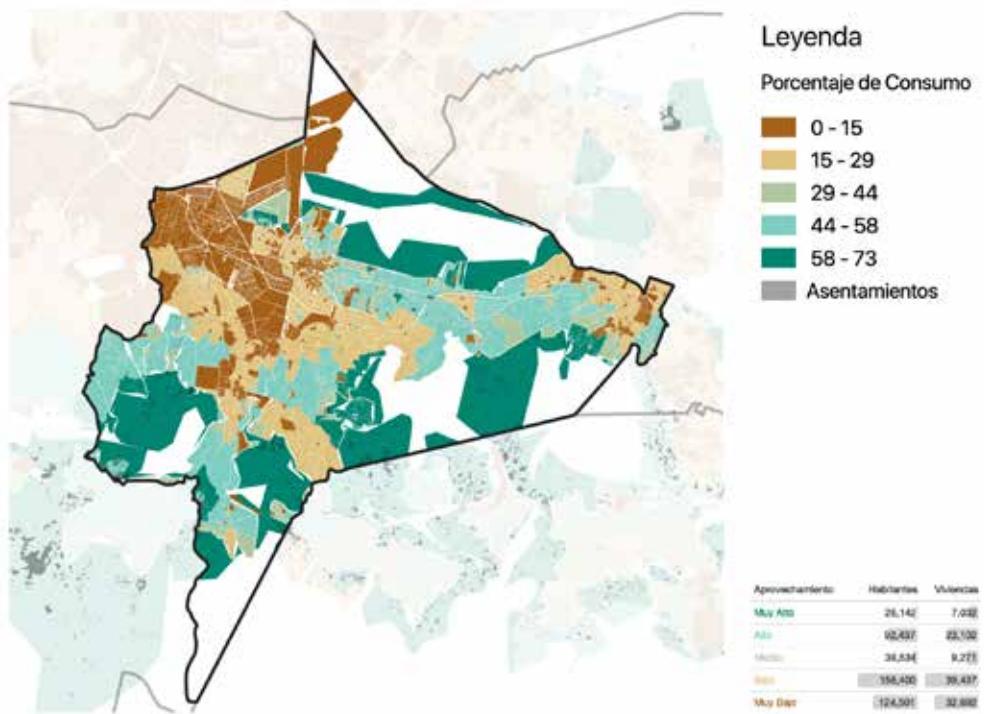
**Mapa 36.** Modelo de diferencias de Tláhuac (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



**Mapa 37.** Modelo de diferencias de Tlalpan (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



**Mapa 38.** Modelo de diferencias de Xochimilco (consumo según marginación y con cisternas de 5000 L)



## 5. PRINCIPALES HALLAZGOS Y CONCLUSIONES

En esta sección se señalan los resultados más relevantes obtenidos a partir de los análisis descritos en los **Capítulos I al IV**. Cabe señalar que todas las estimaciones y modelos se realizaron bajo condiciones de alta incertidumbre debido, principalmente, a la carencia de información precisa y confiable proveniente de datos gubernamentales e institucionales. Como se explica en el **Anexo 3**, inicialmente este estudio se pretendió hacer con dicha información; sin embargo, al no encontrarla se procedió a la obtención de datos a partir de otras fuentes (i.e. encuestas, censos, capas geográficas y cálculos estadísticos).

### Consideraciones metodológicas y oportunidades para estudios futuros

Hay cuatro ejes del estudio que podrían potencialmente mejorar y dar una mayor robustez al estudio. Estos ejes son i) añadir a los modelos aspectos de cambio climático y de variabilidad climática; ii) mejorar el índice de precariedad hídrica; iii) disminuir la incertidumbre del modelo mejorando la información de las variables como el consumo, área del techo y almacenamiento, y iv) medir los impactos en la pobreza. El modelo de diferencias se realizó con datos de lluvia del año 2013 (los datos disponibles al tiempo de estudio). Sin embargo, sería mejor realizar los modelos para distintos años, de esta manera se puede medir mejor la sensibilidad del modelo ante variaciones climáticas que se dan en diferentes años, o ante eventos climáticos como tormentas. Incluso, sería importante incluir un escenario de cambio climático que considere las posibles afectaciones sobre la captación de agua de lluvia, considerando variaciones en la intensidad o frecuencia de las tormentas, o incluso considerando años de bajas precipitaciones. El índice de precariedad hídrica y de precariedad social fue construido utilizando variables como marginación y desarrollo, mismas que son construidas con otras variables como educación y hacinamiento. Esto puede generar un sesgo en los índices ya que puede duplicarse el peso de las variables. En un futuro, sería mejor construir un índice con variables “en crudo”, es decir, sin estar compuestos a su vez por otros índices, tal vez utilizando pesos ponderados por expertos o apoyados con estudios previos.

El tercer punto de mejora es obtener una muestra más representativa de la encuesta, idealmente ésta debería ser de aproximadamente 2,500 casas para estimar el consumo o gasto de agua, el abasto, y tamaño real del área del techo. Los datos oficiales no miden todas estas variables y, mucho menos, cuentan con información de los asentamientos irregulares. Tener una muestra más grande podría contribuir a disminuir la incertidumbre y la varianza de los datos. Finalmente, se recomienda estimar el impacto de SCALL en la pobreza en estudios futuros, ya que no fue posible hacerlo en este estudio. Esto implicaría tres pasos: i) generar un índice de pobreza multidimensional (por ejemplo, basado en las recomendaciones de la PNUD [2019] que incluso, podría incluir el consumo y gasto de agua); ii) generar información socioeconómica de base para la CDMX y a escala de manzana (lo cual actualmente no está disponible en datos oficiales), y iii) modelar las dinámicas y variación tanto de la pobreza como de las condiciones socioeconómicas de las viviendas con la instalación de SCALL. Para lograr lo anterior, se requiere de un esfuerzo para generar información confiable y amplia que resultará en una estimación del impacto de los SCALL en la pobreza.

En este estudio, se realizaron análisis específicamente acotados a la actual tecnología de SCALL con la que cuenta la asociación *Isla Urbana*. Esto quiere decir, que se consideraron viviendas con precariedad hídrica, áreas de techo de viviendas pequeñas ( $60m^2$ ) y sistemas de almacenamiento con capacidad máxima de 10,000 L. Con dichas especificaciones particulares que soportan el tipo de tecnología con la que cuenta Isla Urbana, se estimó el potencial de captación de agua de lluvia para la CDMX. Además, es importante señalar que para conocer el potencial de captación de agua de lluvia con condiciones de área de techo y capacidad de almacenamiento mayores, sería necesario hacer nuevos análisis y modelos para obtener dichas proyecciones y estimaciones. A continuación, se enlistan los principales hallazgos de esta investigación:

#### **Precariedad hídrica:**

- EL Índice de Precariedad Hídrica (PH) muestra que en la Ciudad de México existen aproximadamente 38,000 viviendas y 148,000 personas con alta precariedad hídrica y alta precariedad social, ya que la mayoría de las viviendas no cuentan con agua entubada, sino agua por tandeo. Muchas de estas viviendas se caracterizan por estar ubicadas en asentamientos humanos irregulares y condiciones de hacinamiento.
- Las principales alcaldías con altos grados de precariedad hídrica se ubican al sur de la ciudad, principalmente en Tlalpan, Iztapalapa, Xochimilco, Milpa Alta, Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Tláhuac.
- Las colonias con mayor número de población con precariedad hídrica por cada Alcaldía son: San Gregorio Atlapulco y Plan de Ayala (Xochimilco), San Miguel Topilejo y San Miguel Ajusto (Tlalpan), Morelos y la Conchita (Tláhuac), San Salvador Cuauhtenco y San Bartolomé Xicomulco (Milpa Alta), San Nicolás Totolapan (Magdalena Contreras) Unidad Habitacional Cabeza de Juárez y el Parque Nacional Cerro de la Estrella (Iztapalapa), Tlapexco y Granjas Modernas (Gustavo A. Madero), Desierto de los Leones y San Pablo Chimalpa (Cuajimalpa de Morelos) y Santa Rosa Xochiac y Rancho San Francisco (Álvaro Obregón).

#### **Antecedentes de Isla Urbana:**

- De acuerdo con el análisis exploratorio de los datos de Isla Urbana y su trabajo previo en la CDMX, se encontró la siguiente información sobre las viviendas que ya cuentan con un SCALL: el valor de la mediana del área del techo es de  $60 m^2$ , el número de habitantes por vivienda es de seis personas, y el tamaño de las cisternas en los hogares es de 8,000 litros (de acuerdo con los datos, la mayoría de las casas aumentaron su capacidad de almacenamiento al momento de instalar el sistema).
- De acuerdo con la información de 854 encuestas realizadas tanto en viviendas con SCALL como viviendas que no cuentan con dicho sistema, se encontró lo siguiente:
  - **Características de la vivienda.** El tamaño promedio de los hogares es de 6 habitantes. Por lo regular, esto implica un hogar conformado por 4 adultos y 2 niños. El área promedio de los techos con potencial para captar agua de lluvia es de  $55 m^2$ .
  - **Gasto en agua.** Este concepto incluye el gasto en agua entubada, pipas públicas (de la alcaldía), pipas privadas y garrafones. En promedio, las viviendas gastan aproxi-

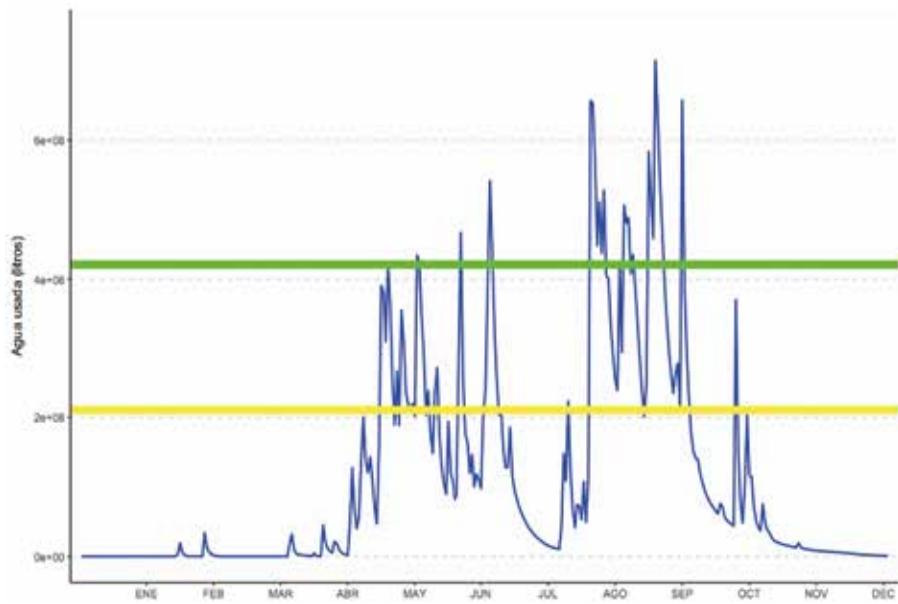
madamente \$3,993 al año en agua, aproximadamente \$813 por habitante por vivienda. El 26% de las viviendas encuestadas tiene agua entubada. Esto significa que el uso de pipas es importante. El 67% de las viviendas usan pipas públicas y el 35% usan pipas privadas. Por último, el 93% de las viviendas compran garrafones.

- **Capacidad de almacenamiento.** Este concepto corresponde al volumen de almacenamiento de agua en cisternas, tinacos y tambos. Las viviendas cuentan con una capacidad media de 6,125 L (la cifra promedio es cerca de 10 mil L, pero esto es debido a que en el caso de las viviendas en la Alcaldía de Tlalpan la mayoría de las viviendas tienen gran capacidad de almacenamiento). El 59% de las viviendas tienen cisterna, la mayoría de éstas se encuentran en la alcaldía de Tlalpan. El 81% de las viviendas tienen cuando menos un tinaco y el 58% tiene cuando menos un tambo.
- En un análisis de las encuestas realizadas por alcaldía, se encontró que la alcaldía en la que más dinero gastan las viviendas en agua anualmente es la alcaldía de Tlalpan (\$4,681), seguida de Xochimilco (\$4,128), Magdalena Contreras (\$3,612), Iztapalapa (\$3,444) y Cuajimalpa (\$2,507).
- Con relación a la capacidad de almacenamiento en litros por vivienda, las alcaldías Magdalena Contreras y Tlalpan cuentan con una capacidad promedio mayor a 10,000 L, las viviendas de Xochimilco cuentan con una capacidad promedio aproximada de 5,000 L, e Iztapalapa y Cuajimalpa con una capacidad promedio menor a 3,000 L.

#### **Potencial de captación de agua de lluvia:**

- La cantidad de agua de lluvia que puede captarse con los SCALL de Isla Urbana en casas con un mínimo de área de techo de 60 m<sup>2</sup> y con un consumo promedio por persona de 50 L diarios es de aproximadamente 39 mil millones de litros de agua anuales, si se considera que las viviendas cuentan con una cisterna de 5,000 L de capacidad de almacenamiento; o de aproximadamente 40 mil millones de litros de agua anuales si se considera que las viviendas cuentan con una cisterna de 10,000 L de capacidad de almacenamiento. Este volumen representa aproximadamente 1.2-2.1 m<sup>3</sup>/s en el volumen anual, lo cual representa entre 3.7-6.5% del volumen de agua actual de la dotación que recibe la Ciudad de México
- La captación de agua 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 (**figura 18**).

**Figura 18.** Estimación de agua a captar y demanda doméstica en la CDMX



La línea azul es el volumen de agua (en litros) usado diariamente, a nivel ciudad, captando agua de lluvia. Línea verde es la demanda doméstica total. Línea amarilla es la mitad de la demanda doméstica total a nivel ciudad.

- El total de colonias con Precariedad Hídrica Alta es de 129 colonias y 557 asentamientos irregulares en las alcaldías de Xochimilco, Tlalpan, Tláhuac, Milpa Alta Magdalena Contreras, Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón (**Anexo 7**). Hay 287 colonias (**Anexo 8**) en donde sugerimos que sean enfocados los esfuerzos para la instalación de los 105,000 SCALL propuestos, ya que es en estas colonias en donde la población mejoraría su condición de vulnerabilidad con el aprovechamiento de agua de lluvia.

#### **Beneficios derivados de la captación de agua de lluvia:**

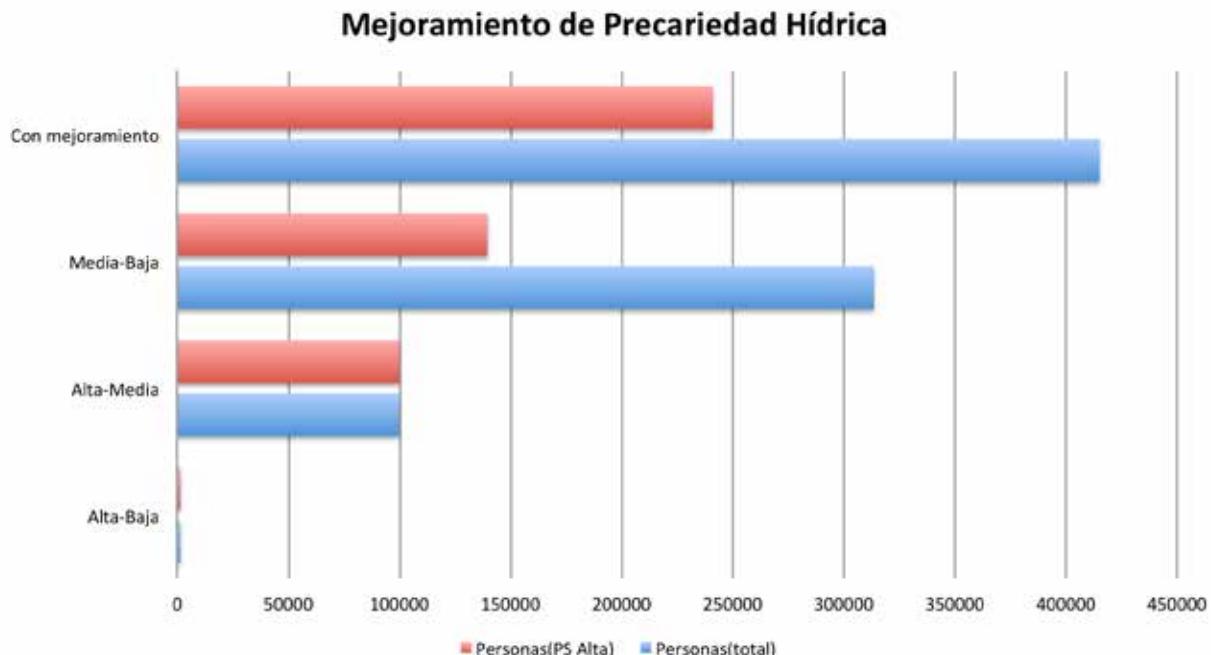
- Los datos muestran que un programa de captación de agua de lluvia con instalación de 105,000 SCALL tendría los siguientes beneficios:
  - 313,588 personas cambiarían de una condición de precariedad mediana a precariedad baja.
  - 100,027 personas pasarían de una condición de precariedad alta a precariedad media.
  - 1,512 personas pasarían de una condición de precariedad alta a precariedad baja.
  - En conjunto, cerca de 415,000 personas en aproximadamente 105,000 viviendas mejorarían de manera significativa su situación de escasez de agua (**tabla 6 y figura 19**). En general, cerca de la mitad de estas personas tiene una situación de precariedad social alta (alrededor de 241,000 personas). Las 287 colonias a las que pertenecen estas personas se presentan en el **Anexo 8**.

- La mayoría de los cambios que ocurren en las mejoras de la condición de precariedad hídrica están en la tipología de precariedad media a precariedad baja; o bien, de precariedad alta a precariedad media.

**Tabla 6.** Número de personas que cambian su situación de precariedad hídrica con SCALL

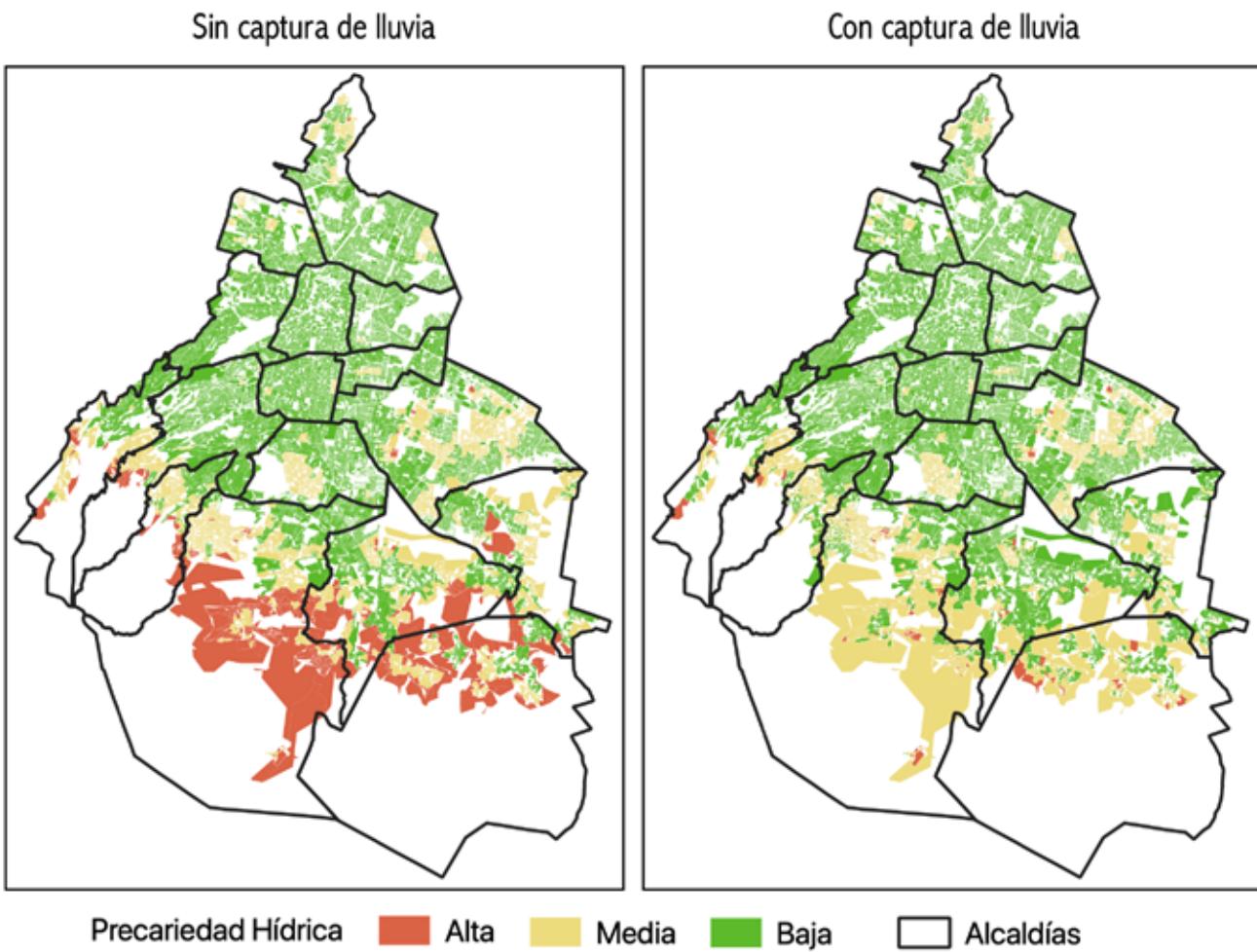
	ALTA-BAJA	ALTA-MEDIA	MEDIA-BAJA	CON MEJORAMIENTO
Personas (total)	1512	100027	313588	415127
Personas (PS Alta)	1512	100027	139714	241253

**Figura 19.** Número de personas que mejoraría su condición de precariedad hídrica con SCALL



- En el **mapa 39 y mapa 40** se puede contrastar el cambio espacial de la distribución de la precariedad hídrica en la en la CDMX, si se implementa un programa de captación de agua de lluvia. En dichos mapas se pueden apreciar las zonas de la ciudad en donde se tendría un mayor impacto con la captación de lluvia, que es principalmente en la zona sur.

**Mapa 39. Zonas con precariedad hídrica antes de la implementación de sistemas de captación de lluvia**



**Mapa 40. Zonas con precariedad hídrica después de la implementación de sistemas de captación de lluvia**

## REFERENCIAS

- Ariyabandu, R. de S. (2003). *Very-Low-Cost Domestic Roofwater Harvesting in the Humid Tropics: Its Role in Water Policy. Domestic Roofwater Harvesting Programme*. Inglaterra: University of Warwick. Disponible en: <https://warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/grouplist/structural/dtu/pubs/reviewed/rwh/dfid/r4.pdf>
- Ariyananda, Y. (2007). *Improving water security in tsunami effected areas in Sri Lanka through domestic rain water harvesting*. 13th IRCSA conference on Rainwater for Urban design. Sídney, Australia.
- Bakir, M., y Xingnan, Z. (2008). *GIS and remote sensing applications for rainwater harvesting in the Syrian desert (Al-Badia)*. Twelfth International Water Technology Conference. Alejandría, Egipto.
- Bashar, M., Karim, R., e Imteaz, M. (2018). Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting: A comparative study within six major cities of Bangladesh. *Resources, Conservation & Recycling*, 133, 146-154.
- Bitterman, P., Tate, E., Van Meter, K.J., y Basu, N.B. (2016). Water security and rainwater harvesting: A conceptual framework and candidate indicators. *Appl. Geogr.* 76, 75-84. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.09.013>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M., Friedler, E., DeBusk, K., Jeffes, L., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., y Han, M. (2018). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195-209.
- Chelleri, L., Schuetze, T., y Salvati, L. (2015). Integrating resilience with urban sustainability in neglected neighborhoods: Challenges and opportunities of transitioning to decentralized water management in Mexico City. *Habitat International*, 48, 122-130.
- Cheng, C.L., Liao, M. (2009). Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan. *Resources, Conservation & Recycling*, 53, 421-428.
- Dumit-Gómez, Y., y Teixeira, L. (2017). Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 56-67.
- Eakin, H., Lerner, A., Manuel-Navarrete, D., Hernández-Aguilar, B., Martínez-Canedo, A., Tellman, B., Charli-Joseph, L., Fernández-Álvarez, R., y Bojórquez-Tapia. L. (2016). Adapting to risk and perpetuating poverty: Household's strategies for managing flood risk and water scarcity in Mexico City. *Environmental Science & Policy*, 66, 324-333.
- Fick, S., Hijmans, R.J. (2017). *Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology*, 37 (12) 4302-4315.
- García-Montoya, M., Bocanegra-Martínez, A., Nápoles-Rivera, F., Serna-González, M., Ponce-Ortega, J., y El-Halwagi, M. (2015). Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. *Computers and Chemical Engineering*, 76, 104-116.
- García-Soler, N., Moss, T., Papasozomenou, O. 2018. Rain and the city: Pathways to mainstreaming rainwater harvesting in Berlin. *Geoforum*, 89, 96-106.
- Ghisi, E., Montibeller, A., y Schmidt, R.W. (2006). Potential for potable water savings by using

rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*. 41, 204–210. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.014>

Ghisi, E., y Ferreira, D. (2007). Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-story residential building in southern Brazil. *Building and Environment*, 42, 2512-2522.

Gould, J., Zhu, Q., Yuanhong, L. (2014). Using every last drop: rainwater harvesting and utilization in Gansu Province, China. *Waterlines*, 33 (2), 107-119.

Goldblatt, R., Stuhlmacher, M.F., Tellman, B., Clinton, N., Hanson, G., Georgescu, M., Wang, C., Serrano-Candela, F., Khandelwal, A.K., Cheng, W.H., y Balling, R.C. (2018). Using Landsat and nighttime lights for supervised pixel-based image classification of urban land cover. *Remote Sensing of Environment*, 205, 253-275. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.026>

Haque, M., Rahman, A. y Samali, B. (2016). Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. *Journal of Cleaner Production*, 137, 60-69.

Imteaza, M., Ahsan, A., Naser, J., y Rahman, A. (2011). Reliability analysis of rainwater tanks in Melbourne using daily water balance model. *Resources, Conservation & Recycling*, 56, 80-86.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2005). *II Conteo de Población y Vivienda 2005*. Ciudad de México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2010). *Censo de Población y de Vivienda 2010*. Ciudad de México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2010). *Sistema para la Consulta de Información Censal* (SCINCE). Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2011). LIDAR 3m de datos crudos de INEGI, de *Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LiDAR, Superficie ASCII, E14A49C2*. Disponible en: <http://en.www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825772987>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2014). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares* (ENIGH). Ciudad de México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], (2016) *Censo de Población y de Vivienda 2016*. Ciudad de México: INEGI.

Jiménez, B. E., Gutiérrez, R., Maranon, B. (2011). *Evaluación de la política de acceso al agua potable en el Distrito Federal* (Reynoso-González, A., Ed.). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Karim, R., Bashar, M., y Imteaz, M. (2015). Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting in a megacity in Bangladesh. *Resources, Conservation & Recycling*, 104, 61-67.

Lee, K., Mokhtar, M., Hanafiah, M., y Halim, A. (2016). Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. *Cleaner production*, 126, 218-222.

Matos-Silva, C., Sousa, V., y Carvalho, N. (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation & Recycling*, 94, 21-34.

Mbilinyi, B., Tumbo, S., Mahoo, H., y Mkiramwinyi, F. (2007). GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth*, 32, 1074-

- Mihelcic, J., Zimmerman, J., y Ramaswami, A. (2007). Integrating development and developing world knowledge into global discussions and strategies for sustainability. *Policy Analysis*, 41, (10), 3415-3421.
- Mohammed, T., Megat, M., y Ghazali, A. (2006). *Study on potential uses of rainwater harvesting in urban areas*. 1-14. Malasia: University Putra Malaysia
- Montero-Contreras, D.P. (2011). Encuesta sobre consumo y percepción del agua potable en la Ciudad de México. Ciudad de México.
- Montero-Contreras, D.P. (2016). El consumo de agua embotellada en la Ciudad de México desde una perspectiva institucional. *Agua y Territorio*, (7) 35-49. Disponible en: <https://doi.org/10.17561/at.v0i7.2961>
- Musayev, S., Burgess, E., y Mellor, J. (2018). A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. *Resources, Conservation & Recycling*, 132, 62-70.
- Nijhof, S., Jantowski, B., Meerman, R., y Schoemaker, A. (2010). Rainwater harvesting in challenging environments: Towards institutional frameworks for sustainable domestic water supply. *Water-lines*, 29, (3), 209-219.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018*. Disponible en: <https://www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/ga.pdf>
- Oswald-Spring, U. (2011). Aquatic systems and water security in the Metropolitan Valley of Mexico City. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3, 497-505.
- Palla, A., Gnecco, I., La Barbera, P. (2012). Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones. *Resources, Conservation & Recycling*, 62, 71-80.
- Partzsch, L. (2009). Smart regulation for water innovation- the case of decentralized rainwater technology. *Journal of Cleaner Production*, 17, 985-991.
- Petit-Boix, A., Devkota, J., Phillips, R., Vargas-Parra, M. V., Josa, A., Gabarrell, X., Rieradevall, J., y Apul, D. (2018). Life cycle and hydrologic modeling of rainwater harvesting in urban neighborhoods: Implications of urban form and water demand patterns in the US and Spain. *Science of the Total Environment*, 621, 434-443.
- QGIS Development Team. (2017). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Disponible en: <http://qgis.org>
- Secretaría del Medio Ambiente [SEDEMA]. (2016). *Asentamientos Urbanos Irregulares 2000-2015*. (Shapefile). Ciudad de México: SEDEMA.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda [SEDUVI]. (S/F). Estimaciones de población en asentamientos irregulares, tomados de los Programas de Desarrollo Urbano entre 1997-2011, dependiendo de la delegación. Ciudad de México: SEDUVI- Gobierno de la Ciudad de México.
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX]. (2012). *El Gran Reto del Agua en la Ciudad de México*. Ciudad de México: SACMEX- Gobierno de la Ciudad de México.

Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX]. (2014) *Consumo de Agua por Colonia*. Ciudad de México: SACMEX- Gobierno de la Ciudad de México.

Smith, Randall B. (2001) *Introduction to remote sensing of the environment*. Disponible en: <http://www.microimages.com>. (Version traducida por Reviero de Lisboa, F. Disponible en: <http://fernandorivero2punto0.blogspot.com/2015/09/teledeteccion.html>).

Starkl, M., Bisschops, I., Essl, L., Lopez, E., Martínez, J. Murillo, D., y Nanninga, T. (2013). Opportunities and constraints for resource efficient environmental management in rapidly developing urban areas: The example of Mexico City. *Procedia*, 1, 100-109.

Steffen, J., Jensen, M., Pomeroy, C., y Burian, S. (2013). Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in U.S. cities. *Journal of the American Water Resources Association*, 49,(4), 810-824.

Tellman, B., Bausch, J.C., Eakin, H., Andries, J.M., Mazari-Hiriart, M., Manuel-Navarrete, D., y Redman, C.L. (2018). Adaptive pathways and coupled infrastructure: seven centuries of adaptation to water risk and the production of vulnerability in Mexico City. *Ecology and Society*. 23, 1. Disponible en: <https://doi.org/10.5751/ES-09712-230101>

United Nations Development Programme [UNDP], (2010). *The Human Right to Water and Sanitation Media brief: UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication and Water Supply and Sanitation Collaborative Council*. Disponible en: [http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief.pdf)

United Nations Development Programme, [UNPD], (2019). *Global multidimensional poverty index 2019: Illuminating Inequalities*. Estados Unidos: Oxford Poverty and Human Development Initiative [OPHI].

Ward, S., Butler, D., Barr, S., y Memon, A. (2009). A Framework for Supporting Rainwater Harvesting in the UK. *Water Science and Technology*, 60 (10), 2629-2636.

Wolfram, M., y Frantzeskaki, N., (2016). Cities and systemic change for sustainability: pre-vailing epistemologies and an emerging research agenda. *Sustainability*, 8 (2), 144.

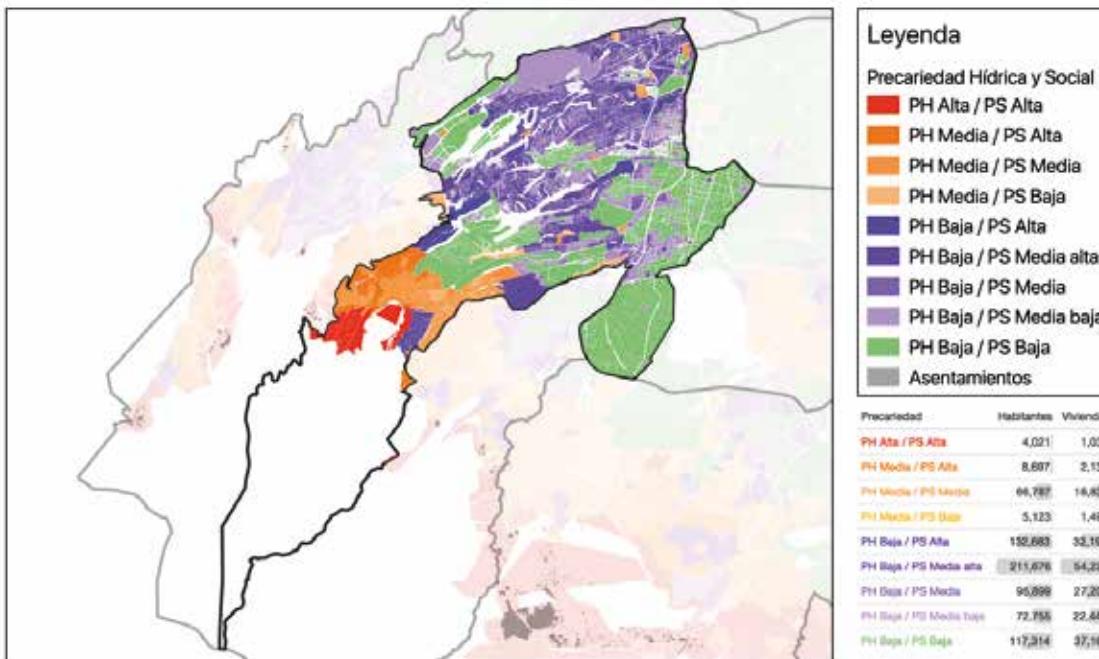
Zambrano, L., Pacheco-Muñoz, R., y Fernández, T. (2017). A spatial model for evaluating the vulnerability of water management in Mexico City, Sao Paulo and Buenos Aires considering climate change. *Anthropocene*, 17, 1-12.

Zheng, C., Liu, J., Cao, G., Kendy, E., Wang, H., y Jia, Y. (2010). Can China cope with its water crisis? Perspectives from the North China Plain. *Ground Water*, 48,(3), 350-354.

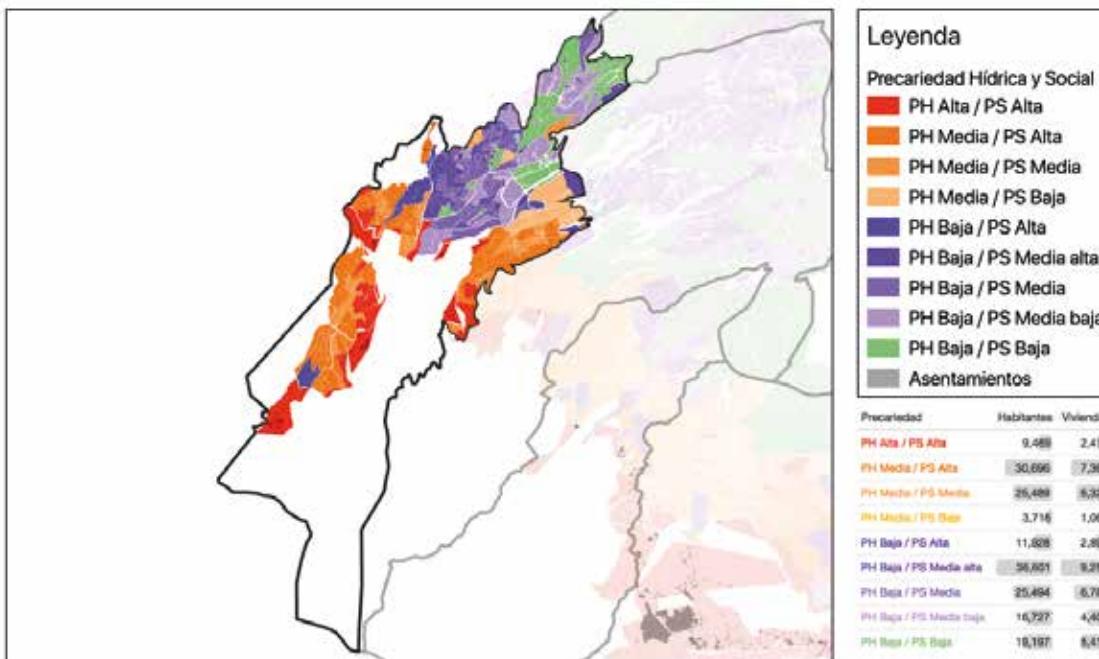
## ANEXOS

### Anexo 1. Alcaldías del sur de la CDMX con los niveles de precariedad hídrica más agudos

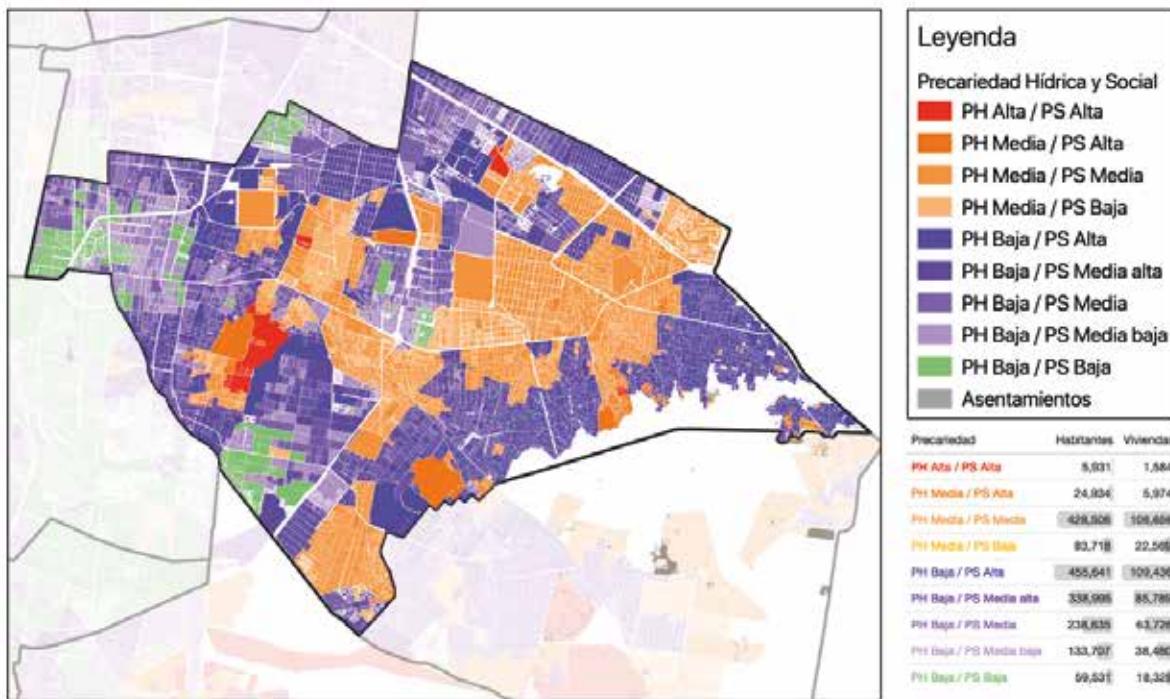
Mapa 1. IPH en Álvaro Obregón



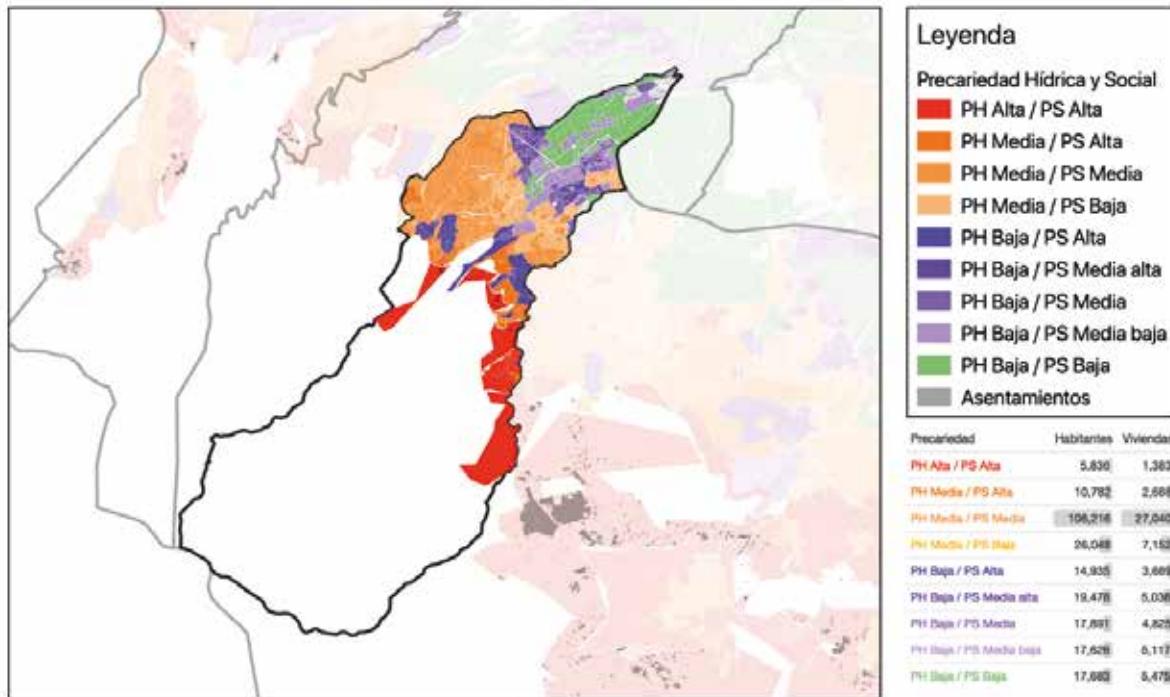
Mapa 2. IPH en Cuajimalpa



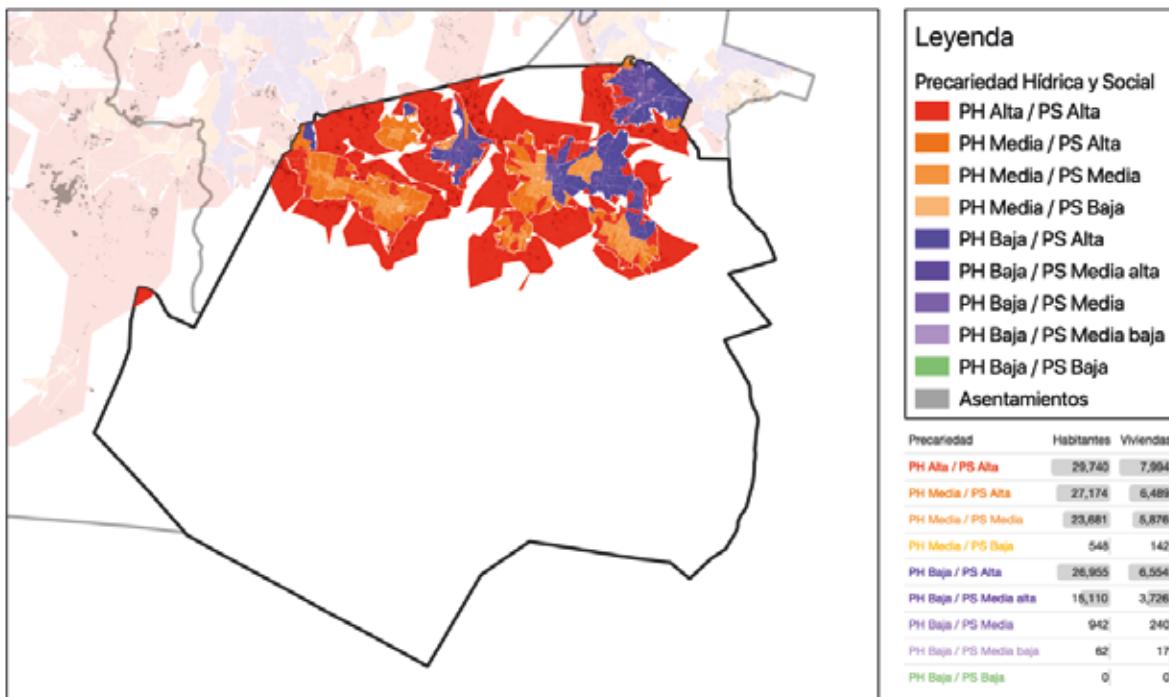
**Mapa 3. IPH en Iztapalapa**



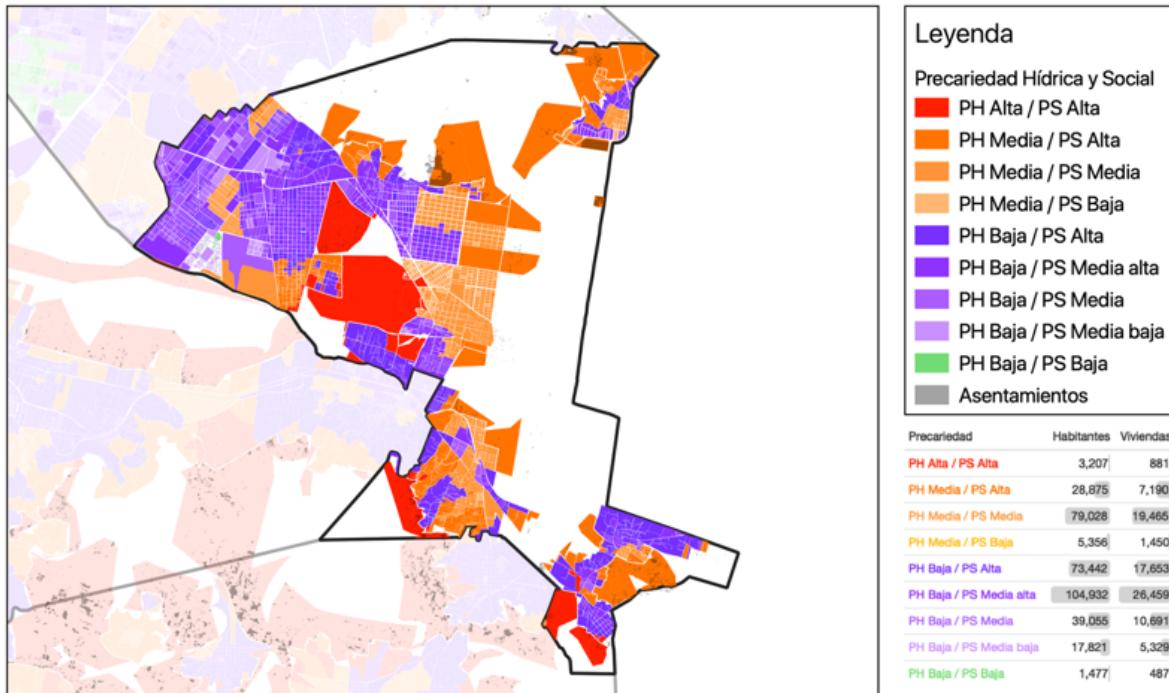
**Mapa 4. IPH en Magdalena Contreras**



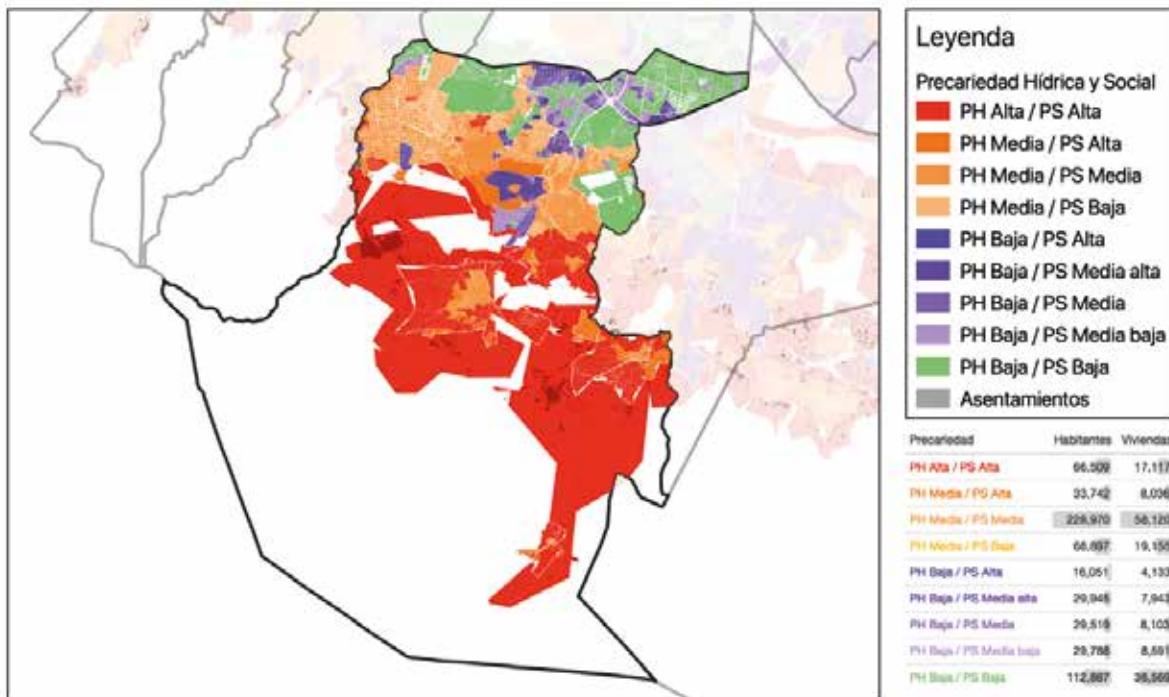
**Mapa 5. IPH en Milpa Alta**



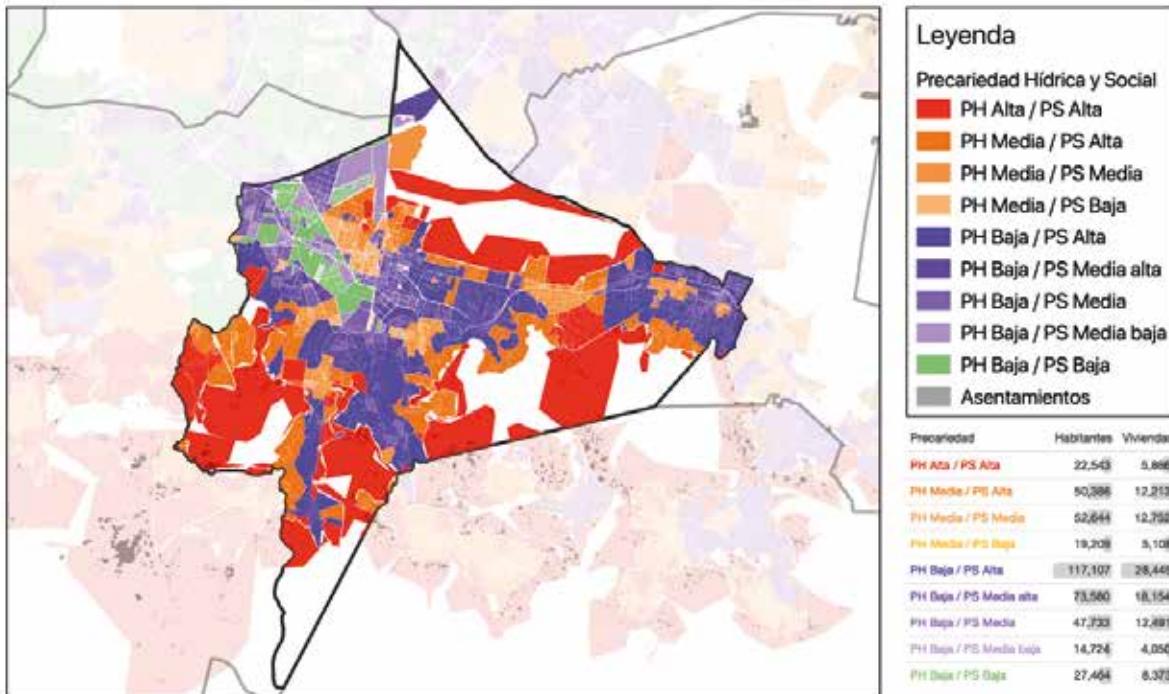
**Mapa 6. IPH en Tláhuac**



### Mapa 7. IPH en Tlalpan



### Mapa 8. IPH en Xochimilco



## Anexo 2. Limpieza de estimaciones preliminares de AHI

Al revisar las estimaciones preliminares, se encontraron numerosos detalles por corregir. Estos detalles se pueden explicar de dos maneras: problemas geométricos y problemas estadísticos. A continuación, se muestran los distintos tipos de correcciones aplicadas a cada caso:

### Problemas geométricos

Los problemas geométricos tienen su origen en las diferencias que existen entre la geometría de los polígonos de las secciones electorales y las AGEBS urbanas, las cuales no coinciden perfectamente. Por esta razón, se producen muchos polígonos diminutos y con datos irrelevantes o erróneos. En el **mapa 9** se muestran algunos de estos polígonos. El ejemplo muestra polígonos con cifras de población en “0”, pero también se encontraron otros polígonos (productos del mismo error y de dimensiones similares) con valores significativos, a veces mayores a “500”.

**Mapa 9.** Problemas geométricos

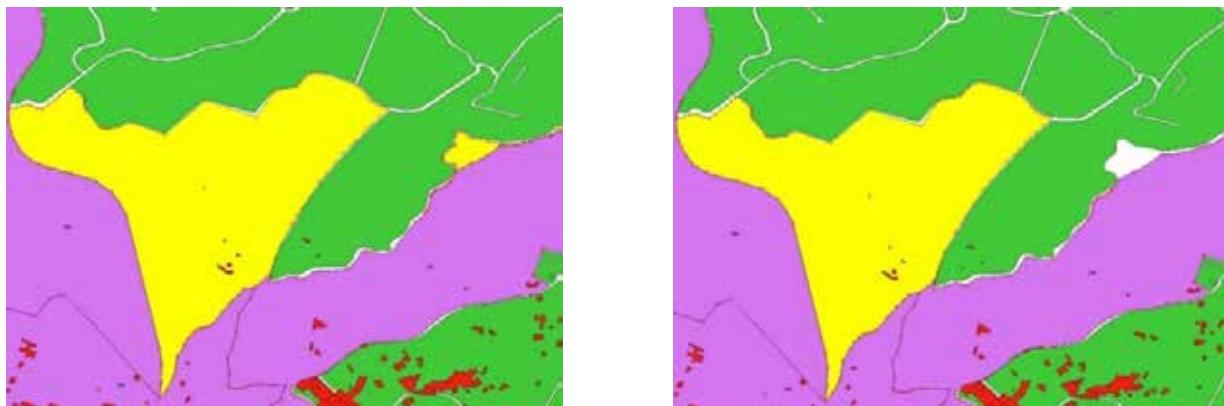


### Problemas estadísticos

Por otro lado, los problemas estadísticos se deben a que las operaciones de combinar en los sistemas de información geográfica, los “shapefiles” de AGEBS con los de secciones electorales. Como resultado de estas operaciones se obtienen áreas o secciones *multiparte* (i.e. no contiguas). Es decir, las secciones son divididas en varias partes aisladas (no contiguas) que deben ser corregidas para poder contar con datos que puedan considerarse como *manzanas* (no existen *manzanas multiparte*). Por ello, también fue importante limpiar detalles como el que se muestra en el mapa 50, donde se decidió simplemente borrar la parte ubicada a la derecha debido a que no contiene polígonos de asentamientos irregulares (AHI).

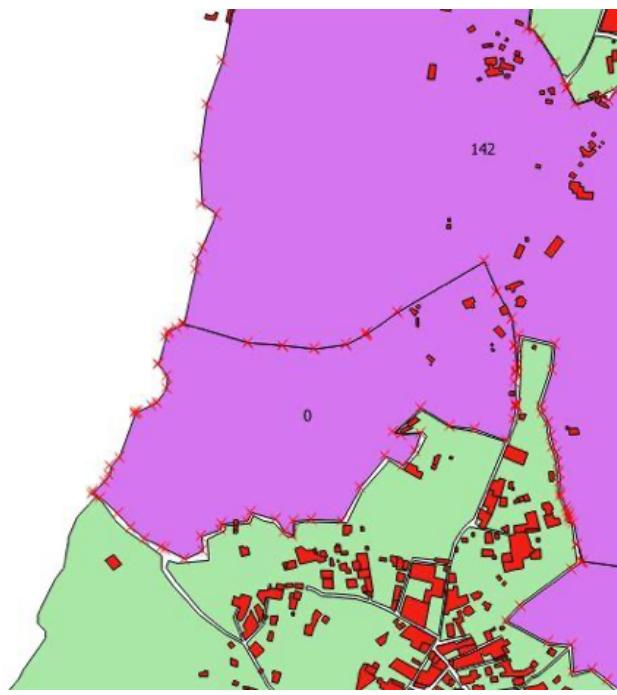
En otros casos (más de 20) fue necesario estimar la cantidad de población y viviendas para cada una de las partes (como los IDs aún permanecen sin cambios, se pueden hacer sumas para ver las estimaciones originales de estos polígonos *multiparte*, en caso de que no se quisiera hacer esta separación). Ver los siguientes tres mapas:

**Mapa 10.** Problemas estadísticos



Asimismo, algunas partes de las secciones se borraron por completo. Este fue el caso de las áreas donde el polígono tenía sus datos en “0”, y no contenía polígonos de AHI. A su vez, se conservaron los polígonos donde los datos resultaban ser “0”, pero sí contenían polígonos AHI. Esto se puede ver en el siguiente mapa (el polígono central no se elimina).

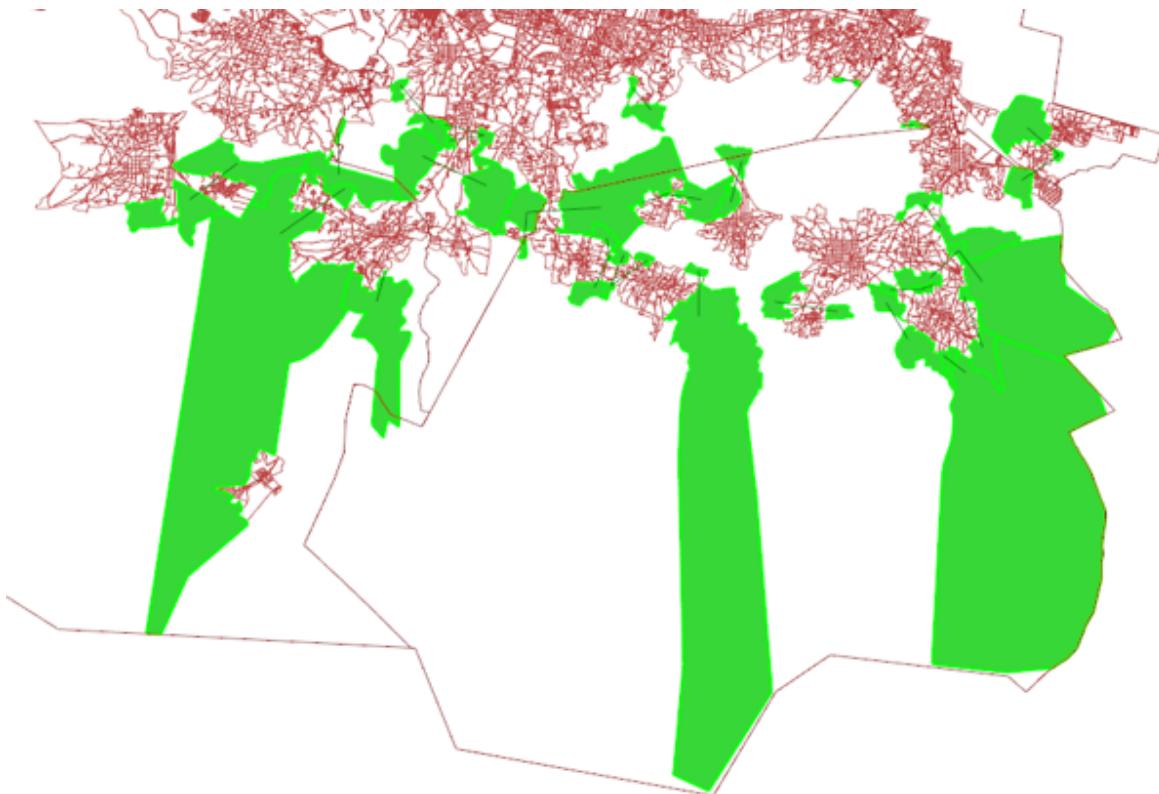
**Mapa 11.** Secciones resultantes



El número original de 508 polígonos únicos se redujo a menos de la mitad, corrigiendo más de 350 errores o detalles, y verificando las cifras de los polígonos finales. En el **mapa 12** se

muestran los polígonos que fueron separados debido a que eran polígonos multiparte. Estos 24 polígonos multiparte se descomponen en 56 polígonos únicos (y se mantienen sus IDs originales para poder identificarlos o revertirlos).

**Mapa 12.** Polígonos multiparte a polígonos únicos



**Tabla 1.** Tabla de atributos de los polígonos

	OBJECTID	CLAVEGEO	DISTRITO	SUM_POB1	SUM_VIV0
1	4323	0902100903153	21	490	148.00000
2	4325	0902100903155	21	104	28.00000
3	4325	0902100903155	21	172	47.00000
4	2990	0901401203929	14	12	2.00000
5	2991	0901401203930	14	0	0.00000
6	2994	0901401203933	14	0	0.00000

### Anexo 3. Exploración de datos institucionales y de gobierno

Para la obtención de información de datos institucionales se consultó principalmente el Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, aunque también las instituciones centrales como SEDU-VI, SEDEMA y SACMEX. Cabe señalar que debido a que el proceso de solicitud de información proveniente de alcaldías de la CDMX fue incompleto y los resultados parciales o genéricos, no se consideró pertinente incluirlos en este trabajo. En la **tabla 2**, se presentan los indicadores que se preveían para el análisis de información obtenida a través de las fuentes gubernamentales, la metodología para el tratamiento de los datos requeridos y el estatus de los datos.

Tabla 2. Análisis de la información obtenida			
Indicador	Metodología	Datos Requeridos	Estatus
m <sup>2</sup> en techos en la CDMX (estimación básica).	Diferencia en terreno y superficie por LIDAR, quitando vegetación y enfocándose en áreas de asentamientos humanos.	LIDAR Sentinel NDVI Capa de asentamientos urbanos.	SEDEMA 2016. Área urbanizada con Landsat 2013 a 30m (Goldblatt et al. 2018). LIDAR en píxel 3m. NDVI de Sentinel 10m.
Número de viviendas por manzana.	Ánalisis de Sistemas de Información Geográficos (GIS).	Total de viviendas. Total de viviendas habitadas. Viviendas particulares habitadas.	Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE) 2010.
Población promedio por vivienda, manzana o colonia.	Ánalisis GIS.	Ocupantes en viviendas particulares.	SCINCE 2010.
Grado de marginación por alcaldía, colonia, manzana, vivienda.	Ánalisis GIS.	Viviendas con piso de tierra. Viviendas con insuficiencia en la infraestructura básica. Viviendas en zonas irregulares.	Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Datos de asentamientos irregulares (SEDEMA 2016)
Ingreso / gasto por hogar.	Ánalisis GIS completado con trabajo en campo.	Datos de encuestas/censos económicos.	Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2014.
Abasto formal por alcaldía, o colonia, o manzana (l/ persona/día).	Ánalisis GIS y verificación en campo.	Suministro de agua, según la alcaldía. Viviendas con acceso mediante una fuente de agua potable mejorada (por conexión domiciliaria de agua corriente; grifo público; pozo perforado; pozo excavado protegido; manantial protegido; acopio de agua de lluvia).	Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 Datos de SACMEX, información incompleta, imposible de obtener por razones de fuerza mayor (proceso electoral).
Abasto informal por pipas por alcaldía, manzana o colonia.	Ánalisis GIS completado con trabajo en campo.	Viviendas con acceso mediante fuentes de agua potable no mejoradas (pozos excavados no protegidos; manantiales no protegidos; aguas superficiales); agua distribuida por un vendedor (carro con un pequeño depósito/bidón, camión cisterna, camión cisterna).	Censo Nacional de Población y Vivienda, 2010 Rutas de pipas en la Alcaldía. información incompleta, imposible de obtener por razones de fuerza mayor (proceso electoral).

Escasez al nivel alcaldía o AGEBS.	Cruzar datos de AGEBS con estimaciones de agua/l/día en Cisneros et al. (2011).	Promedio de agua en L/H/Día, por alcaldía.	Datos en cuadros a nivel delegacional.
Número de viviendas sin acceso a agua potable.	Ánalysis GIS.	Viviendas por manzana sin acceso a agua potable.	Censo Nacional de Población y Vivienda, 2010.
Gasto en agua por vivienda.	Estimar según estrés hídrico/ escasez el gasto.	Estimado de pago global de agua por familia, al nivel AGEBS.	ENIGH 2014
Consumo global de agua.	Análisis R y GIS (ocupando Python para análisis de datos).	Consumo de agua por toma domiciliaria, periodicidad bimestral ( $m^3/mes$ ), 2009-2015. Consumo de agua según compra de agua embotellada ( $m^3/mes$ ). Consumo de agua proveniente de pipas (públicas o privadas) ( $m^3/mes$ ).	SACMEX Alcaldía y Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS). SACMEX
Gasto global en agua.	Análisis R y GIS (ocupando Python para análisis de datos). Trabajo en campo/ con alcaldía por rutas y presupuesto de pipas.	Gasto en agua en toma domiciliaria, periodicidad bimestral, 2009-2015. Gasto en agua embotellada (\$/mes). Gasto en agua proveniente de pipas (públicas o privadas) ( $m^3/mes$ ).	SACMEX (cuentas) Estimado (por embotellada) Cuentas públicas de alcaldías (solicitud desde Infomex). Información incompleta falta desarrollar algoritmo. Rutas de pipas (tiene Tlalpan e Iztapalapa) Encuestas económicas para medir el consumo de agua embotellada.

## Información del Sistema de Aguas de la Ciudad de México

Los datos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) se solicitaron a través del sistema INFOMEX en diferentes ocasiones. En todos los casos la información fue insuficiente o diferente a lo solicitado. La solicitud a SACMEX para obtener datos de las cuentas domiciliarias no prosperó porque la información requería de un algoritmo complejo que no pudo completarse, o no se tenía la capacidad para desarrollarlo. A continuación, se presenta el análisis de la información, tal como se recibió, para ilustrar las diferentes tipologías de errores que se encontraron.

### Metodología

Con la información obtenida a través de solicitudes de información, se hizo un procesamiento de la base de datos “Consumo de Agua por Colonia” de SACMEX. La base de datos comprende un archivo de Excel (.xlsx) el cual cuenta con 10,442 registros o filas para el año 2014 (el más reciente), aunque el archivo contiene datos de 11 años, es decir, desde el año 2003 al año 2014. Sin embargo, el número de registros cambia año con año. Además, la tabla no cuenta con información geográfica o datos georreferenciados como polígonos o coordenadas. Los datos se estructuran en 5 variables o columnas: AÑO, DELEGACION, COLONIA, TIPO CUENTA y CONSUMO M<sup>3</sup>. En la **tabla 3** se muestran las primeras 6 observaciones donde pueden encontrarse inconsistencias de la información.

**Tabla 3.** Inconsistencias de la información obtenida en SACMEX (1)

AÑO	DELEGACION	COLONIA	TIPO CUENTA	CONSUMO m <sup>3</sup>
2014	ALVARO OBREGÓN	ABRAHAM GONZÁLEZ	CONSUMO PROMEDIO	797.10
2014	ALVARO OBREGÓN	ABRAHAM GONZÁLEZ	CUOTA FIJA	0.00
2014	ALVARO OBREGÓN	ABRAHAM GONZÁLEZ	CONSUMO MEDIDO	20,071.48
2014	ALVARO OBREGÓN	ACUEDUCTO	CONSUMO MEDIDO	86,497.21
2014	ALVARO OBREGÓN	ACUEDUCTO	CONSUMO PROMEDIO	4,044.24
2014	ALVARO OBREGÓN	ACUEDUCTO	CUOTA FIJA	0.00

Como puede observarse, existen las variables: Consumo Promedio, Cuota Fija y Consumo Medido. Sin embargo, estas variables no están organizadas en columnas sino como observaciones. Esto significa que una colonia se llega a repetir hasta tres veces en la base de datos. Al examinar la base de datos se concluye que no hay una estructura clara u observaciones completas y ordenadas. Las 10,442 observaciones no se dividen de manera uniforme para las tres variables de consumo.

### **Consumo Promedio**

La variable de Consumo Promedio cuenta con 1,859 observaciones: presenta múltiples observaciones repetidas de la misma variable (Consumo Promedio); se tienen 1,236 observaciones únicas (Nombre Alcaldía + Nombre Colonia) o válidas, de un total de 1,859. En la **tabla 4** se muestran algunas de las observaciones repetidas para la Alcaldía Xochimilco y la variable Consumo Promedio.

**Tabla 4.** Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX

9945	XOCHIMILCO, QUIRINO MENDOZA	25116.00 CONSUMO PROMEDIO
10197	XOCHIMILCO, RANCHO TEJOMULCO	0.00 CONSUMO PROMEDIO
10202	XOCHIMILCO, RINCONADA COAPA	0.00 CONSUMO PROMEDIO
9952	XOCHIMILCO, RINCONADA COAPA	1094.40 CONSUMO PROMEDIO
10403	XOCHIMILCO, RINCONADA COAPA	0.00 CONSUMO PROMEDIO
9954	XOCHIMILCO, ROSARIO TLALI	1258.80 CONSUMO PROMEDIO
9958	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	3735.60 CONSUMO PROMEDIO
10207	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	11.88 CONSUMO PROMEDIO
9961	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	3300.96 CONSUMO PROMEDIO
10210	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	0.00 CONSUMO PROMEDIO

Como puede apreciarse en la tabla anterior, hay varias observaciones con el valor 0.00. Existen también otros valores distintos a cero como en San Bartolo El Chico. Por lo tanto, no se usó esta variable porque era necesario limpiar dichos datos y no hay garantía de que sean fidedignos o que reflejen el consumo real de las colonias de la CDMX.

### **Cuota Fija**

La variable de Cuota Fija cuenta con 4,288 observaciones [4288 rows]. Sin embargo, esta variable no es útil ya que las observaciones para todas las colonias son iguales a 0.00. La lista de valores únicos para esta variable sólo contiene una cifra [u'0.00']. Existe también un gran número de colonias repetidas ya que hay 1,616 observaciones únicas comparadas con las 4,288 observaciones totales. En la **tabla 5** se muestran algunas de las observaciones para la Alcaldía de Xochimilco:

**Tabla 5.** Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX (2)

10405	XOCHIMILCO, RINCONADA COAPA	0.0 CUOTA FIJA
9950	XOCHIMILCO, RINCONADA COAPA	0.0 CUOTA FIJA
10201	XOCHIMILCO, RINCONADA COAPA	0.0 CUOTA FIJA
9953	XOCHIMILCO, ROSARIO TLALI	0.0 CUOTA FIJA
10204	XOCHIMILCO, ROSARIO TLALI	0.0 CUOTA FIJA
10205	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	0.0 CUOTA FIJA
10406	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	0.0 CUOTA FIJA
9956	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	0.0 CUOTA FIJA
10209	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	0.0 CUOTA FIJA
9960	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	0.0 CUOTA FIJA
10409	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	0.0 CUOTA FIJA
9964	XOCHIMILCO, SAN ISIDRO	0.0 CUOTA FIJA
10410	XOCHIMILCO, SAN ISIDRO	0.0 CUOTA FIJA
9965	XOCHIMILCO, SAN JERÓNIMO	0.0 CUOTA FIJA
10215	XOCHIMILCO, SAN JERÓNIMO	0.0 CUOTA FIJA
10412	XOCHIMILCO, SAN JERÓNIMO	0.0 CUOTA FIJA

### **Consumo Medido**

La variable de Consumo Medido cuenta con 4,295 observaciones [4295 rows]. Esta variable es la más útil o la más relevante de las tres. Sin embargo, al igual que la variable Consumo Promedio, esta variable tiene múltiples observaciones por colonia. El número de colonias u observaciones únicas es de 1,605. Es decir, hay un gran número de colonias repetidas ya que se cuenta con 4,295 datos. A veces la colonia aparece una o dos veces, pero regularmente aparecen tres veces. Lo más problemático es que los valores cambian de manera drástica. En la **tabla 6** se muestran algunas de las observaciones para la alcaldía de Xochimilco.

**Tabla 6.** Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX (3)

9957	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	11298.69 CONSUMO MEDIDO
10407	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	1850.44 CONSUMO MEDIDO
10206	XOCHIMILCO, SAN BARTOLO EL CHICO	692.80 CONSUMO MEDIO
10408	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	4762.74 CONSUMO MEDIDO
9959	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	17265.54 CONSUMO MEDIDO

10208	XOCHIMILCO, SAN FELIPE	36.13 CONSUMO MEDIDO
9963	XOCHIMILCO, SAN ISIDRO	15804.81 CONSUMO MEDIDO
10212	XOCHIMILCO, SAN ISIDRO	1203.41 CONSUMO MEDIDO
10411	XOCHIMILCO, SAN ISIDRO	6448.67 CONSUMO MEDIDO
10214	XOCHIMILCO, SAN JERÓNIMO	8996.99 CONSUMO MEDIDO
9966	XOCHIMILCO, SAN JERÓNIMO	51722.67 CONSUMO MEDIDO
10413	XOCHIMILCO, SAN JERÓNIMO	7001.13 CONSUMO MEDIDO
9969	XOCHIMILCO, SAN JOSÉ ZACATEPEC	218.07 CONSUMO MEDIDO
10414	XOCHIMILCO, SAN JOSÉ ZACATEPEC	15.90 CONSUMO MEDIDO
10219	XOCHIMILCO, SAN JUAN TEPEPAN	38998.34 CONSUMO MEDIDO
10416	XOCHIMILCO, SAN JUAN TEPEPAN	8476.94 CONSUMO MEDIDO
9972	XOCHIMILCO, SAN JUAN TEPEPAN	150604.82 CONSUMO MEDIDO
10418	XOCHIMILCO, SAN LORENZO LA CEBADA	78663.08 CONSUMO MEDIDO
10220	XOCHIMILCO, SAN LORENZO LA CEBADA	42503.38 CONSUMO MEDIDO
9975	XOCHIMILCO, SAN LORENZO LA CEBADA	441192.42 CONSUMO MEDIDO
9976	XOCHIMILCO, SAN LUCAS ORIENTE	4176.53 CONSUMO MEDIDO
10420	XOCHIMILCO, SAN LUCAS ORIENTE	594.78 CONSUMO MEDIDO
9978	XOCHIMILCO, SANTA CRUZ DE CHAVARRIETA	20337.70 CONSUMO MEDIDO
10223	XOCHIMILCO, SANTA CRUZ DE CHAVARRIETA	327.92 CONSUMO MEDIDO
10422	XOCHIMILCO, SANTA CRUZ DE CHAVARRIETA	1429.29 CONSUMO MEDIDO
10424	XOCHIMILCO, SANTA CRUZ DE GUADALUPE	3096.62 CONSUMO MEDIDO
10225	XOCHIMILCO, SANTA CRUZ DE GUADALUPE	76.25 CONSUMO MEDIDO
9981	XOCHIMILCO, SANTA CRUZ DE GUADALUPE	16732.73 CONSUMO MEDIDO
10426	XOCHIMILCO, SANTA INÉS	512.46 CONSUMO MEDIDO
9982	XOCHIMILCO, SANTA INÉS	59.29 CONSUMO MEDIDO
10228	XOCHIMILCO, SANTIAGUITO	102.79 CONSUMO MEDIDO
9985	XOCHIMILCO, SANTIAGUITO	5128.00 CONSUMO MEDIDO
10429	XOCHIMILCO, SANTIAGUITO	1236.90 CONSUMO MEDIDO
9987	XOCHIMILCO, TABLAS DE SAN LORENZO	139221.65 CONSUMO MEDIDO

Por lo tanto, era necesario encontrar la razón por la cual las colonias aparecen múltiples veces y con múltiples mediciones, y saber la unidad de medición utilizada en dicha base de datos, ya que no queda claro si el dato está especificado en m<sup>3</sup> de agua, y si la periodicidad de dicha medición es anual o bimestral, o alguna otra.

### Observaciones

La suma de las observaciones para las tres variables (Cuota Fija, Consumo Promedio y Consumo Medido) sí es igual al número de observaciones totales: 10,442. Sin embargo, no se sabe cómo interpretar las colonias u observaciones duplicadas o repetidas. Es probable que no sea útil tomar el promedio de éstas ya que hay una gran varianza en las mediciones. En la **tabla 7** se muestran los datos consultados para el 19 de mayo en Álvaro Obregón.

Tabla 7. Inconsistencias sobre las colonias de SACMEX (4)		
928	ALVARO OBREGON, 19 DE MAYO	1.22 CONSUMO MEDIO
1793	ALVARO OBREGON, 19 DE MAYO	592.02 CONSUMO MEDIO
1325	ALVARO OBREGON, 19 DE MAYO	32583.36 CONSUMO MEDIO

### **Colonias sin datos**

Es importante mencionar que se identificaron inconsistencias en el total de las colonias que aparecen en las tres variables de consumo. Esto se debe a que la base de datos cuenta con un número total de identificadores únicos (Alcaldía + Colonia) de 1,649 registros, pero la variable Consumo Medio tiene únicamente 1,605 registros. Es decir, esta variable no cuenta con 44 colonias que aparecen en alguna de las otras variables. Por tanto, hay colonias para las que falta información de alguna de las tres variables consideradas (Cuota Fija, Consumo Promedio y Consumo Medido).

### **Unidades**

Como ya se mencionó, en la base de datos no puede saberse cuál es la unidad de medición del consumo de agua que aparece en la tabla. Se supone que los datos están en m<sup>3</sup> de agua por colonia por año, pero esto no pudo confirmarse para poder convertir este dato usando datos censales por manzana y obtener un consumo en términos de litros de agua por persona por día.

### **Georreferencia**

Como se mencionó, dicha tabla no está georreferenciada. El proceso para lograr su georreferenciación hubiera sido el siguiente:

1. Obtener un Shapefile (.shp) de las colonias de la Ciudad de México.
2. Buscar las Colonias que aparecen en la tabla de SACMEX en el Database File .dbf del Shapefile de las colonias.
3. Identificar las colonias que no logran encontrar su par y corregir sus nombres.

### **Alternativa y el indicador**

De manera opcional, se pudo haber desarrollado un modelo estadístico o de aprendizaje (machine learning) automático para estimar las colonias y/o manzanas que no cuenten con una medición. Es decir, existe una manera de construir un modelo estadístico para estimar el consumo de agua o la precariedad de agua en la Ciudad de México. Para esto es necesario limpiar esta tabla de consumo y considerar más variables para entrenar y evaluar el modelo. Entre las variables a considerar están: grado de desarrollo, grado de marginación; colonias con tandem, y agua entubada en densidad o porcentaje. Además, se propone considerar cómo se podrían identificar las zonas con viviendas unifamiliares vs. condominios o multifamiliares con variables como el número promedio de ocupantes y densidad poblacional. Cuando en una manzana se identifica en un área pequeña y techos altos un alto número de población, se asume que se trata de un condominio o una unidad habitacional.

## Información sobre Embotelladoras

Con base en una búsqueda de información de fuentes documentales se analizaron las principales características de las empresas embotelladoras de agua como un fenómeno que contribuye al abasto informal de agua en la CDMX, mismo que es diferente al abasto formal que es el que se da a través de la red pública.

Según el estudio realizado en 2011 “Calidad y disminución de la demanda de agua en el Distrito Federal”, coordinado por la investigadora del Departamento de Economía de la UAM-Iztapalapa Delia Montero Contreras, las viviendas de la Ciudad de México invierten casi \$1,600 millones de pesos al año en agua embotellada, del cual 77% de este gasto es absorbido por empresas embotelladoras, así como por expendios de agua purificada. El estudio se basó en la realización de una encuesta en la que participaron 689 viviendas que fueron representativas de cada una de las alcaldías de la Ciudad de México. La encuesta reveló que el 98.5% del consumo de agua de dichas viviendas se utiliza para realizar actividades dentro del hogar como limpieza, aseo personal y consumo, mientras que el otro 1.5% se utiliza en actividades externas al hogar como lavado de autos, lavado de banquetas y riego de jardines.

En dicha investigación se estima que más del 70% de la población encuestada no consume agua de la llave. Por otra parte, en alcaldías como Iztapalapa y Venustiano Carranza menos del 20% de la población percibe como de buena calidad el agua de la llave. Por último, en la mayoría de las alcaldías, más del 60% de la población encuestada aceptó que compran garrafones de agua para su consumo (ver **tabla 8**).

**Tabla 8.** Calidad y disminución de agua en la Ciudad de México

DELEGACIÓN	NO TOMA AGUA DE LA LLAVE (%)	PERCIBE EL AGUA DE BUENA CALIDAD (%)	COMpra AGUA DE GARRAFÓN (%)
ÁLVARO OBREGÓN	96	62	85
AZCAPOTZALCO	92	35	71
BENITO JUÁREZ	80	32	87
COYOACÁN	77	48	60
CUAJIMALPA	87	25	75
CUAUHTÉMOC	74	44	79
GUSTAVO A. MADERO	100	58	91
IZTACALCO	75	15	78
IZTAPALAPA	87	17	95
MAGDALENA CONTRERAS	85	35	85
MIGUEL HIDALGO	100	55	91
MILPA ALTA	75	58	66
TLÁHUAC	85	33	85
TLALPAN	88	35	74
VENUSTIANO CARRANZA	95	16	90
XOCHEMILCO	94	61	91

Con respecto al gasto en el consumo de agua embotellada, el estudio arrojó los siguientes datos: en Coyoacán el gasto mayor se genera en la compra de garrafones de agua de 20 L, que asciende a casi 313 pesos al mes. Por otra parte, la Alcaldía Gustavo A. Madero tiene el menor gasto en garrafones de agua de 20 L, que asciende a \$180 al mes (ver **tabla 9**).

<b>Tabla 9. Gasto Promedio en garrafones de agua de 20 Litros al mes</b>	
<b>DELEGACIÓN</b>	<b>GASTO PROMEDIO AL MES (EN PESOS)</b>
ÁLVARO OBREGÓN	\$313
AZCAPOTZALCO	\$272
BENITO JUÁREZ	\$251
COYOACÁN	\$247
CUAJIMALPA	\$244
CUAUHTÉMOC	\$243
GUSTAVO A. MADERO	\$230
IZTACALCO	\$230
IZTAPALAPA	\$226
MAGDALENA CONTRERAS	\$226
MIGUEL HIDALGO	\$218
MILPA ALTA	\$218
TLÁHUAC	\$211
TLALPAN	\$206
VENUSTIANO CARRANZA	\$189
XOCHIMILCO	\$180

#### Anexo 4. Diseño de la encuesta y muestreo

Para conocer un poco más sobre el impacto del problema de escasez de agua en la Ciudad de México, particularmente sobre el consumo, abasto y almacenamiento de agua, se realizó como trabajo de campo una encuesta con la que se obtuvo información de 1,184 viviendas o registros. Las fases del trabajo de campo fueron:

1. Fase de Preparación: consistió en la elaboración del cuestionario para los residentes, el diseño y la selección de la muestra basada en el IPH, la capacitación del equipo para la aplicación y llenado de encuestas y la aplicación de pruebas piloto.
2. Fase de implementación: consistió en la aplicación de los cuestionarios en las colonias seleccionadas, así como la revisión y la verificación de los datos de campo.
3. Fase de análisis: consistió en la limpieza, verificación y la revisión de los datos recolectados en campo y su incorporación a la base de datos.

## Cuestionario

### Vialidad del sistema de captación de agua de lluvia

1. Su vivienda es:
  - a) Propia
  - b) Rentada
  - c) Prestada
2. ¿De cuántos niveles es su vivienda? (el encuestador visualmente debe verificar los pisos)
  - a) 1
  - b) 2
  - c) 3
3. ¿Ha escuchado hablar o ha visto los sistemas de captación de agua de lluvias?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_
4. Usted, ¿estaría interesado en poner un sistema de captación de agua de lluvia en su casa?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_
5. ¿Cuántos metros mide su terreno? \_\_\_\_\_
6. ¿Con cuántos cuartos cuenta su vivienda? \_\_\_\_\_
7. Aproximadamente ¿de cuántos metros cuadrados es el techo de su vivienda? (para verificar la viabilidad de la captura de agua de lluvia)
  - a) 60 m<sup>2</sup>
  - b) Menos de 60 m<sup>2</sup>
  - c) Más de 60m<sup>2</sup>
  - d) Otra respuesta \_\_\_\_\_
8. ¿Cuántas personas viven en su vivienda? \_\_\_\_\_
9. ¿De qué material es el techo de su vivienda?
  - a) Lámina
  - b) Asbesto
  - c) Cemento
  - d) Otro \_\_\_\_\_

### Frecuencia del servicio de agua potable

10. ¿En su vivienda cuenta con agua potable?
  - a) Entubada dentro de la vivienda
  - b) Entubada fuera de la vivienda
  - c) Servicio de pipas
  - d) Compra agua privada
  - e) Otro: \_\_\_\_\_
11. ¿Usted siempre ha tenido servicio de agua potable en su vivienda?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No (si responde que NO pasar a la siguiente)
  - 11.1 ¿Cuánto tiempo le llevó tener acceso al agua potable, pipas o tandeo?
12. ¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua potable?
  - a) 1 vez a la semana
  - b) 2 veces a la semana
  - c) 3 veces a la semana
  - d) 4 a 5 veces por semana
  - e) Todos los días
  - f) NA (Si compra agua privada)

### Contenedores o fuentes de almacenamiento de agua

13. ¿Cuántos litros de agua recolecta o guarda en un día que le llega el agua a su vivienda?
  - a) Menos de 200 litros
  - b) Tambo de 200 litros
  - c) 400 litros (tinaco chico)
  - d) 1100 litros (tinaco grande)
  - e) 2500 litros (cisterna)
  - f) No sabe
  - g) Otra respuesta \_\_\_\_\_
- 13.1 Especificar otra respuesta \_\_\_\_\_
14. ¿Usted cuenta con cisterna?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No (si responde NO pasar a la siguiente pregunta)
- 14.1 ¿Si tuviera la oportunidad de construir una cisterna, tiene espacio para colocarlo en su vivienda?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_
15. ¿Usted cuenta con tinaco?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No (si responde NO pasar a la siguiente pregunta)
- 15.1 ¿Si tuviera la oportunidad de comprar un tinaco, tiene espacio para colocarlo en su vivienda?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_
16. ¿Usted cuenta con bomba de agua?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_
17. ¿Usted considera que hay variaciones en la cantidad de agua que le llega a su vivienda en época de sequía?
  - a) Sí \_\_\_\_\_ (continúa a la siguiente)
  - b) No \_\_\_\_\_
- 17.1 ¿Le llega más o menos agua?
  - a) más \_\_\_\_\_
  - b) menos \_\_\_\_\_
18. ¿Usted está registrado en la Delegación para recibir el servicio de pipas?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_
19. Aproximadamente, ¿Cuál es el precio de la pipa, tambo o tinaco? o ¿cuánto le da de propina al pipero? (Especificiar)
20. Además del servicio que recibe en su vivienda, usted ¿compra pipas privadas?
  - a) Sí \_\_\_\_\_
  - b) No \_\_\_\_\_

### Costo del servicio de Agua

21. Aproximadamente, ¿cuál es el precio de las pipas privadas?
  - a) 800 a 1000 pesos
  - b) 1001 a 1500 pesos
  - c) 2000 pesos
  - d) 3000 pesos

- e) Más de 3000 pesos  
f) Otra respuesta
- 21.1 Especificar "Otra respuesta" \_\_\_\_\_
22. En temporada de lluvias, ¿cuántas pipas o tinacos o tambos compra al mes? (especificar)
23. En temporada de sequías, ¿cuántas pipas compra al mes? (especificar)
24. Usted ¿compra garrafones?  
a) Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
- 24.1 ¿Cuántos garrafones consume a la semana?  
a) De 1 a 2 garrafones  
b) De 3 a 5 garrafones  
c) De 5 a 7 garrafones  
d) Más de 7 garrafones  
e) No sabe  
f) Otra respuesta
- 24.1.1 Especificar "Otra respuesta" \_\_\_\_\_
25. ¿Cuál es el costo de los garrafones que compra?  
a) Entre 10-15 pesos  
b) Entre 16 – 30 pesos  
c) Entre 30 y 40 pesos  
d) Más de 40 pesos

#### **Percepción de la cantidad y calidad del agua que recibe**

26. En general, usted percibe que el servicio de agua potable que recibe en su vivienda es:  
a) Excelente  
b) Muy bueno  
c) Regular  
d) Malo  
e) Muy malo
27. ¿Qué considera usted que es el principal reto del servicio de agua potable que recibe en su vivienda?  
a) La cantidad de agua no es suficiente  
b) El costo del agua potable y/o pipas  
c) Los horarios en los que llega  
d) Que seguido experimenta falta de agua por varios días  
e) Otra \_\_\_\_\_
28. ¿Cuál ha sido la escasez de agua más larga que ha experimentado?  
a) 1-3 días  
b) 5-7 días  
c) Más de 7 días  
d) 15 días  
e) 20 días  
f) Más de 20 días  
g) Otra \_\_\_\_\_
29. ¿Alguna vez se ha organizado con sus vecinos para exigir a la Delegación el servicio de agua potable?  
a) Sí \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_
30. ¿Cuál fue la demanda?
31. En su experiencia, ¿las movilizaciones y la presión social son una forma eficiente de lograr sus demandas sobre el agua?  
a) Sí \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_

#### **Percepción de la calidad del agua de lluvia**

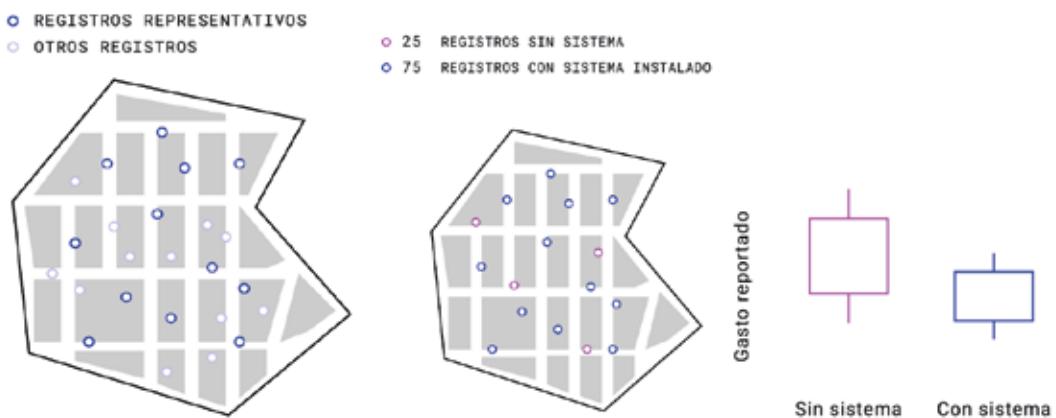
32. ¿Qué tan sucia considera usted que es el agua de lluvia?  
a) Muy sucia  
b) Algo sucia  
c) Poco sucia  
d) Limpia  
e) No sabe
33. En comparación con el agua que actualmente recibe de las pipas, usted considera que el agua de lluvia debiera ser:  
a) Más sucia que la de la pipa  
b) Con la misma calidad de la pipa  
c) Más limpia que la pipa  
d) Al principio sucia y luego limpia
34. ¿Actualmente usted aprovecha el agua de la lluvia para algún uso en su vivienda?  
Sí \_\_\_\_\_ (si respondió Sí pasar a la siguiente pregunta) No \_\_\_\_\_
- 36.1 ¿para qué usos?  
a) Regar plantas y/o jardín  
b) Para el baño  
c) Lavar el patio  
d) Lavar el auto  
e) Lavar ropa  
f) Limpieza del hogar  
g) Otra respuesta
- 36.1.1 Especificar "Otra respuesta" \_\_\_\_\_

Comentarios o notas importantes: \_\_\_\_\_

## Diseño de la muestra

Debido a que en el Análisis Exploratorio de los Datos (EDA) de Isla Urbana se detectó la falta de información, particularmente referente a los montos de consumo y/o gasto en agua, se realizó la encuesta a viviendas que ya contaban con un SCALL de áreas estadísticamente representativas y en viviendas que no contaban con sistema (**figura 1**). La muestra de las viviendas que no cuentan con SCALL fue menor en número, pero fue una muestra estadísticamente representativa tanto a nivel de vivienda como a nivel del número de habitantes por vivienda.

**Figura 1.** Ejemplo de registros representativos para el levantamiento de la encuesta en viviendas con y sin SCALL



## Instrucciones para el uso del software Open Data Kit (ODK) y KoboCollect

### Open Data Kit y KoboCollect:

- Software que facilita el uso de dispositivos móviles en campo
- Servidor que administra los datos desde una nube
- Facilita la descarga de datos de campo

### Open Data Kit (ODK)

#### Administrador

##### 1. Crear un Nuevo proyecto:

- Rain project → <https://rainproject-172411.appspot.com/Aggregate.html#management/forms///>

##### 2. Recolección de datos en campo

- Crear archivo Excel (Formulario/Encuesta).
- Subir la encuesta al servidor - transformarlo – <http://opendatakit.org/xiframe/>
- Bajarlo en el dispositivo móvil (tablet o celular).
- Recoger datos con varios dispositivos.

### **3. Para el repositorio (nube):**

- crear una cuenta en ODK Aggregate-<https://rainproject-172411.appspot.com/Aggregate.html#management/forms///>

Instalación en el dispositivo móvil (Encuestadores)

#### **1. ODK Collect**

- Bajar la aplicación
- Instalarlo en el Celular

#### **2. Abrir ícono de ODK**

- Configurar la aplicación para que llegue a la cuenta de ODK
- Cambiar configuración
  - *Form management*
    - *Form submission*
      - Auto Envío: *Wifi only*
    - Servidor (*server*)
      - URL: <https://rainproject-172411.appspot.com>

#### **3. Regresar al menú principal**

- Obtener formulario en Blanco
  - Seleccionar sample
  - Llenar Nuevo Formulario
  - Al finalizar: guardar formulario
    - Iniciales ejemplo sample\_BH\_1, sample\_BH\_2, sample\_BH\_3 ... etc....
  - Enviar formulario finalizado
  - No eliminar ningún cuestionario hasta que se autorice por el coordinador o coordinadores del proyecto

### **KoBoCollect**

Opción 1 (Solo Android)

#### **1. Bajar y abrir la aplicación “KoBoCollect”.**

#### **2. Ir a las opciones generales de la aplicación e ingresar los siguientes datos:**

- servidor: <https://kc.kobotoolbox.org>
- usuario: nodometropolitano
- contraseña: islaurbana

#### **3. Ir a la página de inicio de la aplicación y obtén un formulario en blanco, selecciona “Encuesta de Gasto”. Empieza a llenar cuestionarios nuevos.**

Opción 2 (Solo Android)

1. Abrir una cuenta nueva en KoBoToolbox (<https://kf.kobotoolbox.org>) y enviar el nombre de usuario a uno de los coordinadores de la encuesta.

2. Bajar y abrir la aplicación “KoBoCollect”.
3. Ir a las opciones generales de la aplicación e ingresar los datos necesarios: servidor (<https://kc.kobotoolbox.org>), usuario y contraseña (tuyos).
4. Ir a la página de inicio de la aplicación y obtén un formulario en blanco, selecciona “Encuesta de Gasto”. Empieza a llenar cuestionarios nuevos.

Opción 3 (Cualquier dispositivo con conexión a una red)

1. Ir al siguiente enlace en un navegador y llena el cuestionario: <https://ee.kobotoolbox.org/x/#YcGI>

### *Manejo de la base de datos*

Para el manejo de datos de la encuesta se utilizó como referencia la base de datos de *Isla Urbana*, misma que fue organizada y depurada para un mejor manejo de la información. Algunos datos sin coordenadas se eliminaron y se manejaron las variables que se muestran en la **tabla 10**. Los colores representan tipos de variables, mismas que se explican a continuación: Identificación, Propiedad; Vivienda; Servicio de Agua; Cisternas; Tinacos; Pipas y Garrafones.

<b>Tabla 10. Variables utilizadas en la encuesta</b>		
COLUMNA	DTYPE	DESCRIPCIÓN
ID	INT	ID único
LAT	FLOAT	Coordenada de latitud
LON	FLOAT	Coordenada de longitud
COLONIA	STRING	Nombre de la colonia
DELEGACION	STRING	Nombre de la Alcaldía
PROPIEDAD_TIPO	CAT	Tipo de posesión de la propiedad
CAPTA_CONOCE	BOOL	Conocimiento de sistemas de captación
CAPTA_INTERES	BOOL	Interés por los sistemas de captación
VIV_NIVELES	INT	Número de niveles de la vivienda
VIV_AREA_TERRENO	INT	Área del terreno de la vivienda
VIV_AREA_TECHO	INT	Área del techo de la vivienda
VIV_CAT_TECHO	CAT	Dimensiones del techo en valores categóricos
VIV_MAT_TECHO	CAT	Tipo de material del techo
VIV_CUARTOS	INT	Número de cuartos de la vivienda
VIV_NUM_HABS	INT	Número de habitantes de la vivienda
SERV_AGUA	CAT	Tipo de servicio de agua
SERV_AGUA_DIAS	INT	Días de la semana durante los cuales se cuenta con servicio
ALM_AGUA_CAP_L	???	Capacidad de almacenamiento de agua
CISTERN_BOOL	BOOL	Tiene o no cisterna
CISTERN_CAP_L	INT	Capacidad de la cisterna en litros

TINACO_BOOL	BOOL	Tiene o no tinaco
TINACO_CAP_L	INT	Capacidad del tinaco en litros
GARRAFON_BOOL	BOOL	Compra o no garrafones
GARRAFON_XSEM	CAT	Cantidad de garrafones por semana
GARRAFON_COST	CAT	Costo por cada garrafón

**Identificación:** incluye las variables de Identificación única, Latitud, Longitud, Colonia y Alcaldía (ID, LAT, LON, COLONIA, DELEGACION).

**Propiedad:** agrupa a las variables de tipo de propiedad y las del conocimiento e interés por los sistemas de captación de agua pluvial (PROPIEDAD\_TIPO, CAPTA\_CONOCE, CAPTA\_INTERES). Se utilizaron valores booleanos (Falso / Verdadero).

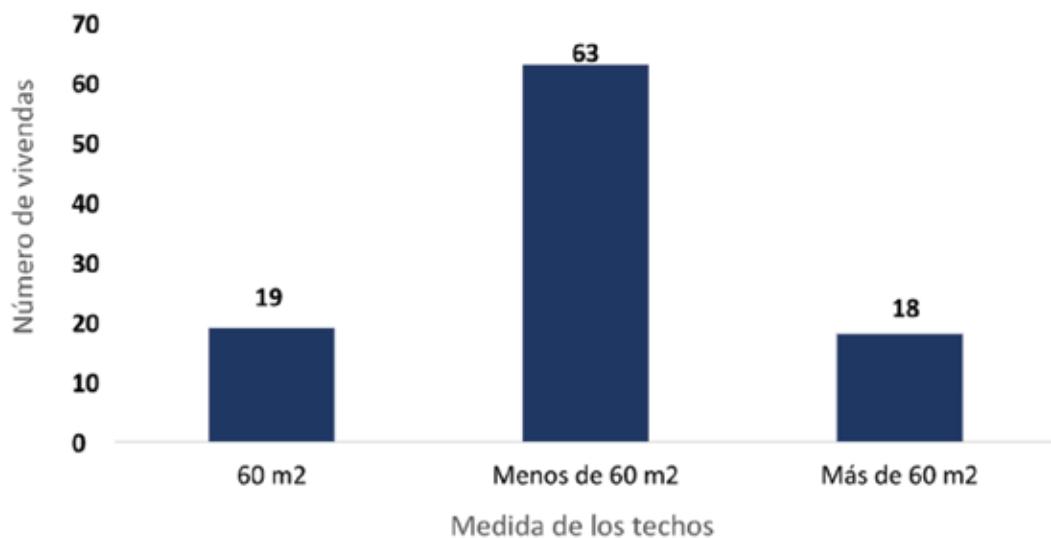
**Vivienda:** agrupa a las variables de número de niveles, área del terreno, área del techo en metros cuadrados, área de techo en valor categórico, material del techo, número de cuartos y número de habitantes (VIV\_NIVELES, VIV\_AREA\_TERRENO, VIV\_AREA\_TECHO, VIV\_CAT\_TECHO, VIV\_MAT\_TECHO, VIV\_CUARTOS, VIV\_NUM\_HABS). En cuanto a los techos, los resultados de la variable (VIV\_AREA\_TECHO) resultaron difíciles de manejar debido a que las cifras son poco confiables ya que hay una mezcla entre datos (valores numéricos y categóricos: valores muy bajos o muy altos, o valores textuales, que son más o menos 60 registros). Además, hay 215 registros con valores nulos. Esto implica que dos terceras partes de la encuesta no tienen datos de área de techo. Con los resultados obtenidos, se elaboró la **tabla 11** en donde se aprecian valores elevados; es probable que se hayan tomado datos del área de terreno de la vivienda y no los datos del área de los techos.

**Tabla 11.** Promedio de metros cuadrados de techo en las viviendas encuestadas

ALCALDÍA	m <sup>2</sup>
Cuajimalpa	152.81
Gustavo A. Madero	153.55
Iztapalapa	144.35
Magdalena Contreras	213.30
Xochimilco	217.08

Para determinar el área de techo se utilizó el dato proporcionado por Isla Urbana de 60 m<sup>2</sup> corroborado por la encuesta en el que se muestra que la mayoría de las viviendas tienen un techo promedio de menos de 60 m<sup>2</sup> (**figura 2**).

**Figura 2.** Medidas de los techos de las viviendas con interés en un sistema de captación



**Servicio de agua:** en cuanto al servicio de agua (SERV\_AGUA\_DIAS) se hicieron modificaciones a los valores de la variable de días con servicio de agua entubada, para incluir el valor de 0 para las viviendas sin conexión al sistema de agua entubada. En cuanto a la capacidad de almacenamiento de agua, los datos no son precisos, lo que los hace difíciles de interpretar, sobre todo, cuando se comparan con las variables bajo las categorías de cisterna, tinaco y pipas (ver casos abajo).

**Tabla 12.** Litros que se almacenan en un día que se recibe el servicio

Tinaco chico	400
Tinaco mediano / media pipa	600
Tinaco grande	1,100
Cisterna	2,500
Pileta	1,100
Tambo	200

Para los tinacos, las medidas estándar en litros son: 450, 600, 750, 1100 y 2500. En contraste, la capacidad de las cisternas es mucho más flexible, dado que pueden ser hechas a la medida, a base de concreto, según el criterio de cada propietario de vivienda (**tabla 13**). Sin embargo, algunas de las medidas estándar de cisternas en modelos prefabricados de plástico son: 1,200; 2,800; 5,000 y 10,000 L. En los registros se observan datos que no tienen relación o son contradictorios, lo cual de nuevo muestra que no se sabe con certeza la capacidad de almacenamiento de cada una de las viviendas encuestadas. En algunos casos, las cifras de la variable "litros\_guarda" podría implicar que el valor nulo (nan) de la capacidad de tinaco en realidad es un tinaco con una capacidad estándar de 1,100 litros. Sin embargo, en otros casos los datos no se pueden interpretar. Hay casos de viviendas que tienen cisterna, pero no tienen tinaco que aparecen con

un valor de 1,100 en la variable “litros guarda”. No se sabe cuál es la capacidad de almacenamiento de las viviendas en la mencionada encuesta.

**Tabla 13. Capacidad de almacenamiento**

LITROS GUARDADOS	CISTERN_BOOL	CISTERN_CAP	TINACO_BOOL	TINACO_CAP
1100	TRUE	2500	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	TRUE	2500	TRUE	nan
1100	TRUE	10000	TRUE	nan
1100	TRUE	2500	FALSE	0
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	FALSE	0	TRUE	nan
1100	TRUE	nan	TRUE	nan
1100	TRUE	nan	FALSE	0
1100	FALSE	0	FALSE	0

**Cisternas / Tinacos:** los valores para estas variables fueron de tipo binario “falso/verdadero”.

**Pipas:** para la variable del precio o propina de las pipas públicas se utilizaron valores categóricos dadas ciertas inconsistencias de los datos (tabla 14).

**Tabla 14. Variable del precio/propina de las pipas públicas (antes y después de setransformadas a valores categóricos)**

CATEGORÍA DE PROPINA/ PRECIO PIPAS PÚBLICAS	RANGO DE PROPINA/ PRECIO DE PIPAS PUBLICAS (%)
1	0-15
2	15-30
3	30-45
4	45-60
5	60 o más

Para los precios de las pipas privadas, los datos son difíciles de interpretar dado que es necesario saber la capacidad de almacenamiento (**tabla 15**), la cual ya mostró ser poco fiable.

**Tabla 15.** Capacidad de almacenamiento

nan
1001_1500 x pipa (X litros que guarda)
160 x tinaco
170 x tinaco
200 x tinaco chico
500 x tinaco
800_1000 x pipa chica
180 x tinaco

En términos del precio por la compra de pipas privadas los datos varían de acuerdo a la cantidad de agua que los encuestados compran. Por ello, en la tabla 15 se muestran los precios que más se mencionaron. Por ejemplo, podemos observar que el precio de una pipa chica (aprox. 5000 litros de agua) varía de 800 a 1500 pesos, mientras que el precio por un tinaco de agua (aprox. 1200 litros de agua) el precio va desde los 160 hasta los 500 pesos.

**Garrafones:** comprende tres variables (GARRAFON\_BOOL, GARRAFON\_XSEM y GARRAFON\_COST). Estos datos se pueden usar para estimar el gasto en términos de agua embotellada dentro de ciertos rangos (tabla 16).

**Tabla 16.** Consumo de garrafones

GARRAFON_BOOL	GARRAFON_XSEM	GARRAFON_COST
TRUE	2	1
TRUE	2	2
TRUE	2	2
TRUE	2	3
TRUE	2	2
TRUE	2	1
TRUE	3	1
TRUE	1	1
TRUE	4	1
TRUE	2	1
TRUE	1	1
TRUE	2	1
TRUE	3	1
TRUE	2	1
TRUE	3	1
TRUE	1	1
TRUE	2	1

## Anexo 5. Metodología para la generación de escenarios

Para la generación de escenarios se generó una capa denominada “*manzana\_censo\_df*” que contiene los siguientes 10 campos:

**CVEGEO:** Clave geo-referenciada de cada manzana.

**\_MZA:** número de manzana.

**\_POBTOT:** Total de personas que residen habitualmente en el país, entidad federativa, municipio y localidad. Incluye la estimación del número de personas en viviendas particulares sin información de ocupantes.

**\_VIVTOT:** Viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas. Incluye a las viviendas particulares sin información de sus ocupantes.

**\_TVIVHAB:** Viviendas particulares y colectivas habitadas. Incluye a las viviendas particulares sin información de sus ocupantes.

**\_OCUPVIVP:** Personas que residen en viviendas particulares habitadas de cualquier clase: casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, vivienda o cuarto de azotea, local no construido para habitación, vivienda móvil, refugios o clase no especificada. Excluye la estimación del número de personas en viviendas particulares sin información de ocupantes.

**\_PROM\_OCUP:** Resultado de dividir el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas, entre el número de esas viviendas. Excluye la estimación del número de personas y de viviendas particulares sin información de ocupantes.

**ocup\_viv:** es igual al campo 6, pero transformado a un valor entero (en lugar de estar en formato ‘string’).

**prom\_ocup:** es igual al campo 7, pero transformado a un valor entero (en lugar de estar en formato ‘string’).

**viv\_hab:** número de viviendas habitadas calculadas a partir de los campos 8 y 9.

Los últimos tres campos fueron modificados debido a que el campo de “*\_TVIVHAB*” sólo tenía valores como “\*” ó 0. Para evitar sobreestimar el número de instalaciones al utilizar el campo de “*\_VIVTOT*”—ya que incluye a las viviendas particulares sin información de sus ocupantes— se decidió utilizar sólo aquellas viviendas que efectivamente estaban habitadas. Se calculó el número de viviendas habitadas con la siguiente fórmula:

$$viv\_hab = \frac{ocup\_viv}{prom\_ocup}$$

La variable de viviendas habitadas fue clave para el cálculo de número de instalaciones de captación de lluvia (que se muestra más adelante). Una vez que se obtuvo la capa de “manzana\_censo\_df”, generamos la capa “manzana\_censo\_df\_n” que contiene cuatro campos (CVEGEO; ocup\_viv y viv\_hab). A continuación, se generó la capa “manzana\_censo\_df\_n\_area” con cinco campos (CVEGEO; ocup\_viv; viv\_hab; area\_p y n\_inst\_p). El campo “area\_p” corresponde al área potencial de captación de lluvia por manzana que fue calculado mediante el uso de imágenes del satélite LIDAR. Inicialmente, el campo “n\_inst\_p” que corresponde al número de instalaciones potenciales se calculó de la siguiente manera:

$$n\_inst\_p_j = \frac{\text{área}_p_j}{\text{área de techo}}$$

para  $0 < j \leq 63,239$

Donde el subíndice  $j$  corresponde a las manzanas de la ciudad, y el área de techo corresponde a la extensión de techo (estimada por expertos) para toda la ciudad que se utiliza para la captación de agua de lluvia (los expertos decidieron que el área de techo estándar era de  $60m^2$ , lo cual fue además corroborado a través de encuestas en diferentes puntos de la ciudad).

Posteriormente, se generó una capa denominada “manzana\_censo\_df\_n\_area\_lluvia” que contiene 365 campos, de los cuales 361 corresponden al promedio de lluvias diario por manzana. Los otros cuatro campos provienen de las capas anteriores (CVEGEO; ocup\_viv; viv\_hab; area\_p y n\_inst\_p).

La siguiente capa generada fue “manzanas\_consumo\_20” que retoma los campos de la capa anterior y se le añadieron seis campos más (w\_stored; sum\_used; n\_inst; area\_c; tank\_cap y consumo). El campo “w\_stored” comprende el cálculo del agua de lluvia que se almacena por manzana, tomando en cuenta el límite de almacenamiento (que viene dado por la variable “tank\_cap”). Básicamente lo que se hace es calcular cuánto hay acumulado de agua de lluvia más lo que llueve ese día, menos lo que se consume ese día, por manzana, es decir:

$$w\_stored_j = (agua\ almacenada_{t-1} + agua\ captada_t)_j - consumo_j$$

para  $0 < j \leq 63,239$

Estos datos son guardados en una hoja de datos (*denominada “w\_stored\_array”*) que contiene la suma del agua de lluvia acumulada de todas las manzanas por día. El campo “sum\_used” corresponde al agua de captación de lluvia que se consume, es decir, el agua de lluvia almacenada que se utiliza por manzana cada día. Por tanto, si no hay agua de lluvia almacenada no se consume nada. De forma análoga al campo anterior, los datos de esta variable se guardan en una hoja de datos (*denominada “sum\_used\_array”*) que contiene la suma del agua de lluvia utilizada

en todas las manzanas cada día.

El campo de “*n\_inst*” corresponde al número de instalaciones de captación de lluvia que hay en cada manzana. Esta variable se calcula, en cada manzana, de la siguiente forma:

$$n_{inst_j} = \frac{area\_p_j}{area.captación}$$

donde **area. captacion** corresponde al área de techo para toda la ciudad.

$$Si viv\_hab_j < n_{inst_j} \text{ entonces } n_{inst_j} = viv\_hab_j$$

Además, como había casos en los que había viviendas habitadas, pero no había ocupantes (p.ej. una escuela), se añadió la restricción de que en ese caso no hubiera instalaciones:

$$Si ocup\_viv_j = 0 \text{ entonces } n_{inst_j} = 0$$

El campo de “*area\_c*” corresponde al área de captación de agua de lluvia para cada manzana y se calcula de la siguiente manera:

$$area\_c_j = n_{inst_j} \times area.captacion$$

El campo de “*tank\_cap*” corresponde al volumen de almacenamiento por manzana, que se calcula como:

$$tank\_cap_j = n_{inst_j} \times volumenCisterna$$

donde **volumenCisterna** es el volumen de almacenamiento considerado para toda la ciudad (los expertos consideraron que el volumen estándar de almacenamiento corresponde a 5,000 L).

El campo de “*consumo*” corresponde al consumo de agua de lluvia por manzana y se calcula de la siguiente forma:

$$consumo_j = prom\_ocup_j \times n_{inst_j} \times consumo_{personal}$$

donde el consumo<sub>personal</sub> corresponde al volumen de consumo por persona y día para toda la ciudad (se consideran tres consumos posibles: 20, 50 o 100 L por persona al día).

Además, se añadieron dos columnas más para calcular el porcentaje de agua de lluvia que se aprovecha por manzana. El campo de “*p\_lluvia*” corresponde al porcentaje de lluvia aprovechado si se considera el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas de cualquier clase (campo “*ocup\_viv*”), se calcula de la siguiente forma para cada manzana:

$$\text{consumo\_anual}_j = \text{numerodias} \times \text{consumo}_{\text{personal}} \times \text{ocup\_viv}_j$$

donde ***numerodias*** corresponde al número de días total para el que se dispone de datos de lluvia promedio (i.e. para el caso del año 2013, 361 días).

$$\begin{aligned} \text{Si } \text{consumo\_anual}_j > 0 \rightarrow p_{\text{lluvia}}_j &= \frac{(\text{sum\_used}_j)}{\text{consumo\_anual}_j) \times 100} \\ \text{Si } \text{consumo\_anual}_j < 0 \rightarrow p_{\text{lluvia}}_j &= 0 \end{aligned}$$

El último campo “*p\_lluvia\_i*” corresponde al porcentaje de lluvia aprovechado si se considera el promedio de personas que residen en viviendas particulares habitadas de cualquier clase (campo “*prom\_ocup*”), se calcula de la siguiente forma para cada manzana:

$$\text{consumo\_anual}'_j = \text{numerodias} \times \text{consumo}_j$$

Nótese que *consumo<sub>j</sub>*, que corresponde al consumo de agua de lluvia por manzana, se había calculado anteriormente utilizando *prom\_ocup<sub>j</sub>*.

$$\begin{aligned} \text{Si } \text{consumo\_anual}'_j > 0 \rightarrow p_{\text{lluvia\_i}}_j &= \frac{(\text{sum\_used}_j)}{\text{consumo\_anual}'_j) \times 100} \\ \text{Si } \text{consumo\_anual}'_j < 0 \rightarrow p_{\text{lluvia\_i}}_j &= 0 \end{aligned}$$

Al finalizar la generación de capas descritas en este anexo, se obtuvieron las variables finales que fueron utilizadas para realizar el modelo de diferencias que se muestra en la **tabla 17**. Cabe señalar que estas variables no están directamente relacionadas con datos de lluvia, sino con información relacionada con la población.

**Tabla 17.** Clave y definición de variables que no corresponden a los datos de lluvia

CLAVE	DEFINICIÓN
CVEGEO	Identificador geo-referenciado de cada manzana
ocup_viv	Personas que residen en viviendas particulares habitadas
viv_hab	Número de viviendas habitadas
area_p	Área potencial de captación de lluvia
w_stored	Agua de lluvia almacenada diariamente
sum_used	Agua de lluvia consumida diariamente
n_inst	Número de instalaciones de captación de lluvia
area_c	Área de captación de agua de lluvia
tank_cap	Volumen de almacenamiento
consumo	Consumo de agua de lluvia
prom_ocup	Promedio de personas que residen en viviendas particulares habitadas
p_lluvia	Porcentaje de lluvia utilizada por todos los habitantes de la manzana
p_lluvia_i	Porcentaje de lluvia utilizada considerando sólo el promedio de personas que reside en viviendas particulares

## Anexo 6. Resultados de los escenarios del modelo de diferencias para la CDMX

Los resultados se presentan en nueve grupos o conjuntos de escenarios de acuerdo con 3 volúmenes de almacenamiento que varían entre 2,500 L, 5,000 L y 10,000 L y de acuerdo con 3 áreas de techo que varían entre 35 m<sup>2</sup>, 60 m<sup>2</sup> y 80 m<sup>2</sup>. Cada grupo con las combinaciones anteriores, consta de tres escenarios de acuerdo con el consumo de agua diario por persona que varía entre 20, 50 y 100 L/persona/día, de manera que, en total hay 9 grupos de escenarios (**tabla 18**).

**Tabla 18.** Combinaciones de variables y valores para la generación de escenarios

GRUPO	ESCENARIO	COMBINACIÓN DE VARIABLES
1	1	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
	2	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
	3	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
	4*	Consumo: 20-200 L/persona/día (según índice marginación) Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
2	5	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
	6	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
	7	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
3	8	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
	9	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
	10	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 60 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
4	11	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
	12	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
	13	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L

	14	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
5	15	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
	16	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
6	17	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
	18	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
	19	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 35 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
7	20	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
	21	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
	22	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 2,500 L
8	23	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
	24	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
	25	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 5,000 L
9	26	Consumo: 20 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
	27	Consumo: 50 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L
	28	Consumo: 100 L/persona/día Área de techo: 85 m <sup>2</sup> Almacenamiento: 10,000 L

(\*El escenario 4 no se describe en este Anexo dado que está explicado en el Capítulo 4)

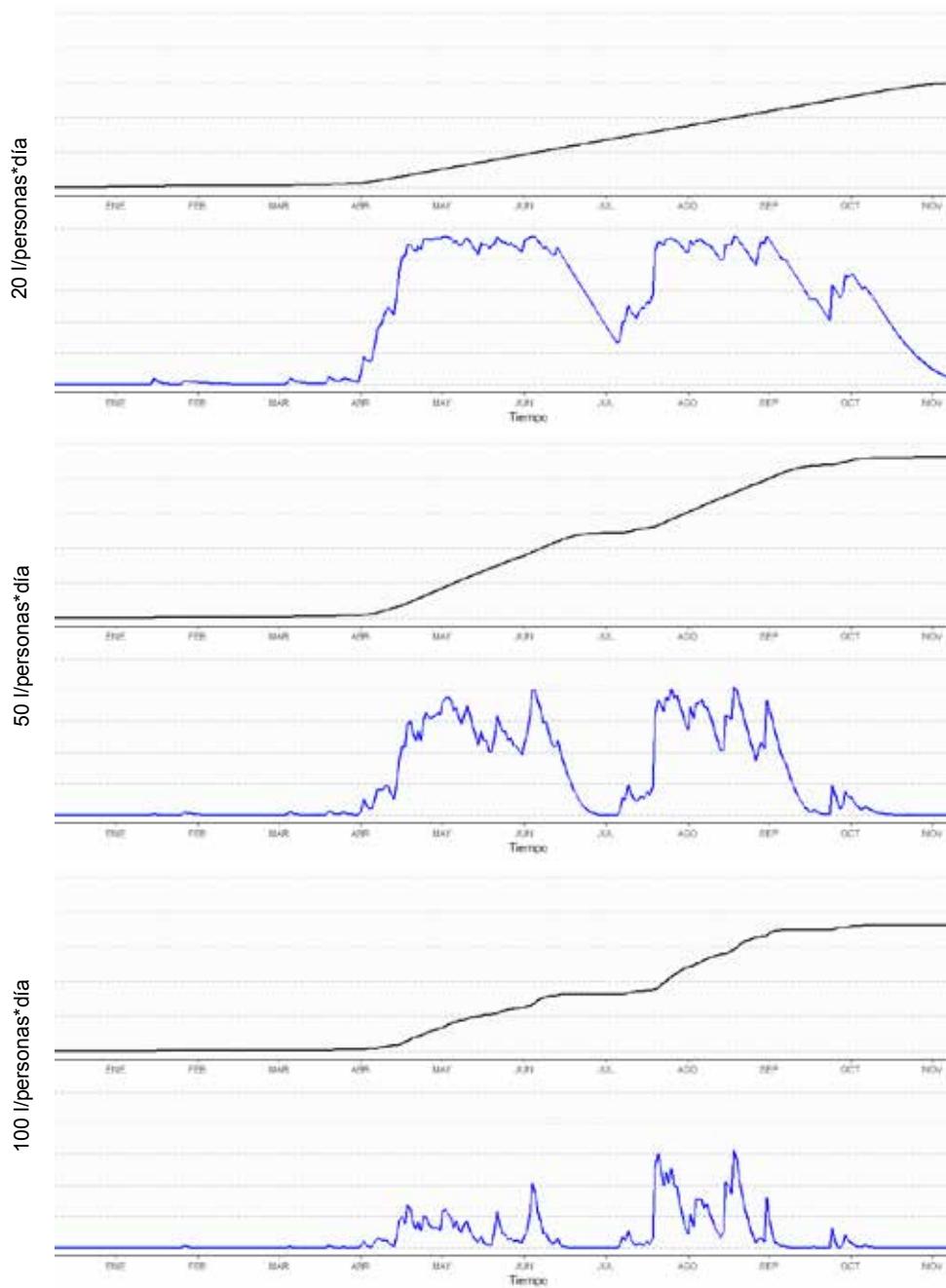
### Grupo 1 - Escenarios 1 a 3

*Almacenamiento de 5,000 L / área de techo (promedio) de 60 m<sup>2</sup>*

Los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 3**) muestran que a partir del mes de mayo, hay suficiente precipitación para comenzar el almacenamiento de agua de lluvia

y, por tanto, se empieza a consumir el agua de lluvia captada. En el mes de julio la precipitación es muy baja por lo que el agua de lluvia almacenada disminuye. Para los escenarios en los que el consumo de agua es de 50 y 100 L (escenarios 1 y 3, respectivamente) al final del año ya no se almacena agua de lluvia y, por ello, el agua de lluvia usada ya llegó a su máximo nivel posible. Para el escenario de consumo de agua de 20 L (escenario 2) aunque el volumen de agua almacenada al final del año va en disminución, el volumen de agua usada sigue incrementando.

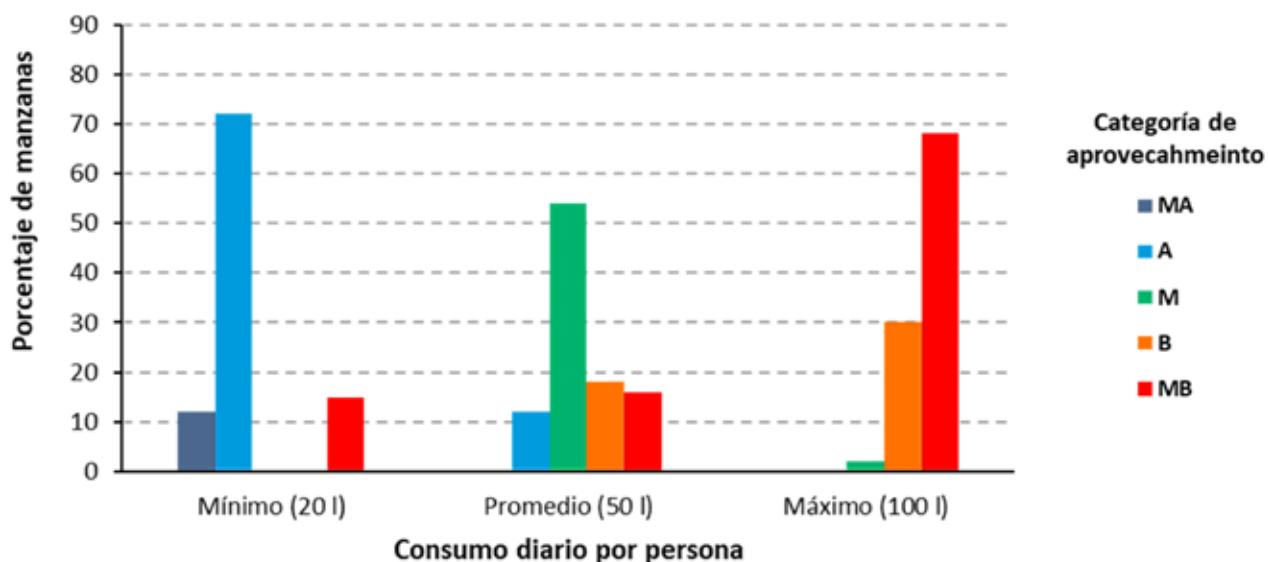
**Figura 3.** Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para la CDMX (2013)



Escenario 2 (gráficas superiores), escenario 1 (gráficas intermedias) y escenario 3 (gráficas inferiores).

Hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua. Es decir, a mayor consumo de agua diaria por persona, menor es el aprovechamiento de agua de lluvia (**figura 4**). No obstante, cabe destacar que para un consumo medio por persona, el volumen de agua de lluvia utilizada es mayor (más de 50 millones de m<sup>3</sup>) que cuando se considera un consumo mínimo (menos de 40 millones de m<sup>3</sup>) la eficiencia es menor. Es decir, con un consumo mínimo, casi 3/4 de las manzanas de la ciudad (72% de las manzanas) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio aproximadamente la mitad de las manzanas (54% de las manzanas) tienen un aprovechamiento moderado del agua de lluvia almacenada. Cuando el consumo de agua es máximo, la eficiencia es muy baja y la mayoría de las manzanas (98% de las manzanas) tienen un aprovechamiento del agua de lluvia bajo o muy bajo.

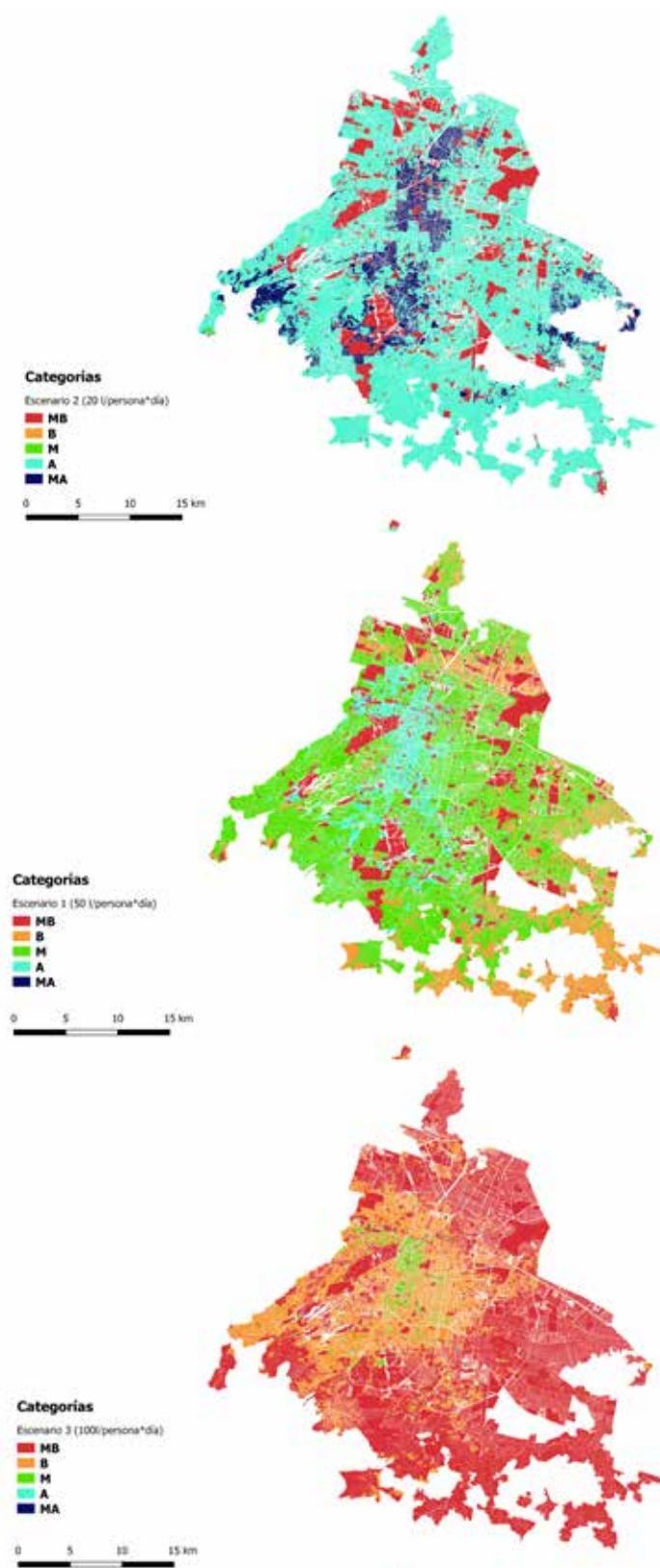
**Figura 4.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 1 a 3



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

La representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia muestra que, independientemente del escenario simulado, la eficiencia más alta está en las manzanas del centro-oeste de la ciudad (**mapa 13**). En particular, en las alcaldías de Cuauhtémoc (colonias San Rafael, Cuauhtémoc, Doctores, Hipódromo) y Benito Juárez (colonias Mixcoac, San José Insurgentes y Portales x Sur).

**Mapa 13.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para escenarios 1 a 3



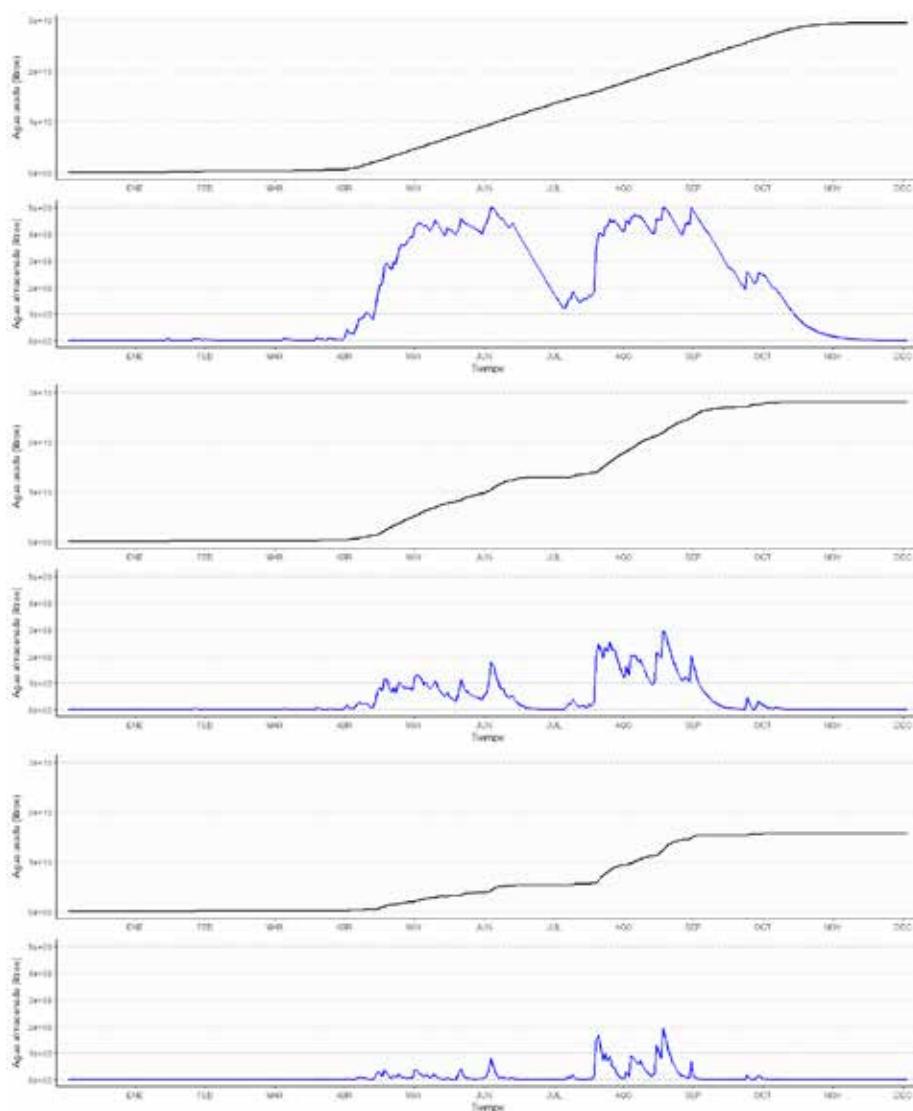
Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

## Grupo 2 - Escenarios 5 a 6

Almacenamiento de 2,500 L / área de techo (promedio) de 60 m<sup>2</sup> (valores mínimos para ambas variables)

Como en el grupo anterior, los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 5**) muestran que a partir del mes de mayo, hay suficiente precipitación para haber almacenamiento de agua de lluvia y, por tanto, se empieza a consumir el agua de lluvia captada. Así también, en el mes de julio la precipitación es muy baja por lo que el agua de lluvia almacenada disminuye. Como en este grupo de escenarios el volumen de almacenamiento es el mínimo (2,500 L), al final del año ya no se almacena agua de lluvia, por ello, el agua de lluvia usada alcanza su máximo nivel posible en los tres escenarios. A pesar de que el volumen máximo de agua usada y almacenada es menor que el alcanzado en el grupo de escenarios anterior, las tendencias de éste a futuro son similares en ambos grupos.

**Figura 5.** Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)

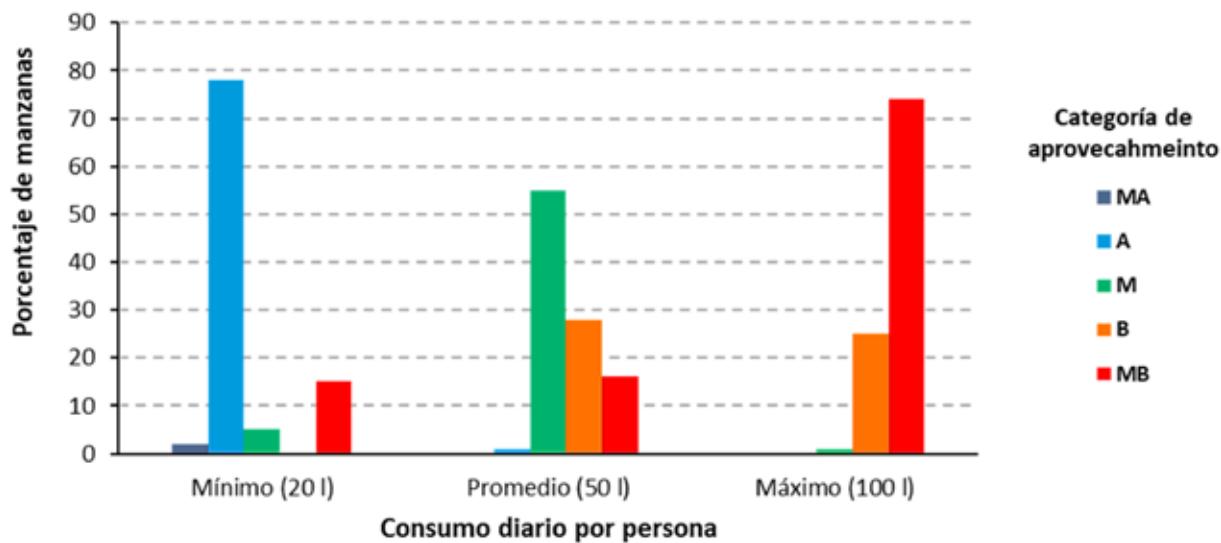


Escenario 5 (gráficas superiores), escenario 6 (gráficas intermedias) y escenario 7 (gráficas inferiores).

En este caso, también existe una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua, por tanto, a mayor consumo diario de agua por persona, menor es el aprovechamiento de agua de lluvia (**figura 6**). Igualmente, para un consumo medio por persona el volumen de agua de lluvia utilizada es mayor (algo menos de 50 millones de m<sup>3</sup>) que cuando se considera un consumo mínimo (30 millones de m<sup>3</sup>), y por ende, la eficiencia es menor. De manera que, con un consumo mínimo, tres cuartos de las manzanas de la ciudad (78%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio, algo más de la mitad de las manzanas (55%) tienen un aprovechamiento moderado del agua de lluvia almacenada.

Cuando el consumo de agua es máximo, la eficiencia es muy baja y la mayoría de las manzanas (99%) tienen un aprovechamiento del agua de lluvia bajo o muy bajo. En comparación con el grupo de escenarios anterior, los patrones son muy parecidos. No obstante, si comparamos los escenarios de consumo mínimo, en este caso es el escenario 5, hay muy pocas manzanas (2%) con categoría de aprovechamiento muy alta —en el escenario 2, eran un 12% de las manzanas—, pero un 5% de las manzanas tienen un aprovechamiento moderado. Ello se explica por el menor volumen de almacenamiento considerado en este grupo de escenarios (la mitad del volumen que en el grupo anterior). Es decir, a pesar de que se considera un consumo mínimo de agua por persona, el volumen de almacenamiento no es lo suficientemente grande como para que se pueda cubrir la demanda de todas las personas que viven en cada manzana.

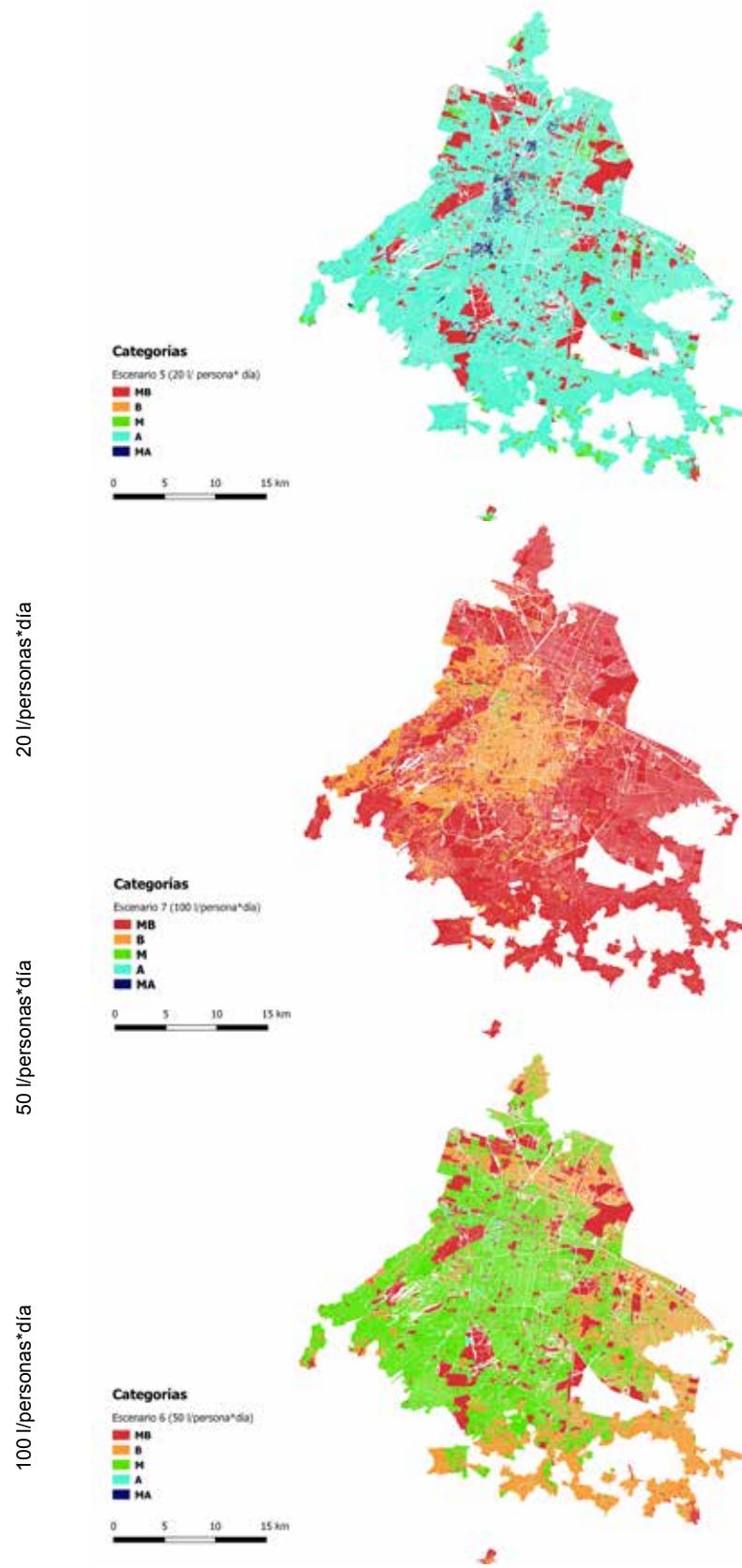
**Figura 6.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 5 a 7



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

Como en el caso anterior, la representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia muestra que la eficiencia más alta está en las manzanas del centro-oeste de la ciudad (**mapa 14**). En este grupo de escenarios; sin embargo, hay menos manzanas con aprovechamiento alto y muy alto (en particular, para el escenario de un consumo medio), pero hay más manzanas con un aprovechamiento moderado (en especial, para el escenario de consumo mínimo).

**Mapa 14.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 5 a 7



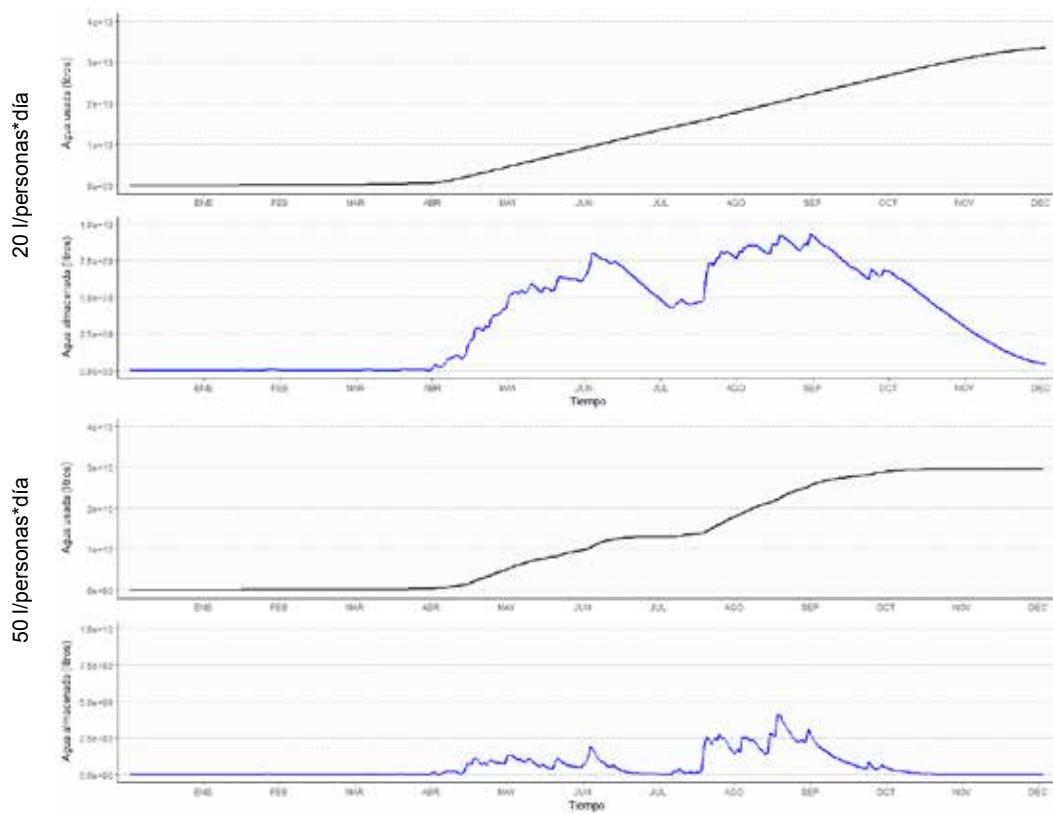
Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

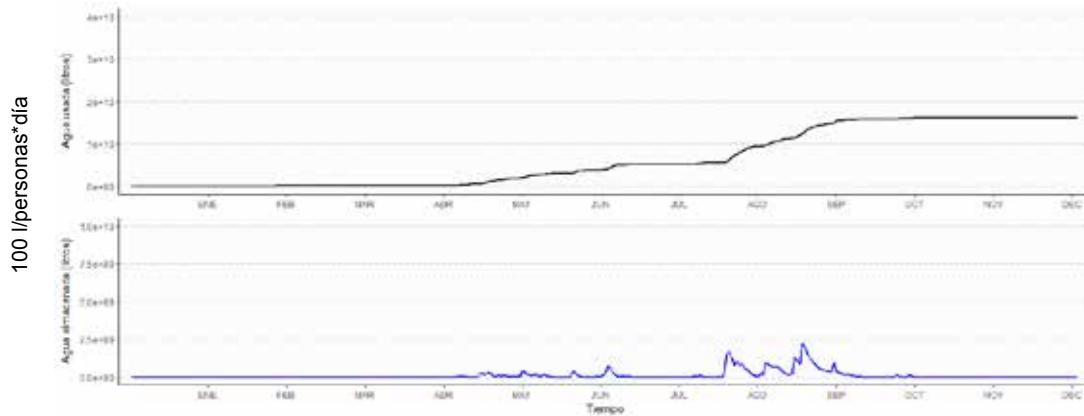
## Grupo 3 - Escenarios 8 a 10

Almacenamiento de 10,000 L / área de techo (promedio) de 60 m<sup>2</sup> (valores máximos para ambas variables)

Como en los dos grupos de escenarios anteriores, los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 7**) muestran que a partir del mes de mayo hay suficiente precipitación para el almacenamiento de agua de lluvia y, por ello, se empieza a consumir el agua de lluvia captada. Asimismo, en el mes de julio la precipitación es muy baja por lo que el agua de lluvia almacenada disminuye, aunque cuando el consumo diario por persona es de 20 L (escenario 8) está disminución no es tan marcada. A pesar de que en este grupo de escenarios el volumen de almacenamiento es el máximo considerado (10,000 L), para los consumos diarios por persona de 50 y 100 L, al final del año ya no se almacena agua de lluvia y, por ello, el agua de lluvia usada alcanza su máximo. Con respecto al agua almacenada, cabe resaltar que, al considerar un consumo diario por persona mínimo (escenario 8) se alcanza un volumen máximo de almacenamiento de agua de lluvia de casi 20 millones de m<sup>3</sup>; al aumentar el consumo hasta 50 L/persona/día (escenario 9), el máximo volumen de almacenamiento es casi la mitad (algo más de 10 millones de m<sup>3</sup>); y al considerar un consumo máximo (escenario 10), se llega hasta un volumen máximo cuatro veces menor (5 millones de m<sup>3</sup>) que en el escenario 8 y la mitad que en el escenario 9. Las tendencias en este grupo de escenarios son muy similares a las de los otros dos grupos de escenarios. En particular, este grupo de escenarios es muy parecido al primer grupo de escenarios, donde se considera la mitad de volumen de almacenamiento (5,000 L).

**Figura 7.** Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)



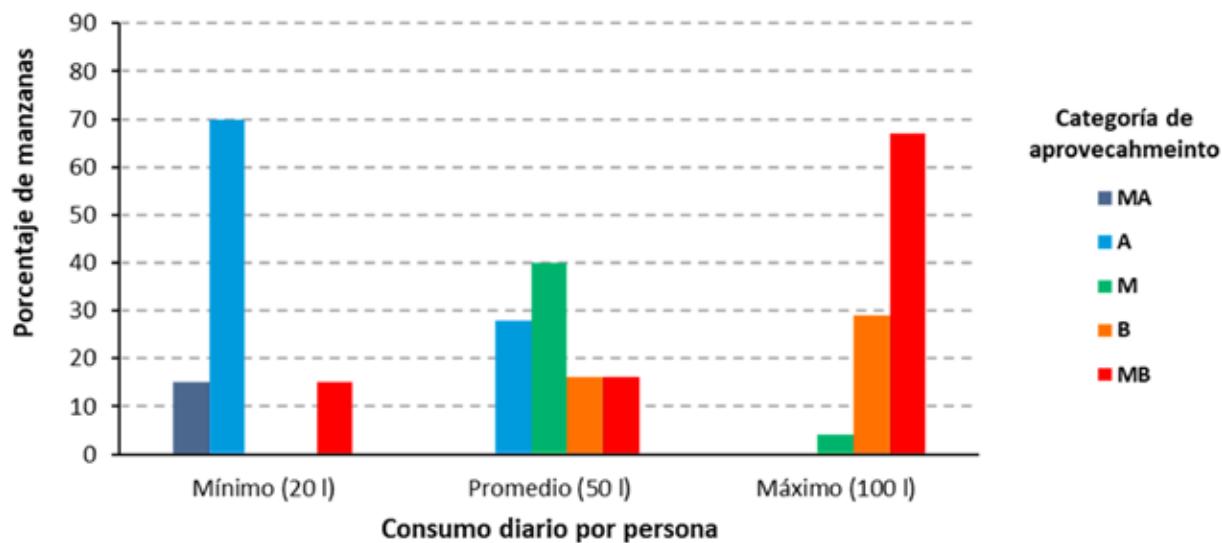


Escenario 8 (gráficas superiores), escenario 9 (gráficas intermedias) y escenario 10 (gráficas inferiores).

En este caso, también hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua. Por tanto, a mayor consumo diario de agua por persona, menor es el aprovechamiento de agua de lluvia (**figura 8**). Nuevamente, para un consumo medio por persona el volumen de agua de lluvia utilizada es mayor (casi 60 millones de m<sup>3</sup>) que cuando se considera un consumo mínimo (menos de 40 millones de m<sup>3</sup>) y la eficiencia es menor. De manera que, con un consumo mínimo, casi tres cuartos de las manzanas de la ciudad (70%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio, algo menos de la mitad de las manzanas (40%) tienen un aprovechamiento moderado del agua de lluvia almacenada. Cuando el consumo de agua es máximo, la eficiencia es muy baja y la mayoría de las manzanas (96%) tienen un aprovechamiento del agua de lluvia bajo o muy bajo.

En comparación con los otros dos grupos de escenarios anteriores, los patrones son muy parecidos. Sin embargo, en el caso del escenario 9 —caso de un consumo diario por persona medio (50 L/persona/día)—, aunque la mayoría de las manzanas están en la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia moderado —como en los otros dos grupos de escenarios—, la siguiente categoría con mayor porcentaje de manzanas corresponde a un aprovechamiento alto, mientras que, en los dos grupos de escenarios anteriores, la categoría de alto —para un consumo medio— era la que menos manzanas tenía. Ello se debe al volumen de almacenamiento considerado (10,000 L) para este grupo de escenarios. Es decir, al contrario que en el grupo de escenarios anterior (con un volumen de almacenamiento mínimo), y a pesar de considerar un consumo diario medio por persona, el volumen de almacenamiento es lo suficientemente grande como para que se pueda cubrir (en un 15%) la demanda de agua de todas las personas que viven en esas manzanas. Curiosamente, para los casos en que se considera un consumo diario por persona mínimo (escenario 8) y máximo (escenario 10) la eficiencia del aprovechamiento es muy similar a los del primer grupo de escenarios (escenarios 2 y 3, respectivamente).

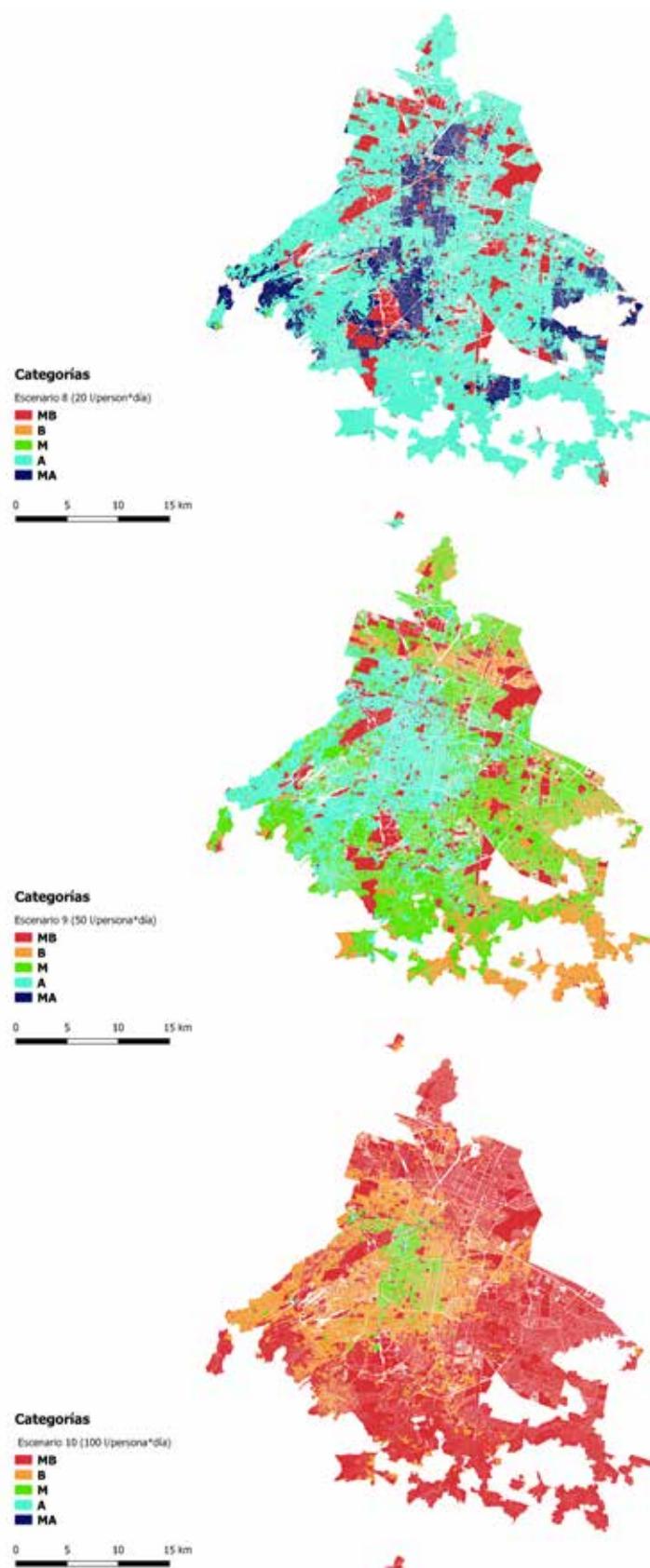
**Figura 8.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 8 a 10



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

Como en los dos casos anteriores, la eficiencia más alta está en las manzanas del centro-oeste de la ciudad (**mapa 15**). Este grupo de escenarios es muy similar al primer grupo de escenarios (escenarios 1 a 3). No obstante, hay más manzanas con aprovechamiento alto y muy alto (en particular, para el escenario de un consumo medio), pero hay menos manzanas con un aprovechamiento moderado (en especial, para el escenario de consumo máximo).

**Mapa 15.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 8 a10



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

## Resumen de Escenarios 1 a 10

Los tres grupos de escenarios abarcan los volúmenes de almacenamiento de 2,500 L (grupo de escenarios 2); 5,000 L (grupo de escenarios 1) y 10,000 L (grupo de escenarios 3). En todos estos escenarios se considera un área de techo de 60 m<sup>2</sup> y datos de precipitación que corresponden al año 2013. Los resultados de las simulaciones para estos tres grupos de escenarios indican que:

- Hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua.
- La mayor eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada está en las manzanas del centro-oeste de la ciudad.
- Las tendencias en el volumen de agua usada y agua almacenada varían según el volumen de consumo de agua diario por persona, pero son muy similares en los tres grupos de escenarios.
- El volumen de almacenamiento no parece tener una influencia clara en la eficiencia del aprovechamiento del agua de lluvia captada (**tabla 19**). Aunque, el número de manzanas por categoría de aprovechamiento y su localización varía con el consumo diario por persona, las tendencias son muy similares entre los diferentes grupos de escenarios. Las mayores diferencias se dan al comparar los resultados del aprovechamiento para un consumo diario medio por persona.

**Tabla 19.** Comparación de los porcentajes de manzanas según el grado de aprovechamiento del agua de lluvia captada, para los escenarios 1 a 3

Consumo diario (L/p/d)	Grado aprovechamiento agua de lluvia *	Porcentaje de manzanas por volumen de almacenamiento		
		2,500 L	5,000 L	10,000 L
20	> 53%	80	84	85
	< 35%	15	15	15
50	> 53%	1	12	28
	< 35%	44	34	32
100	> 53%	0	0	0
	< 35%	99	98	96

Aprovechamiento >53% corresponde a las categorías de alto y muy alto, <35% corresponde a las categorías de bajo y muy bajo. No se tiene en cuenta las manzanas con aprovechamiento moderado.

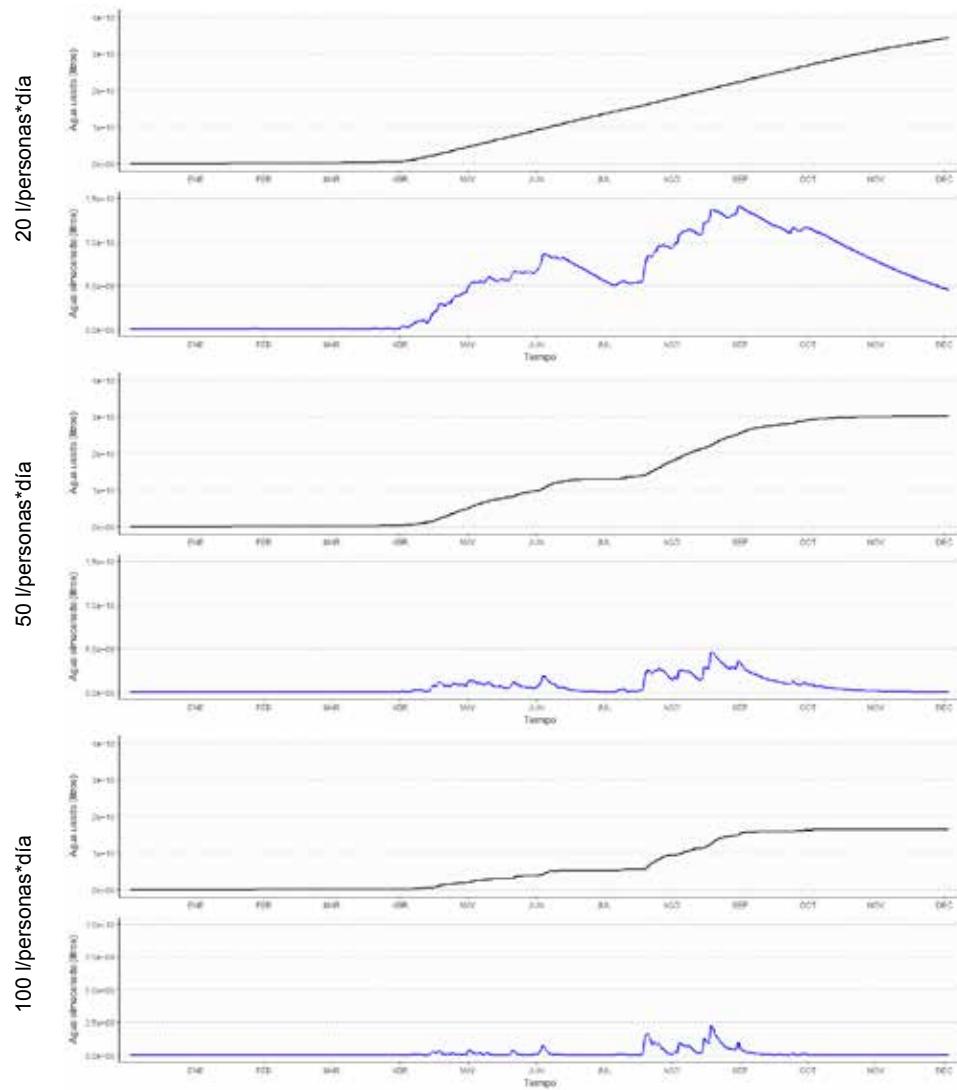
## Grupo 4 - Escenarios 11 a 13

*Almacenamiento de 2,500 L / área de techo (promedio) de 35 m<sup>2</sup> (valores mínimos para ambas variables)*

Los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 9**) muestran que a partir del mes de mayo hay suficiente precipitación para almacenar agua de lluvia y, por tanto, se empieza

a consumir el agua de lluvia captada. En el mes de julio la precipitación es muy baja, por lo que el agua de lluvia almacenada disminuye. Al final del año ya no se almacena agua de lluvia y por ello, el agua de lluvia usada alcanza su máximo. Con respecto al agua almacenada, al considerar un consumo diario por persona mínimo (escenario 11), se alcanza un volumen máximo de almacenamiento de agua de lluvia de casi 5 millones de m<sup>3</sup>; al aumentar el consumo hasta 50 L/persona/día (escenario 12), el máximo volumen de almacenamiento disminuye hasta casi la mitad (3 millones de m<sup>3</sup>); si bien al considerar un consumo diario por persona máximo (escenario 13), el volumen máximo de almacenamiento es algo menos de la mitad (2 millones de m<sup>3</sup>) que en el escenario 11.

**Figura 9. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)**



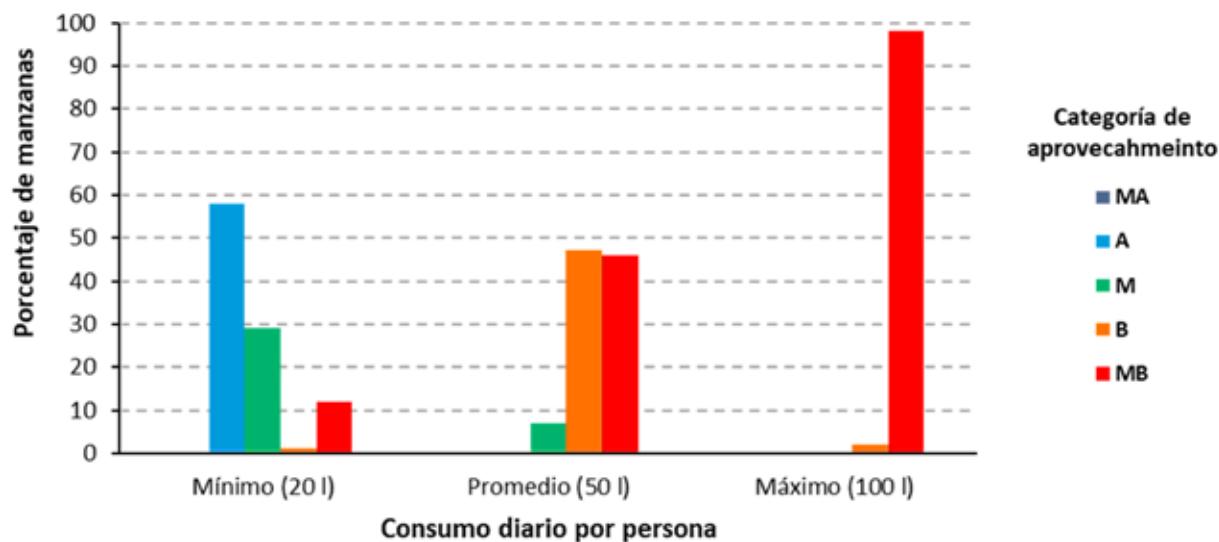
Escenario 11 (gráficas superiores), escenario 12 (gráficas intermedias) y escenario 13 (gráficas inferiores).

En este caso, también hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua. Por lo tanto, a mayor consumo diario de agua por persona, menor es el aprovechamiento de agua de lluvia (**figura 10**). Si bien, a diferencia del grupo de escenarios anteriores —y en particular con el escenario 6—, para un consumo medio por persona (50 L/persona/día, escenario 12) la eficiencia en el aprovechamiento en casi toda la ciudad (93% de las manzanas)

es baja o muy baja. De hecho, el máximo de agua de lluvia utilizada es casi igual para los escenarios 11 y 12 (casi 30 millones de m<sup>3</sup>) y casi la mitad cuando se considera un consumo máximo (menos de 20 millones de m<sup>3</sup>). Con un consumo diario por persona mínimo, algo más de la mitad de las manzanas de la ciudad (58%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio, algo menos de la mitad de las manzanas (47%) tienen un aprovechamiento bajo, y casi la otra mitad de las manzanas (46%) tienen un aprovechamiento muy bajo del agua de lluvia almacenada. Cuando el consumo de agua es máximo, la eficiencia es muy baja en casi toda la ciudad (98% de las manzanas).

En comparación con los otros tres grupos de escenarios, los patrones de eficiencia de aprovechamiento son menores. Ello se debe tanto a que el área de techo de captación es menor (35 m<sup>2</sup>) que en los otros escenarios, y a que el volumen de almacenamiento considerado (2,500 L) es el mínimo. Es decir, el volumen de almacenamiento no es lo suficientemente grande como para que se pueda cubrir la demanda de agua de todas las personas que viven en esas manzanas y, además, el volumen de agua de lluvia que se capta diariamente es menor que en los grupos de escenarios anteriores.

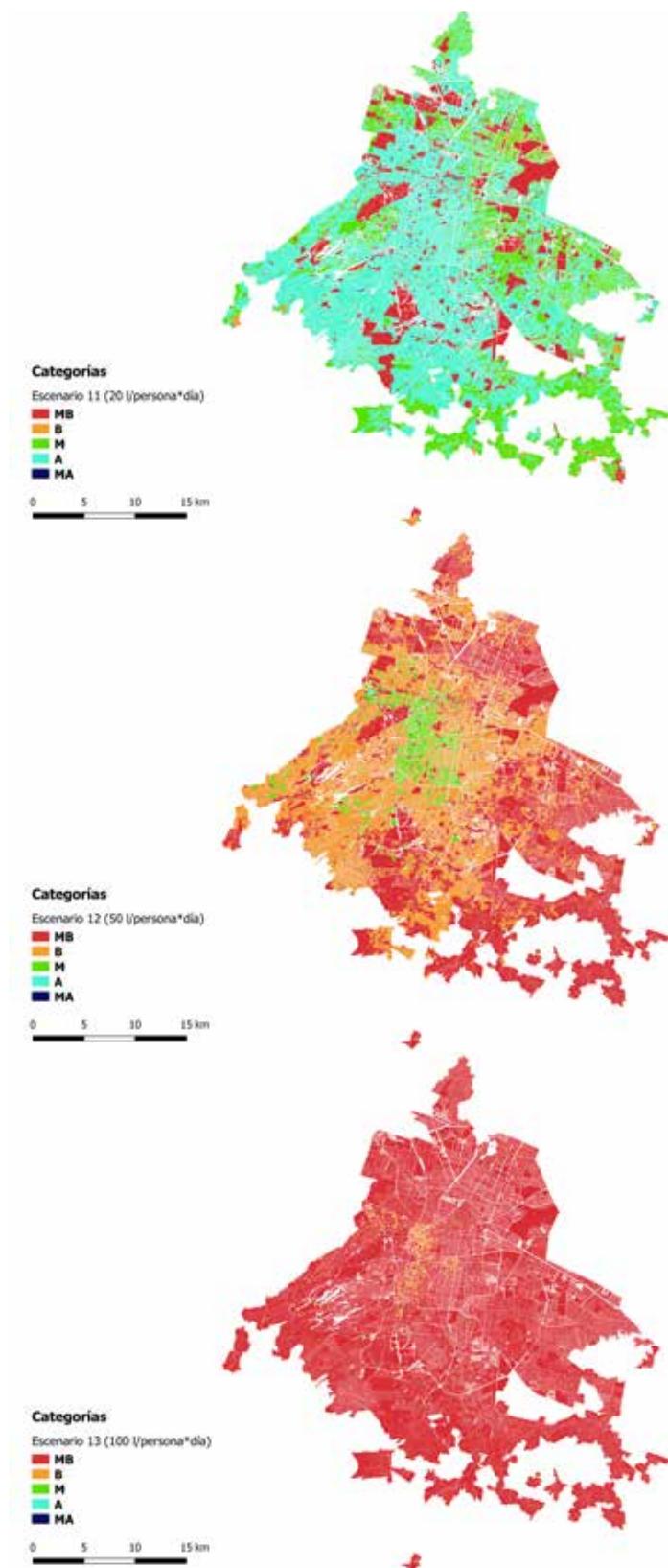
**Figura 10. Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 11 a 13**



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

Como en los tres grupos de escenarios anteriores, la representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia muestra que, independientemente del escenario simulado, la eficiencia más alta está en las manzanas del centro-oeste de la ciudad (mapa 16). Sin embargo, hay más manzanas con aprovechamiento bajo y muy bajo, hay menos manzanas con aprovechamiento moderado y alto y no hay manzanas con aprovechamiento muy alto.

**Mapa 16.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 11 a 13



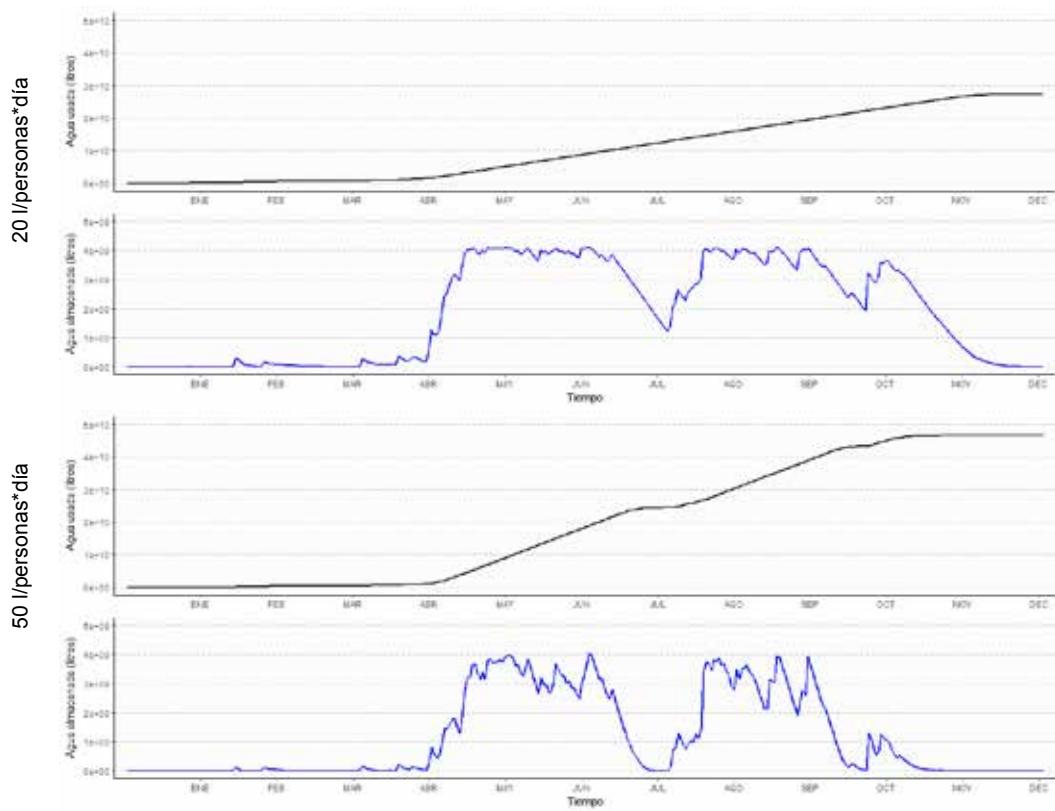
Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

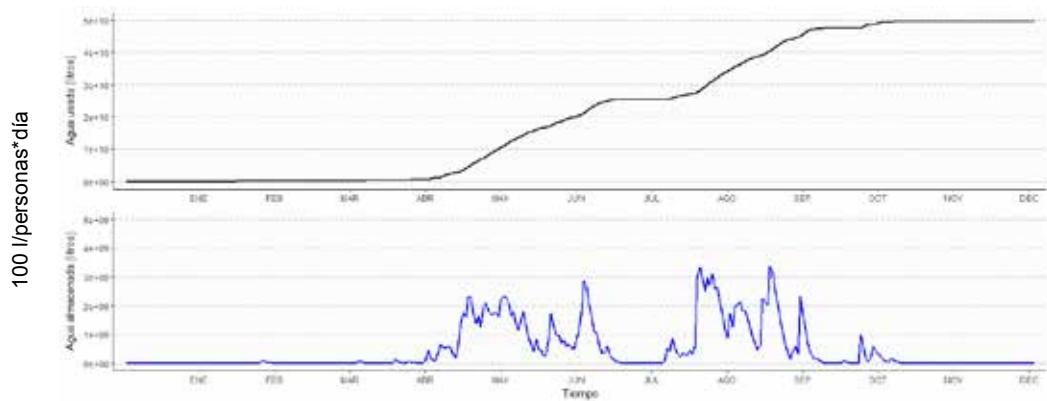
## Grupos 5 - Escenarios 14 a 16

Almacenamiento de 5,000 L (valor medio) / área de techo (promedio) de 35 m<sup>2</sup> (valor mínimo)

Los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 11**) muestran la misma dinámica que en los grupos de escenarios anteriores. Para consumos diarios por persona de 50 y 100 L, al final del año ya no se almacena agua de lluvia y, por ello, el agua de lluvia usada alcanza su máximo nivel posible. Con respecto al agua almacenada, al considerar un consumo diario por persona mínimo (escenario 14), se alcanza un volumen máximo de almacenamiento de agua de lluvia de casi 10 millones de m<sup>3</sup>; al aumentar el consumo hasta 50 L/persona/día (escenario 15), el máximo volumen de almacenamiento disminuye hasta la mitad (casi 5 millones de m<sup>3</sup>); y al considerar un consumo diario por persona máximo (escenario 16), el volumen máximo de almacenamiento es casi cinco veces menos (menos de 2.5 millones de m<sup>3</sup>) que en el escenario 14. Además, en el escenario de consumo diario por persona mínimo (escenario 14) se alcanza el máximo de agua usada (algo más de 30 millones de m<sup>3</sup>) y es también el escenario en el que hay mayor eficiencia en el aprovechamiento de agua de lluvia captada (**figura 12**).

**Figura 11.** Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)



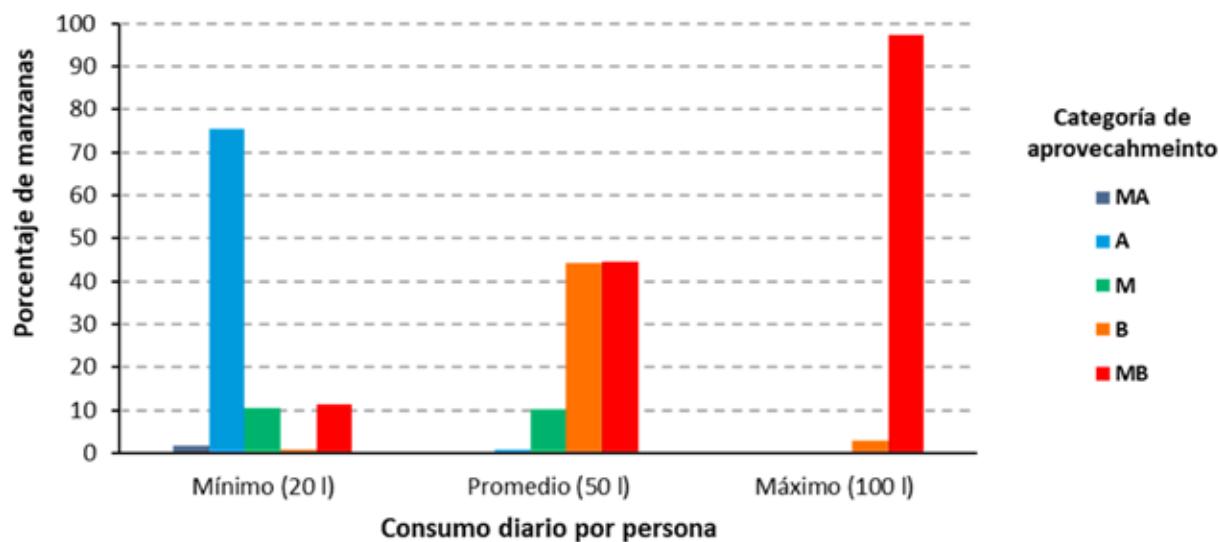


Escenario 14 (gráficas superiores), escenario 15 (gráficas intermedias) y escenario 16 (gráficas inferiores).

Como en los demás grupos de escenarios, a mayor consumo diario de agua por persona, menor es el aprovechamiento de agua de lluvia (**figura 32**). Con un consumo diario por persona mínimo, tres cuartos de las manzanas de la ciudad (76%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio, algo menos de la mitad de las manzanas (45%) tienen un aprovechamiento muy bajo, y casi la otra mitad de las manzanas (44%) tienen un aprovechamiento bajo del agua de lluvia almacenada. Cuando el consumo de agua es máximo, la eficiencia es muy baja en casi toda la ciudad (97%). Como en el grupo anterior de escenarios —y en particular en el escenario 12—, para un consumo medio por persona (50 L/persona/día, escenario 15) la eficiencia en el aprovechamiento en casi toda la ciudad (89%) es baja o muy baja, en lugar de ser moderada como en los tres primeros grupos de escenarios (para un consumo diario medio).

En comparación con los tres primeros grupos de escenarios, los patrones de eficiencia de aprovechamiento son menores, principalmente porque el área de techo de captación es menor ( $35\text{ m}^2$ ). No obstante, si comparamos este grupo de escenarios con el grupo anterior (escenarios 11 a 13) la eficiencia es ligeramente mejor (en particular, para consumos diarios de 20 y 50 L/persona), puesto que el volumen de almacenamiento considerado (5,000 L) es el doble que en el grupo de escenarios anterior (2,500 L).

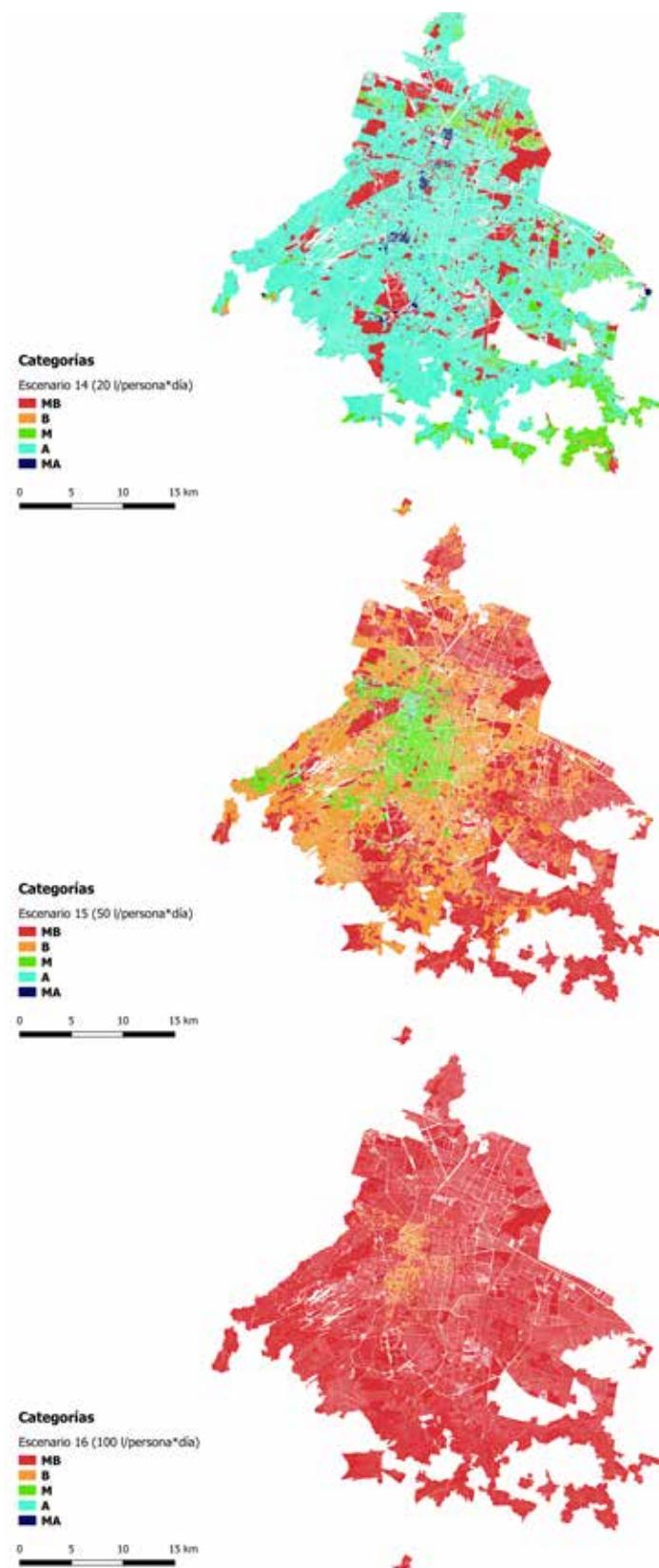
**Figura 12.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 14 a 16



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

La representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia es similar a los grupos de escenarios anteriores (**mapa 17**). Además, a diferencia del grupo de escenarios anterior hay más manzanas con aprovechamiento alto y moderado, el número de manzanas con aprovechamiento bajo y muy bajo son similares y sólo en el escenario 14 (consumo diario por persona mínimo) hay manzanas con aprovechamiento muy alto.

**Mapa 17.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 14 a 16



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

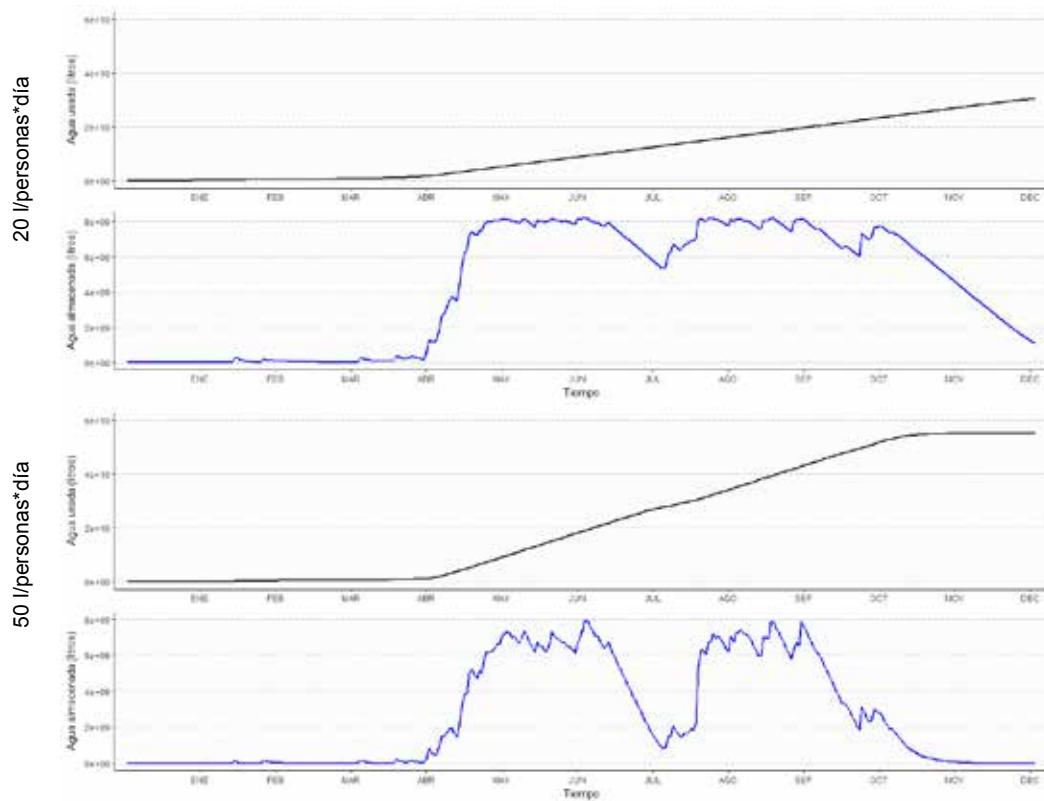
## Grupo 6 - Escenarios 17 a 19

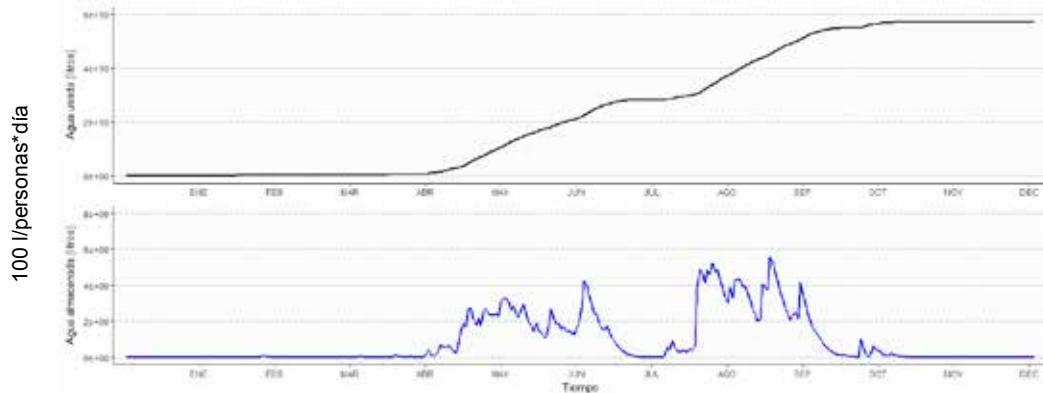
Almacenamiento de 10,000 L (valor máximo) / área de techo (promedio) de 35 m<sup>2</sup> (valor mínimo)

Los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 13**) muestran la misma dinámica que en los grupos de escenarios anteriores. Para consumos diarios por persona de 50 y 100 L (escenarios 18 y 19, respectivamente), al final del año ya no se almacena agua de lluvia y, por ello, el agua de lluvia usada alcanza su máximo. Ahora bien, cuando el consumo diario por persona es mínimo (escenario 17), el agua almacenada al final del año es de casi 5 millones de m<sup>3</sup> y el máximo de agua usada (más de 30 millones de m<sup>3</sup>) es superior al de los otros dos escenarios.

Como en los demás grupos de escenarios, a mayor consumo diario de agua por persona, menor es el aprovechamiento de agua de lluvia (figura 14). Con un consumo diario por persona mínimo, tres cuartos de las manzanas de la ciudad (75%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio, algo menos de la mitad de las manzanas (45%) tienen un aprovechamiento muy bajo y casi la otra mitad de las manzanas (43%) tienen un aprovechamiento bajo del agua de lluvia almacenada. Cuando el consumo de agua es máximo, la eficiencia es muy baja en casi toda la ciudad (97%). Como en los dos grupos anteriores de escenarios —y en particular los escenarios 12 y 15—, para un consumo medio por persona (50 L/persona/día, escenario 18) la eficiencia en el aprovechamiento en casi toda la ciudad (88% de las manzanas) es baja o muy baja, en lugar de ser moderada como en los tres primeros grupos de escenarios (para un consumo diario medio).

**Figura 13.** Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la ciudad a lo largo del año 2013

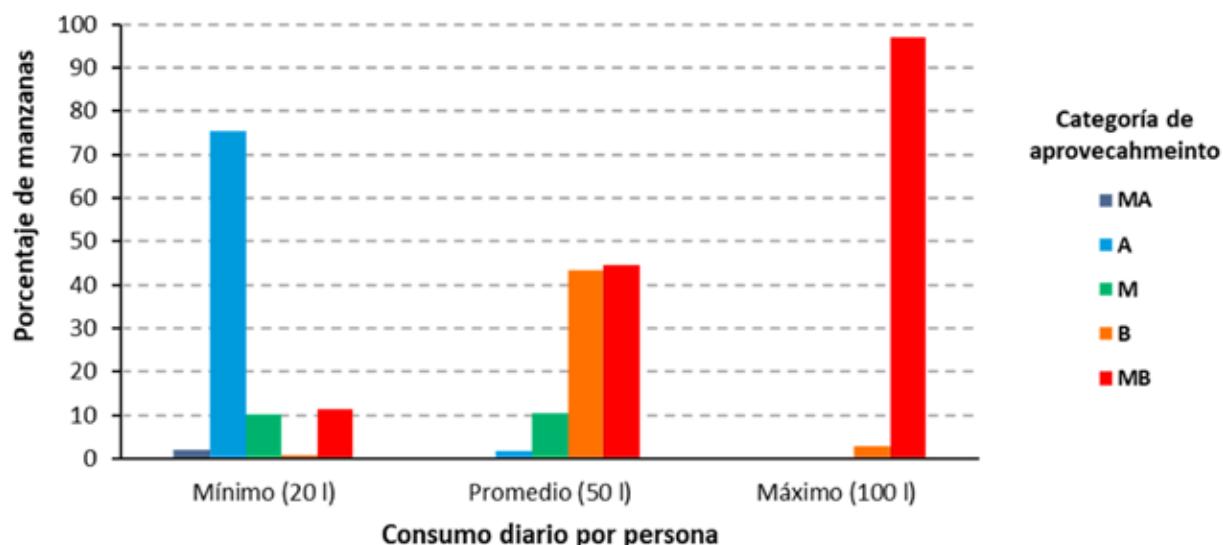




Escenario 17 (gráficas superiores), escenario 18 (gráficas intermedias) y escenario 19 (gráficas inferiores).

Nuevamente, en comparación con los tres primeros grupos de escenarios, los patrones de eficiencia de aprovechamiento son menores. Ello se debe principalmente a que el área de techo de captación es menor ( $35\text{ m}^2$ ) que en los tres primeros grupos de escenarios. En comparación con el grupo de escenarios anterior (escenarios 14 a 16) los resultados de eficiencia de aprovechamiento son prácticamente iguales a pesar de que el volumen de almacenamiento es el doble (10,000 L).

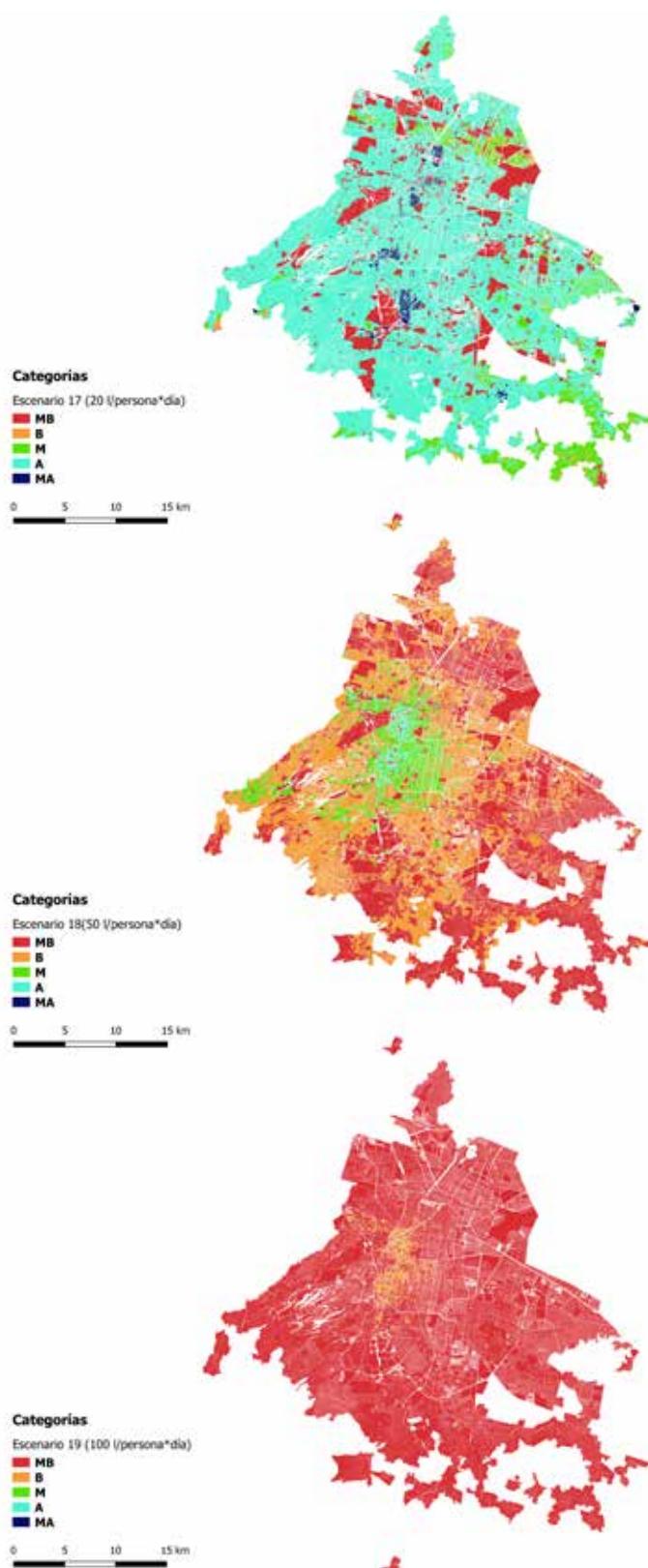
**Figura 14.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 17 a 19



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

La representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia es similar a los grupos de escenarios anteriores (**mapa 18**). Los resultados de este grupo de escenarios son casi idénticos al grupo anterior, de hecho, no se aprecian diferencias significativas ni en el número de manzanas por categoría ni en su distribución espacial.

**Mapa 18.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 17 a 19



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

## Resumen de Escenarios 11 a 19

Estos tres grupos de escenarios abarcan los volúmenes de almacenamiento de 2,500 L (grupo 4); 5,000 L (grupo 5) y 10,000 L (grupo 6). En todos estos escenarios se considera un área de techo de 35 m<sup>2</sup> y los datos de precipitación corresponden al año 2013. Los resultados de las simulaciones para estos tres grupos de escenarios, como en los tres grupos anteriores, indican que:

- Hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua.
- La mayor eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada está en las manzanas del centro-oeste de la ciudad.

A diferencia de los grupos de escenarios anteriores, los resultados de las simulaciones de los grupos de escenarios 4 a 6 muestran que:

- Las tendencias en el volumen de agua usada y agua almacenada varían según el volumen de consumo de agua diario por persona, pero para consumos medios y altos (50 y 100 L/persona/día, respectivamente), estas tendencias son muy similares en los tres grupos de escenarios. Para consumos mínimos diarios por persona, el agua usada y almacenada aumenta al incrementar el volumen de almacenamiento.
- Los patrones de eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada son bajos, en particular para los escenarios de consumo medio y alto (50 y 100 L/persona/día, respectivamente).
- El volumen de almacenamiento tiene influencia en la eficiencia del aprovechamiento del agua de lluvia captada cuando se considera un volumen mínimo de almacenamiento (grupo 4; 2,500 L) y un consumo diario por persona mínimo (20 L). Aunque, el número de manzanas por categoría de aprovechamiento y su localización varía con el consumo diario por persona, las tendencias son muy similares entre los grupos 5 y 6 (**tabla 20**).

**Tabla 20.** Comparación de los porcentajes de manzanas según el grado de aprovechamiento del agua de lluvia captada, para los escenarios 4 a 6

Consumo diario (L/p · d)	Grado aprovechamiento agua de lluvia *	Porcentaje de manzanas por volumen de almacenamiento		
		2,500 L	5,000 L	10,000 L
20	> 53%	58	78	77
	< 35%	13	12	12
50	> 53%	0	1	2
	< 35%	93	89	88
100	> 53%	0	0	0
	< 35%	100	100	100

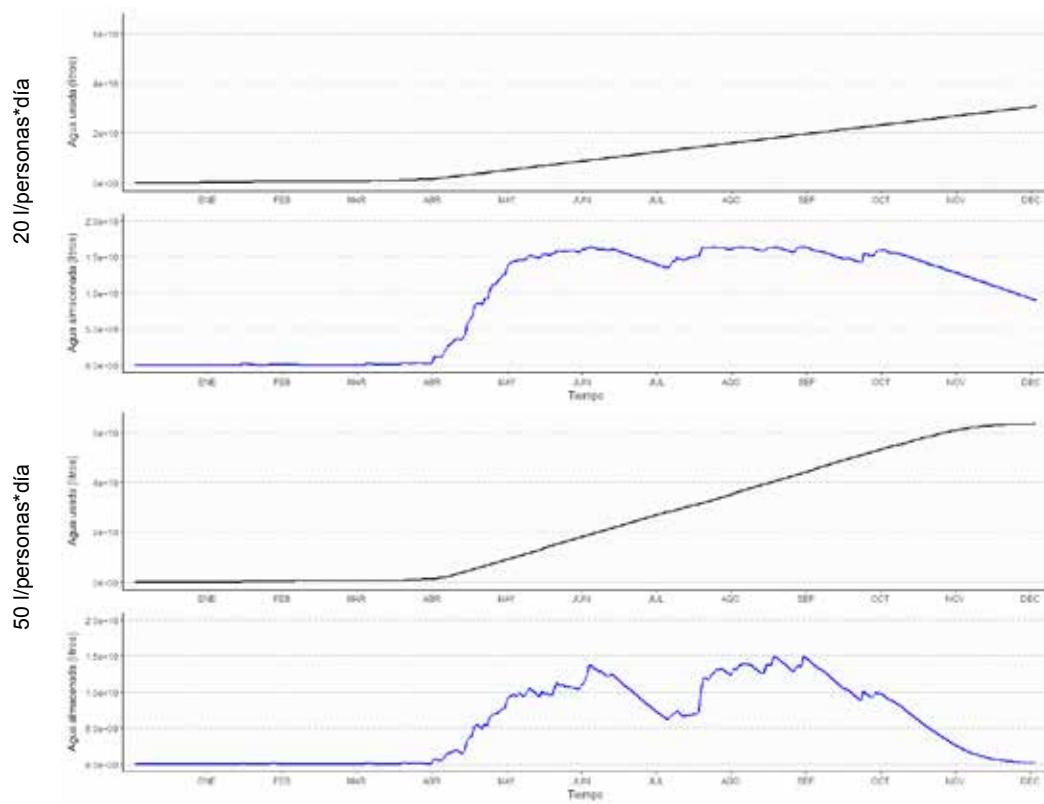
Aprovechamiento >53% corresponde a las categorías de alto y muy alto, <35% corresponde a las categorías de bajo y muy bajo. No se tiene en cuenta las manzanas con aprovechamiento moderado

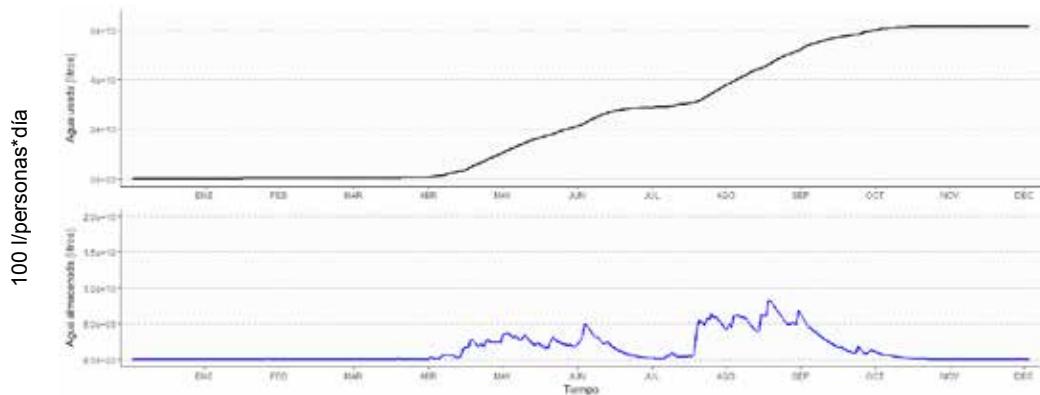
## Grupo 7 - Escenarios 20 a 22

Almacenamiento de 2,500 L (valor mínimo) / área de techo (promedio) de 85 m<sup>2</sup> (valor máximo)

Los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 15**) muestran dinámicas similares a los grupos de escenarios anteriores. Sin embargo, al ser mayor el área de techo (85 m<sup>2</sup>) es a partir del mes de abril —y no de mayo como en los grupos anteriores— que hay suficiente precipitación como para que haya almacenamiento de agua de lluvia y, por tanto, se empiece a consumir el agua de lluvia captada. Se mantiene el hecho de que en el mes de julio la precipitación es muy baja por lo que el agua de lluvia almacenada disminuye. Como el volumen de almacenamiento considerado es mínimo (2,500 L), al final del año ya no se almacena agua de lluvia y, por ello, el agua de lluvia ya llegó al máximo nivel posible. Con respecto al agua almacenada, al considerar un consumo diario por persona mínimo (escenario 20) y medio (escenario 21) se alcanza un volumen máximo de almacenamiento de agua de lluvia de alrededor de 4 millones de m<sup>3</sup>; al aumentar el consumo hasta el máximo (escenario 22), el máximo volumen de almacenamiento disminuye hasta poco más de 3 millones de m<sup>3</sup>. No obstante, el volumen máximo de agua usada es mayor cuanto mayor es el consumo diario por persona, aunque la eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada va disminuyendo (**figura 16**).

**Figura 15.** Agua de lluvia usada (negra) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)



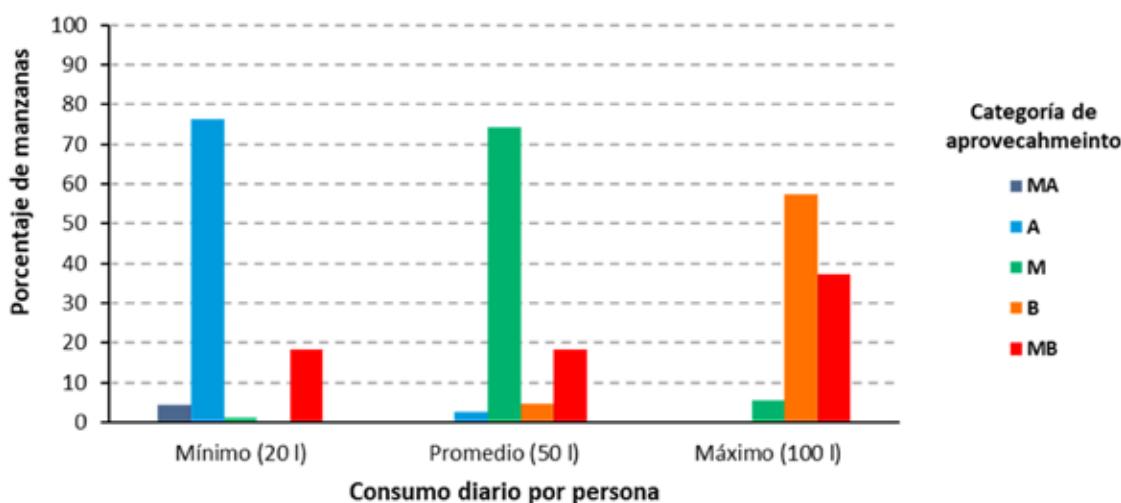


Escenario 20 (gráficas superiores), escenario 21 (gráficas intermedias) y escenario 22 (gráficas inferiores).

En este caso también hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua. Sin embargo, en comparación con los seis grupos de escenarios anteriores, los patrones de eficiencia de aprovechamiento son mayores, sobre todo, comparados con los tres grupos anteriores (grupos 4 a 6). Ello se debe a que el área de techo de captación es mayor ( $85\text{ m}^2$ ) que en los grupos de escenarios anteriores (más del doble de área).

Con un consumo diario por persona mínimo, tres cuartos de las manzanas de la ciudad (76%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada, mientras que, con un consumo medio, tres cuartos de las manzanas de la ciudad (74%) tienen un aprovechamiento moderado. A diferencia de los otros grupos de escenarios, cuando el consumo diario por persona es máximo, algo más de la mitad de las manzanas (57%) tienen un aprovechamiento bajo —en lugar de muy bajo—, si bien, más de un cuarto de las manzanas (37%) tienen un aprovechamiento muy bajo del agua de lluvia almacenada (**Figura 16**).

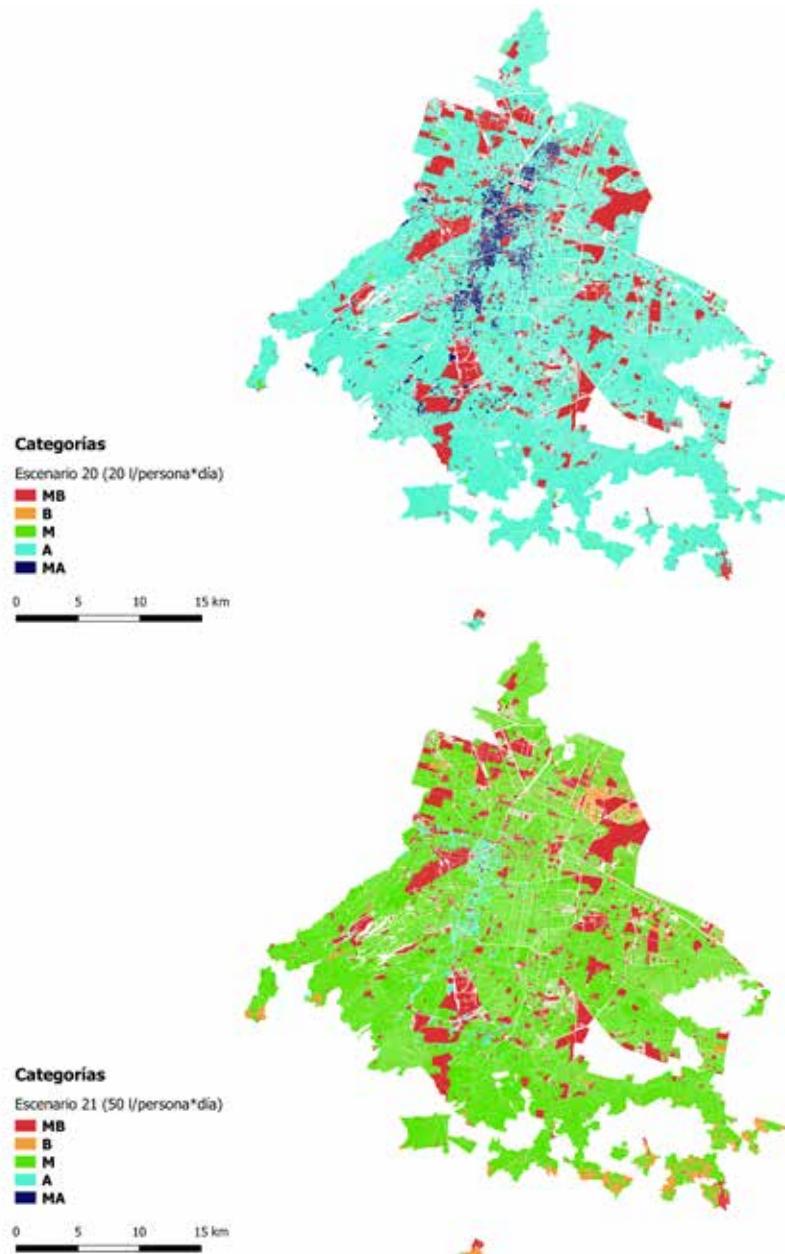
**Figura 16.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 20 a 22

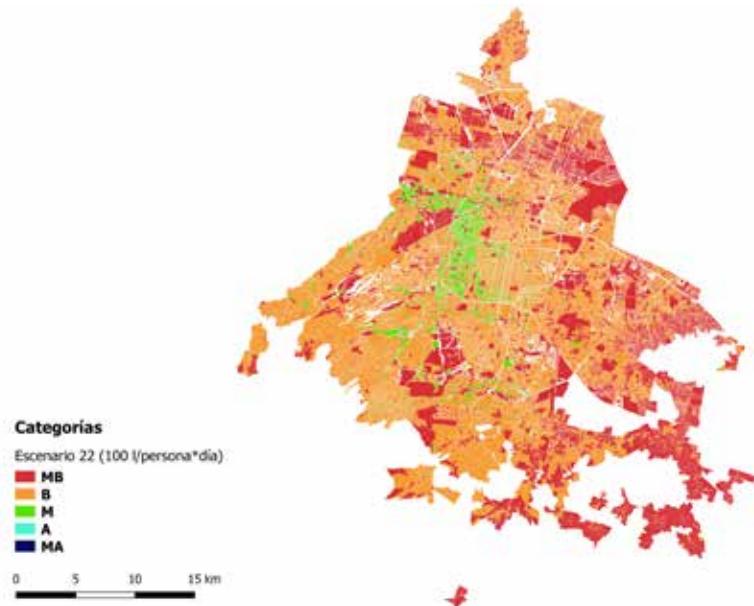


Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

La representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia es similar a los grupos de escenarios anteriores (**mapa 19**). En general, los resultados de este grupo de escenarios son más parecidos al grupo 2 (escenarios 5 a 7) que al grupo 4 (escenarios 11 a 13). Esto se debe a que el área de techo en el grupo 2 es de 60 m<sup>2</sup> mientras que en el grupo 4 es de 35 m<sup>2</sup>.

**Mapa 19.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 20 a 22





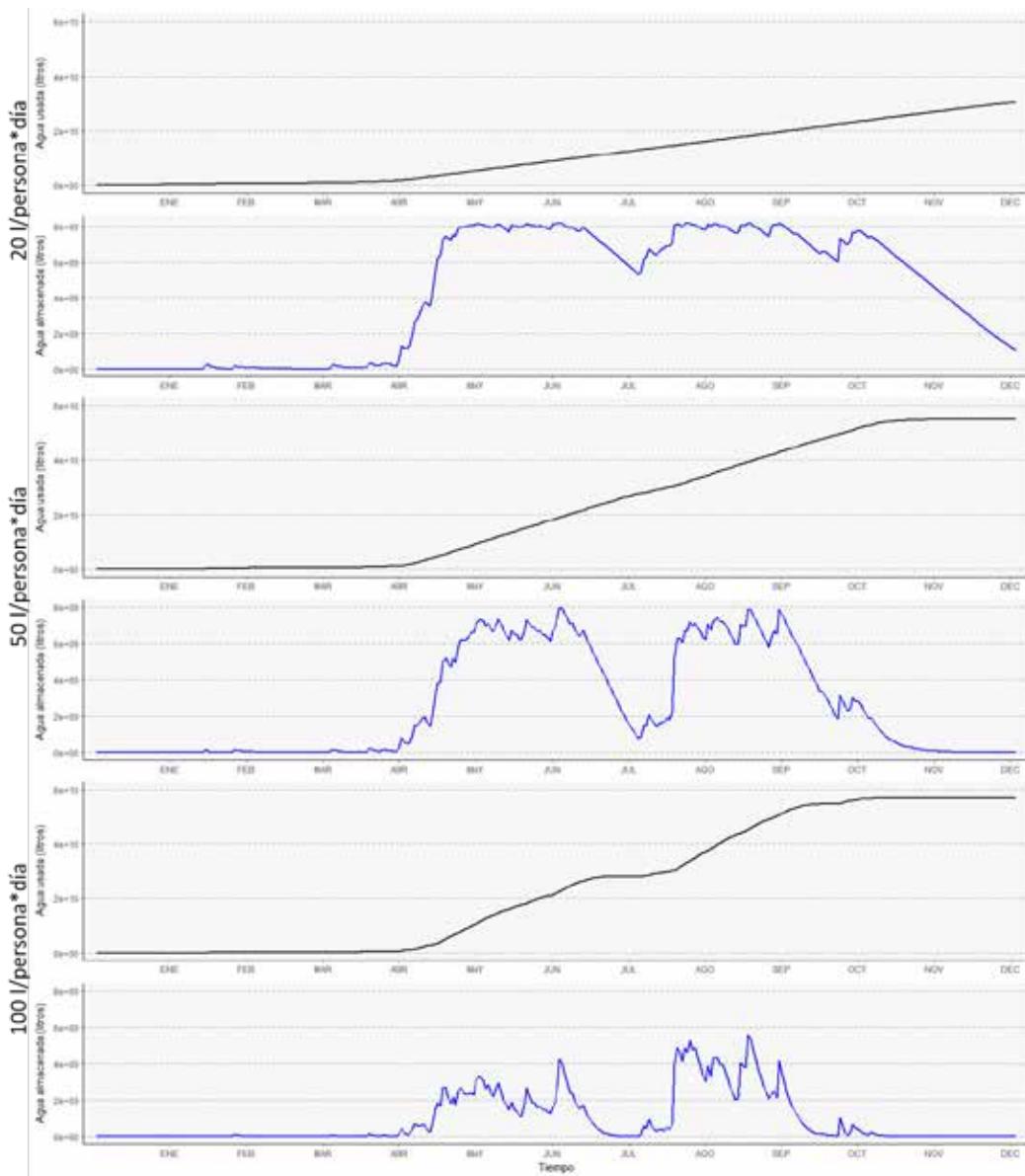
Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

## Grupo 8 - Escenarios 23 a 25

*Almacenamiento de 5,000 L (valor medio) / área de techo (promedio) de 85 m<sup>2</sup> (valor máximo)*

Los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 17**) muestran dinámicas similares a los grupos de escenarios anteriores. A diferencia del grupo de escenarios anterior, al ser mayor el área de techo (85 m<sup>2</sup>) es a partir del mes de abril —y no de mayo como en los grupos anteriores— que hay suficiente precipitación para almacenar agua de lluvia y, por tanto, empezar a consumir el agua de lluvia captada. Se mantiene el hecho de que en el mes de julio la precipitación es muy baja por lo que el agua de lluvia almacenada disminuye, especialmente para consumo diario por persona medio y alto (50 y 100 L, respectivamente). Además, al final del año ya no se almacena agua de lluvia y, por ello, el agua de lluvia usada alcanza su máximo nivel posible. Con respecto al agua almacenada, al considerar un consumo diario por persona mínimo (escenario 23) y medio (escenario 24) se alcanza un volumen máximo de almacenamiento de agua de lluvia de alrededor de 8 millones de m<sup>3</sup> (el doble del volumen máximo de los escenarios 20 y 21); al aumentar el consumo hasta el máximo (escenario 25), el máximo volumen de almacenamiento disminuye hasta casi 6 millones de m<sup>3</sup>. No obstante, el volumen máximo de agua usada es mayor cuanto mayor es el consumo diario por persona, aunque la eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada va disminuyendo (**figura 18**).

**Figura 17. Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)**

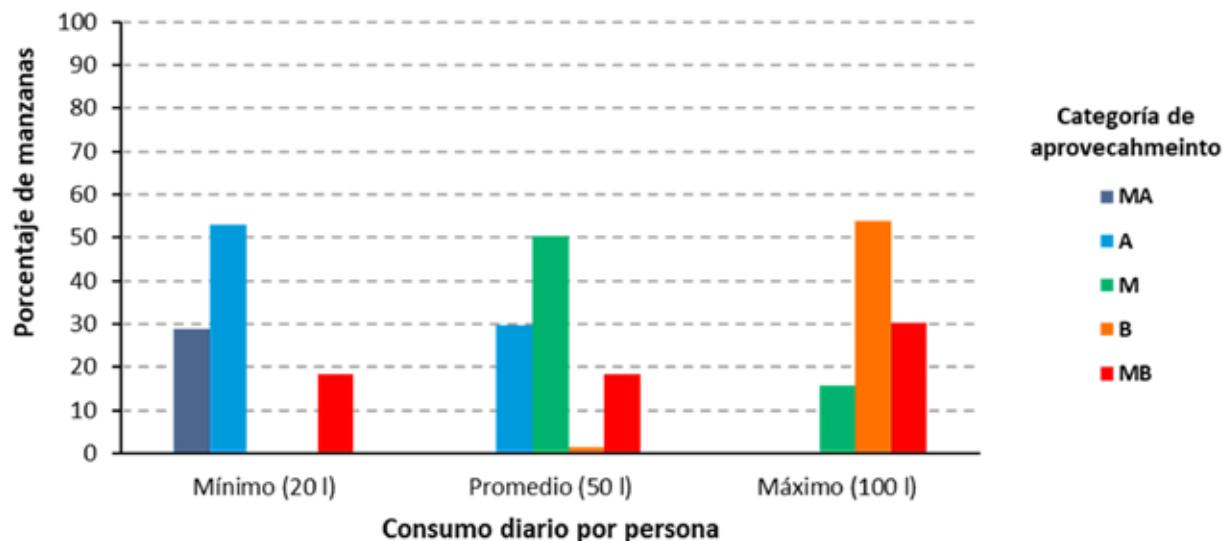


Escenario 23 (gráficas superiores), escenario 24 (gráficas intermedias) y escenario 25 (gráficas inferiores).

También hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua. Sin embargo, en comparación con los siete grupos de escenarios, los patrones de eficiencia de aprovechamiento son mayores, sobre todo, comparados con los grupos donde el almacenamiento considerado es mínimo (grupos 4 a 6). Ello se debe a que el área de techo de captación es mayor ( $85 \text{ m}^2$ ) que en los grupos de escenarios anteriores (más del doble de área) y que el volumen de almacenamiento es medio (5,000 L). Con un consumo diario por persona mínimo, la mitad de las manzanas de la ciudad (53%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada y más de un cuarto (29%) de las manzanas tienen un aprovechamiento muy alto. Para un consumo medio, la mitad de las manzanas de la ciudad (51%) tienen un aprovechamiento moderado y más de un cuarto (30%) de las manzanas tienen un aprovechamiento alto. De manera similar al grupo de escenarios anterior (grupo 7), cuando el consumo diario por persona es máximo, algo

más de la mitad de las manzanas (54%) tienen un aprovechamiento bajo —en lugar de muy bajo como en los seis primeros grupos—. Además, en este grupo casi un quinto de las manzanas de la ciudad (16%) tienen aprovechamiento moderado, y poco más de un cuarto de las manzanas (30%) tienen un aprovechamiento muy bajo (**figura 18**).

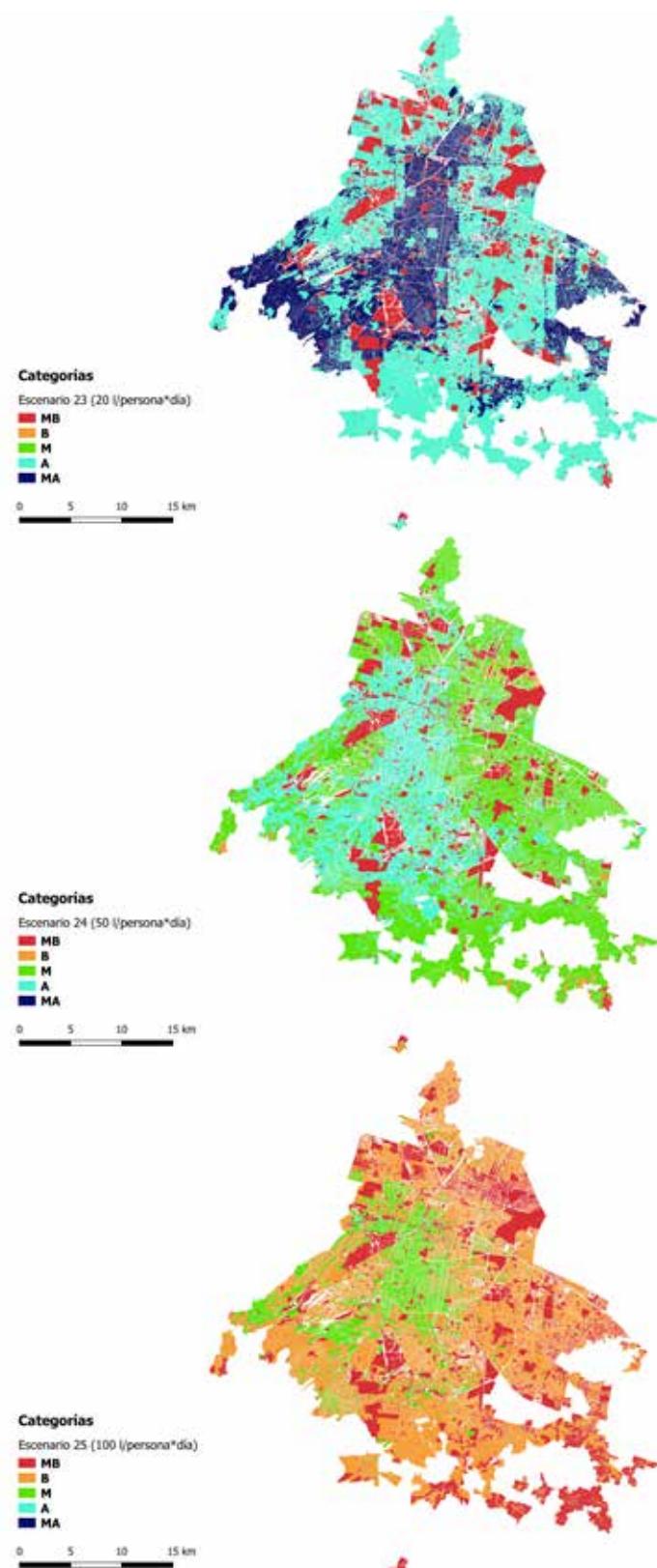
**Figura 18.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 23 a 25



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

La representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia, aunque similar a los grupos de escenarios anteriores, abarca más manzanas con eficiencia alta. Así, además de las manzanas del centro-oeste hay manzanas de la zona suroeste de la ciudad con eficiencia alta (**mapa 20**).

**Mapa 20.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 23 a 25



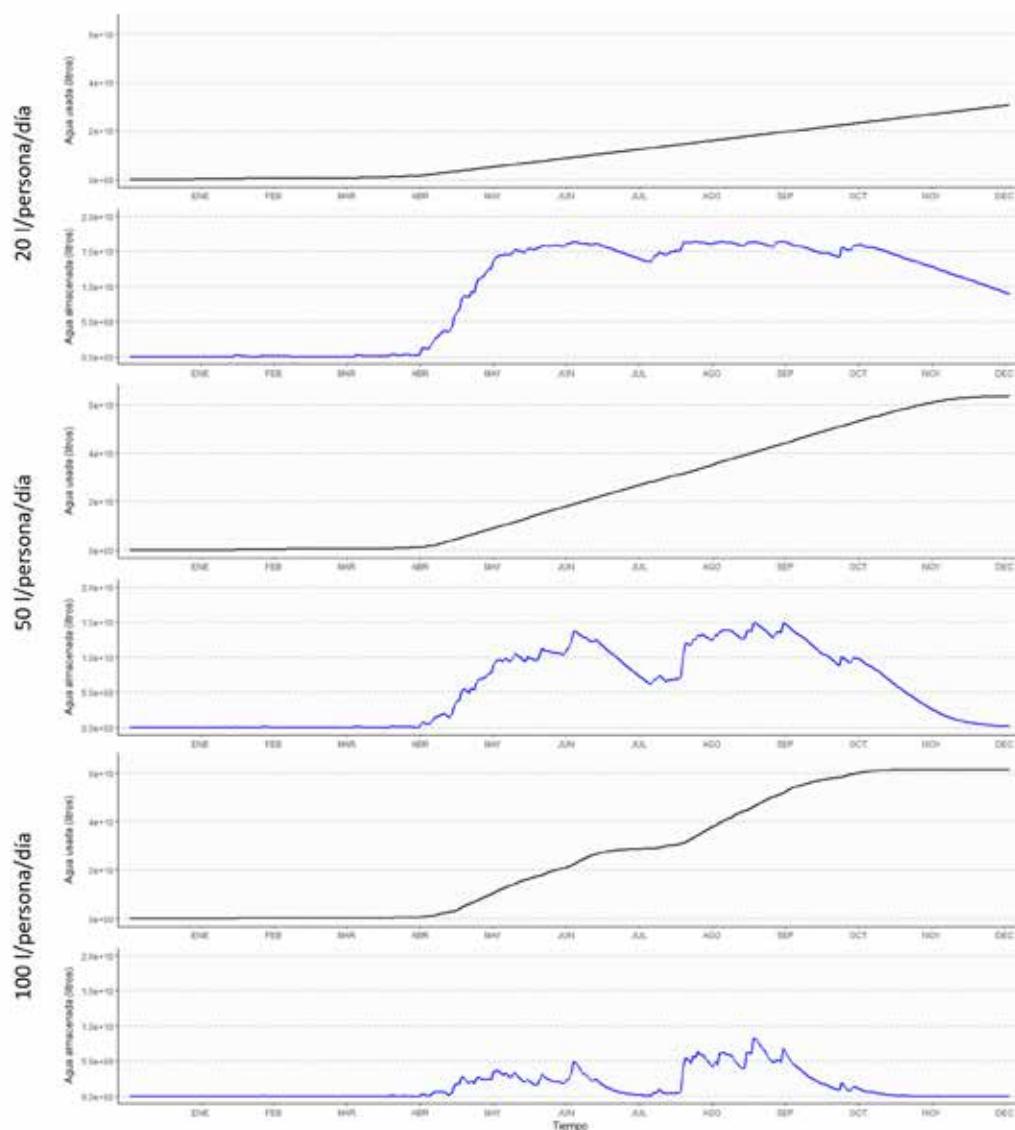
Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

## Grupo 9 - Escenarios 26 a 28

Almacenamiento de 2,500 L / área de techo (promedio) de 80 m<sup>2</sup> (valores máximos para ambas variables)

En general, los resultados de agua de lluvia utilizada y almacenada (**figura 19**) son similares a los grupos de escenarios anteriores y en especial, son parecidas a las de los grupos 7 y 8. Con respecto al agua almacenada, cabe destacar la gran diferencia entre considerar un consumo diario por persona mínimo (escenario 26) y medio (escenario 27), donde se alcanza un volumen máximo de almacenamiento de agua de lluvia de alrededor de 15 millones de m<sup>3</sup>, o considerar un consumo diario por persona máximo (escenario 28) donde el máximo volumen de almacenamiento disminuye hasta casi la mitad (8 millones de m<sup>3</sup>). A diferencia de los grupos 7 y 8, el volumen máximo de agua usada es mayor para un consumo diario medio por persona (**figura 20**).

**Figura 19.** Agua de lluvia usada (negro) y almacenada (azul), en litros, para toda la CDMX (2013)

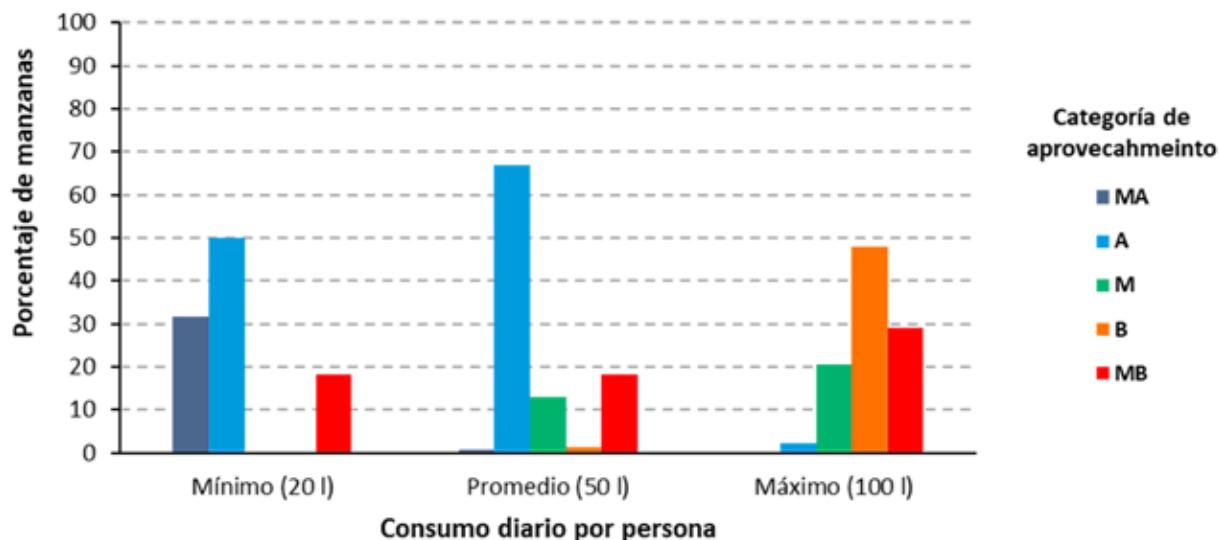


Escenario 26 (gráficas superiores), escenario 27 (gráficas intermedias) y escenario 28 (gráficas inferiores).

Como en todos los grupos de escenarios, hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua. Ahora bien, de los ocho grupos de escenarios anteriores, este grupo presenta los mayores patrones de eficiencia de aprovechamiento debido a que tanto el área de techo de captación ( $85\text{ m}^2$ ) como el volumen de almacenamiento (10,000 L) son los máximos considerados.

Con un consumo diario por persona mínimo, la mitad de las manzanas de la ciudad (50%) tienen un alto aprovechamiento del agua de lluvia almacenada y más de un cuarto (32%) de las manzanas tienen un aprovechamiento muy alto. Para un consumo medio, más de la mitad de las manzanas de la ciudad (67%) tienen un aprovechamiento alto —algo que no se da en ninguno de los escenarios anteriores—. En este grupo, se alcanza el valor mínimo de manzanas con categoría de aprovechamiento muy bajo (29%), aunque la mayoría de las manzanas tienen un aprovechamiento bajo (48%). Ver figura 20.

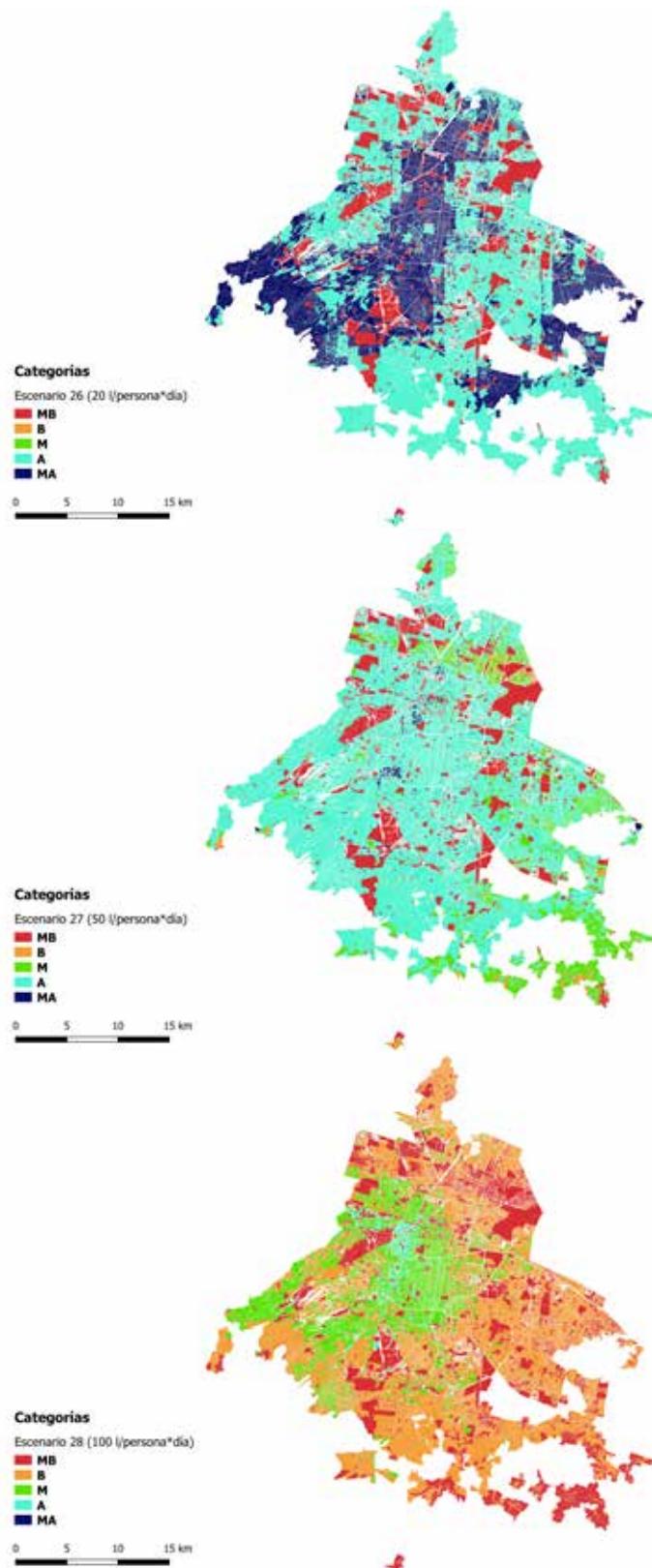
**Figura 20.** Porcentaje de manzanas según la categoría de aprovechamiento de agua de lluvia almacenada para los escenarios 26 a 28



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

La representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia es muy parecida al grupo anterior (grupo 8). Así, además de las manzanas del centro-oeste hay manzanas de la zona suroeste de la ciudad con gran eficiencia de aprovechamiento (**mapa 21**).

**Mapa 21.** Representación espacial del aprovechamiento del agua de lluvia por manzanas para los escenarios 26 a 28



Las categorías de aprovechamiento de agua corresponden a: (MA) muy alto (88%-70.4%); (A) alto (70.4%-52.8%); (M) moderado (52.8%-35.2%); (B) bajo (35.2%-17.6%) y (MB) muy bajo (17.6%-0%).

## Resumen de Escenarios 20 a 28

Los tres grupos de escenarios abarcan los volúmenes de almacenamiento de 2,500 L (grupo 7); 5,000 L (grupo 8) y 10,000 L (grupo 9). En todos estos escenarios se considera un área de techo de 85 m<sup>2</sup> (ver Anexo 1) y los datos de precipitación corresponden al año 2013. Los resultados de las simulaciones para estos tres grupos de escenarios, como en los tres grupos anteriores, indican que:

- Hay una relación inversa entre el agua de lluvia aprovechada y el consumo de agua.

A diferencia de los grupos de escenarios anteriores, los resultados de las simulaciones de los grupos de escenarios 7 a 9 muestran que:

- La mayor eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada está en las manzanas del centro-oeste y suroeste de la ciudad, excepto para el escenario de volumen de almacenamiento mínimo (grupo 7), que es igual a los grupos anteriores.
- Las tendencias en el volumen de agua usada y agua almacenada varían según el volumen de consumo de agua diario por persona. En general, al aumentar el volumen de almacenamiento, el agua usada y almacenada aumenta.
- Los patrones de eficiencia de aprovechamiento del agua de lluvia captada son altos, en particular para los escenarios de consumo mínimo y medio (20 y 50 L/persona/día, respectivamente).
- El volumen de almacenamiento tiene influencia en la eficiencia del aprovechamiento del agua de lluvia captada cuando se considera un volumen máximo de almacenamiento (grupo 9; 10,000 L) y un consumo diario por persona medio y máximo (50 y 100 L). Ver Tabla 21).
- El número de manzanas por categoría de aprovechamiento y su localización varía con el consumo diario por persona y hay tendencias especiales para los grupos 8 y 9 diferentes al resto de grupos de escenarios.

**Tabla 21.** Comparación de los porcentajes de manzanas según el grado de aprovechamiento del agua de lluvia captada, para los escenarios 7 a 9

Consumo diario (l/p/d)	Grado aprovechamiento agua de lluvia *	Porcentaje de manzanas por volumen de almacenamiento		
		2,500 L	5,000 L	10,000 L
20	> 53%	80	82	82
	< 35%	18	18	18
50	> 53%	3	30	68
	< 35%	23	20	19
100	> 53%	0	0	2
	< 35%	95	84	77

Aprovechamiento >53% corresponde a las categorías de alto y muy alto, <35% corresponde a las categorías de bajo y muy bajo. No se tiene en cuenta las manzanas con aprovechamiento moderado.

## Anexo 7. Colonias con Precariedad Hídrica alta

Las colonias que tienen precariedad hídrica alta se muestran en la tabla 22. Además, en la tabla 23 se muestran 50 colonias que no tienen nombre pero que estaban presentes en un polígono de Asentamiento Humano Irregular. A estas colonias se les dio el mismo nombre que al asentamiento y se enlistan en la tabla 23. Colonias con PH Alta sin nombre que pertenecen a un AHI. Se estima una población de entre 240,000 a 480,000 personas viviendo en estos asentamientos humanos irregulares (de acuerdo con datos de SEDUVI 2010 y SEDEMA 2016 respectivamente). SEDUVI estimó más de 40,000 viviendas en 2010 en asentamientos irregulares.

**Tabla 22. Colonias con PH Alta**

Alcaldía	Colonia	Población PH Alta	Viviendas PH Alta	Población Total	Viviendas Totales
XOCHIMILCO	SAN GREGORIO ATLAPULCO	5391	1407	26052	6307
XOCHIMILCO	PLAN DE AYALA	2806	731	5915	1564
XOCHIMILCO	TEPETITLA	2831	712	4066	1030
XOCHIMILCO	EL ARENAL	1507	436	2024	554
XOCHIMILCO	SAN MIGUEL	1762	427	1762	427
XOCHIMILCO	SAN FRANCISCO TLALNEPANTLA	1341	369	6202	1571
XOCHIMILCO	SAN ANDRES AHUAYUCAN	1055	287	9745	2349
XOCHIMILCO	SANTA INES	940	225	3801	958
XOCHIMILCO	LA CIENEGA CHICA	743	188	3299	772
XOCHIMILCO	SAN ANDRES	777	171	2177	522
XOCHIMILCO	SANTA CECILIA TEPETLAPA	582	166	11063	2751
XOCHIMILCO	VILLA SAN ISIDRO	307	96	307	96
XOCHIMILCO	SAN JUAN DE LOS LAGOS	305	79	457	115
XOCHIMILCO	SANTA CRUZ CHAVARRIETA	317	77	2007	488
XOCHIMILCO	TECACALANCO	273	75	2366	586
XOCHIMILCO	TLAXOPAN 1RA Y 2DA SECC	189	54	1950	498
XOCHIMILCO	AMPL NATIVITAS LA JOYA	205	53	3762	920
XOCHIMILCO	VALLE VERDE	193	50	1183	304
XOCHIMILCO	CHAPULTEPEC	162	49	1278	332
XOCHIMILCO	SANTIAGO TEPALCATLALPAN	177	42	14771	3678
XOCHIMILCO	SANTA CRUZ DE GUADALUPE	150	36	856	208
XOCHIMILCO	BARRIO LAS FLORES	117	32	1045	245
XOCHIMILCO	EL CEDRAL	122	29	553	148
XOCHIMILCO	SAN MATEO XALPA	67	17	6928	1723
XOCHIMILCO	ACOCA	48	15	987	257
XOCHIMILCO	LA JOYA DE VARGAS	60	15	3167	707
XOCHIMILCO	GUADALUPE	38	11	3270	831
XOCHIMILCO	TLALTEPETLA	49	9	174	36
XOCHIMILCO	JAZMIN	29	8	483	116
TLALPAN	SAN MIGUEL TOPILEJO	16812	4203	25203	6051
TLALPAN	SAN MIGUEL AJUSCO	9589	2767	17064	4586
TLALPAN	MAGDALENA PETLACALCO	6450	1537	9320	2153
TLALPAN	SANTO TOMAS AJUSCO	4216	1025	11404	2735
TLALPAN	SAN ANDRES TOTOLTEPEC	3984	1011	18351	4553
TLALPAN	BOSQUES DEL PEDREGAL	3936	944	12178	2971

Alcaldía	Colonia	Población PH Alta	Viviendas PH Alta	Población Total	Viviendas Totales
TLALPAN	MIGUEL HIDALGO 2A SECCION	3033	830	6193	1684
TLALPAN	JARDINES DE SAN JUAN	2642	706	2642	706
TLALPAN	SAN MIGUEL XICALCO	2324	564	4599	1095
TLALPAN	TECUENTITLA	1527	520	1527	520
TLALPAN	AMPL MIGUEL HIDALGO 3A SECCION	1776	464	16398	4330
TLALPAN	LA GUADALUPANA	1503	355	1503	355
TLALPAN	LAS FLORES	1291	326	1663	410
TLALPAN	LOMAS DE PADIerna	1155	321	19934	5308
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 3RA SECC	951	266	9440	2490
TLALPAN	LA PALMA	538	134	9031	2312
TLALPAN	LIBERTAD	534	124	534	124
TLALPAN	TEQUIMILA	520	120	520	120
TLALPAN	LOS ARCOS	424	101	424	101
TLALPAN	CHICHICASPA TL	360	100	4094	1070
TLALPAN	PRADOS AJUSCO	306	84	306	84
TLALPAN	SAN NICOLAS II	326	79	651	165
TLALPAN	LA QUINTA	295	76	295	76
TLALPAN	LA VENTA	313	69	313	69
TLALPAN	PARQUE NACIONAL FUENTES BROTANTES	324	69	9160	2647
TLALPAN	LA PRIMAVERA	232	52	3225	822
TLALPAN	ZONA RUSTICA	201	49	735	190
TLALPAN	CULTURA MAYA	215	46	3748	945
TLALPAN	LA MESA	176	38	7653	1884
TLALPAN	IXTLAHUACA	146	36	146	36
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 4TA SECC	141	35	13201	3456
TLALPAN	VISTAS DEL PEDREGAL	67	19	2565	620
TLALPAN	AMPL LA VENTA	67	18	67	18
TLALPAN	PARRES EL GUARDA	51	12	329	70
TLALPAN	2 DE OCTUBRE	48	9	4070	1018
TLALPAN	LA ESTACION	24	6	24	6
TLALPAN	EL ZACATON	12	2	12	2
TLAHUAC	MORELOS	961	273	1766	474
TLAHUAC	AMPL LA CONCHITA	748	208	6176	1506
TLAHUAC	TIERRA BLANCA	481	155	4951	1251
TLAHUAC	EL ROSARIO	491	120	4548	1099

Alcaldía	Colonia	Población PH Alta	Viviendas PH Alta	Población Total	Viviendas Totales
TLAHUAC	SAN NICOLAS TETELCO	393	90	2514	599
TLAHUAC	PEÑA ALTA SUR	66	16	6714	1598
TLAHUAC	PUEBLO TULYEHUALCO	50	13	4934	1218
TLAHUAC	SANTA CECILIA	17	6	6128	1543
MILPA ALTA	SAN SALVADOR CUAUHTELENCO	4919	1296	15478	3826
MILPA ALTA	SAN BARTOLOME XICOMULCO	2085	652	6613	1820
MILPA ALTA	SAN FRANCISCO TECOXPA	2234	620	6361	1605
MILPA ALTA	SAN LORENZO TLACOYUCAN	2226	611	4123	1092
MILPA ALTA	BARRIO OCOTITLA	1926	543	4723	1264
MILPA ALTA	BARRIO TECAXTITLA	1865	510	7706	1931
MILPA ALTA	BARRIO CRUZTITLA	1998	453	5209	1258
MILPA ALTA	BARRIO SANTA CRUZ	1742	443	4148	1035
MILPA ALTA	BARRIO NUCHTLA	1417	423	2409	647
MILPA ALTA	BARRIO SAN MIGUEL	1268	342	5671	1407
MILPA ALTA	SAN MARCOS TLACOTENCO	1181	308	4667	1165
MILPA ALTA	BARRIO SAN JUAN	1053	299	5795	1429
MILPA ALTA	BARRIO LA LUZ	1103	277	4393	1073
MILPA ALTA	BARRIO SAN AGUSTIN	913	243	3589	884
MILPA ALTA	BARRIO TLACPAC	689	175	3391	818
MILPA ALTA	BARRIO AMPL SANTA MARTHA	687	170	1763	429
MILPA ALTA	CENTRO SAN PABLO OZTOTEPEC	579	136	984	230
MILPA ALTA	BARRIO LA CONCEPCION	509	132	2073	482
MILPA ALTA	BARRIO TULA	426	121	1721	423
MILPA ALTA	BARRIO LOS ANGELES	331	86	1650	414
MILPA ALTA	BARRIO SAN MATEO	184	44	2184	544
MILPA ALTA	PUEBLO SAN PEDRO ATOCPAN	160	38	613	147
MILPA ALTA	SAN JOSE	101	34	2753	709
MILPA ALTA	PUEBLO SAN JUAN TEPENAHUAC	101	25	956	256
MILPA ALTA	BARRIO GUADALUPITA	30	10	1215	316
MILPA ALTA	PUEBLO SAN JERONIMO MIACATLAN	13	3	2436	594
LA MAGDALENA CONTRERAS	PUEBLO SAN NICOLAS TOTOLAPAN	5553	1304	22100	5425
LA MAGDALENA CONTRERAS	LA CARBONERA	234	65	6331	1614
LA MAGDALENA CONTRERAS	PUEBLO LA MAGDALENA CONTRERAS	35	9	8360	2125
LA MAGDALENA CONTRERAS	OCOTAL	14	5	6424	1680
IZTAPALAPA	PARQUE NACIONAL CERRO DE LA ESTRELLA	2299	572	7139	1877

Alcaldía	Colonia	Población PH Alta	Viviendas PH Alta	Población Total	Viviendas Totales
IZTAPALAPA	UNIDAD HAB CABEZA DE JUAREZ	1735	534	19394	5098
IZTAPALAPA	XALPA	1075	269	48791	12128
IZTAPALAPA	UNIDAD HAB GAMMA GAVILAN	523	130	1918	457
IZTAPALAPA	BARRIO SAN ANTONIO	120	35	15581	4110
IZTAPALAPA	VALLE DE LUCES 3RA SECCION	97	25	1968	483
IZTAPALAPA	LA PLANTA	82	19	2354	591
GUSTAVO A. MADERO	GRANJAS MODERNAS	352	93	5726	1502
GUSTAVO A. MADERO	TLALPEXCO	331	76	12298	3079
GUSTAVO A. MADERO	6 DE JUNIO	89	21	1928	474
GUSTAVO A. MADERO	ARBOLEDAS DE CUAUTEPEC EL ALTO	29	6	6535	1736
CUAJIMALPA DE MORELOS	DESIERTO DE LOS LEONES	4050	1071	8766	2279
CUAJIMALPA DE MORELOS	CRUZ BLANCA	1464	384	2876	724
CUAJIMALPA DE MORELOS	SAN PABLO CHIMALPA	1130	273	8890	2119
CUAJIMALPA DE MORELOS	VALLE DE LAS MONJAS	864	219	1333	325
CUAJIMALPA DE MORELOS	SAN LORENZO ACOPILCO	777	169	8135	1905
CUAJIMALPA DE MORELOS	XALPA	574	145	2676	661
CUAJIMALPA DE MORELOS	ZONA RUSTICA	279	77	2023	508
CUAJIMALPA DE MORELOS	LOMAS DEL PADRE	211	54	7642	1878
CUAJIMALPA DE MORELOS	LA PILA	120	26	4358	1024
ALVARO OBREGON	SANTA ROSA XOCHIAC	2572	664	9103	2227
ALVARO OBREGON	AMPL TLACOYAUQUE	920	241	4574	1165
ALVARO OBREGON	RANCHO SAN FRANCISCO	326	85	17182	4272
ALVARO OBREGON	SAN MATEO TLALTENANGO	142	33	2477	607
ALVARO OBREGON	PARAJE DEL CABALLITO	61	13	4790	1204

**Tabla 23.** Colonias con PH Alta sin nombre que pertenecen a un AHI.

Alcaldía	Poblado	Nombre
Cuajimalpa de Morelos	Contadero	Camino a la Bolsa (Prolongación Contadero)
Cuajimalpa de Morelos	Contadero	Construcciones irregulares
Cuajimalpa de Morelos	Contadero	La Venta
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Altiburritos
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Ampliacion Xalpa (camino a oyameles)
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Bodegas
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Camino Llano Grande (4a manzana de la pila)
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Chancocoyotl
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Construcciones irregulares
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Cruz Blanca
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	El Zarco
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	La Plantación
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Llanito Redondo
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Mina Vieja
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Moneruco (Acopilco)
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Monte Las Cruces
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Prolongación Melchor Ocampo
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Teopazulco (acopilco)
Cuajimalpa de Morelos	San Lorenzo Acopilco	Zacamulpa
Cuajimalpa de Morelos	San Mateo Tlaltenango	Loma de Pachuquilla
Cuajimalpa de Morelos	San Mateo Tlaltenango	Valle de las Monjas
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	Acazulco (Texcalco)
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	Bodegas
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	Hueyatla
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	La Yera
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	Moneruco
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	Paraje Cuausehuaya
Cuajimalpa de Morelos	San Pablo Chimalpa	Paraje Teopazulco
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	Cerro Doña Juana
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	El Mirador
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	La Transmetropolitana
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	Los Ciruelos
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	Los Magueyitos
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	Texcaltitla
Cuajimalpa de Morelos	Santa Rosa Kochiácatl	Tlacuitar

Alcaldía	Poblado	Nombre
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Tlaxomulco
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Totoxpa
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Xocotepec
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Zacango
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Zacatongo
Tláhuac	San Francisco Tlaltenco	Las Puertas
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	2a Cerrada de Zacatecas
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Ahuehuete
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Cuatro Yuntas
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	El Rosario, Puebla y Las Cruces
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Olivar Santa María
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Olla de Piedra
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Prolongacion Barranca
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Prolongacion Teuhatlí
Tláhuac	San Juan Ixtayopan	Siete Yuntas
Tláhuac	San Pedro Tlahuac	Atotonilco Chinanco (Las Garzas)
Tláhuac	San Pedro Tlahuac	Embarcadero
Tláhuac	San Pedro Tlahuac	Pequeña Propiedad de Tláhuac (Técnica 46)
Tláhuac	San Pedro Tlahuac	Tempilulí I
Tláhuac	Santiago Zapotitlán	Ampliación La Conchita
Tlalpan	Ajusco Medio	Belvedere de Teresa
Tlalpan	Ajusco Medio	Construcciones Irregulares
Tlalpan	Ajusco Medio	Infraestructura
Tlalpan	Ajusco Medio	Lomas de Culotepec II
Tlalpan	Ajusco Medio	Prolongacion Jazmín II
Tlalpan	Ajusco Medio	San Nicolas II
Tlalpan	Ajusco Medio	Zona de Ranchos
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	Ampliacion La Nueva Magdalena Petlacalco
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	Area urbana
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	Bodegas
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	Construcciones Irregulares
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	Diligencias
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	El Arenal
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	El Arenal II
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	El Silbato

Alcaldía	Poblado	Nombre
Tlalpan	Magdalena Petlacalco	Tlatenango
Tlalpan	Parres el Guarda	Ampliacion Parres
Tlalpan	Parres el Guarda	El Guardita
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Ampliacion Lomas de Texcalatlaco
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Bodegas
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Camino a la Marina
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Chimilli
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Colibri
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Construcciones irregulares
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Flor de Borrego
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Mirador el Colibri
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Paraje 38
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Paraje Texcalatlaco
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Parque Ecologico CD Mexico
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Tetamazolco
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Vista Hermosa
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Viveros de Coactetlan 2a Seccion
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Xicalco Oriente
Tlalpan	San Andres Totoltepec	Zorros-Solidaridad
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Ampliacion La Venta
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Bodegas
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Bosques del Cuatzontle
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Construcciones irregulares
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Ejidos - Heroes de 1910
Tlalpan	San Miguel Ajusco	El Conejo
Tlalpan	San Miguel Ajusco	El Conejo /El Charco
Tlalpan	San Miguel Ajusco	El Liano / Jardines de San Juan
Tlalpan	San Miguel Ajusco	El Oyamel
Tlalpan	San Miguel Ajusco	El Xipie II
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Estacion - La Venta
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Estacion
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Herradura
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Herradura II
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Magueyera
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Quinta

Alcaldía	Poblado	Nombre
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Venta /La Joya
Tlalpan	San Miguel Ajusco	La Vía / La Herradura
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Manzana 36 / La Venta
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Pedregal de Cuatzontle
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Valentín Reyes
Tlalpan	San Miguel Ajusco	Zona de Ranchos
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Achichipisco
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Acopilaxco/Tezontle
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ahuacatitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Amilco
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ampliacion Tezonttitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Area urbana
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Arenal de Guadalupe
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ayocatitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ayometitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ayopa
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Bodegas
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Bosques de San Jose/ Ixpangologula
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Camino Antiguo al Cantil
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Chinita Norte
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Chinita Sur / Toxtepec
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Construcciones irregulares
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Cortijo de Mendoza
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Cuallascantitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Cuanejaque
Tlalpan	San Miguel Topilejo	El Arenal / Tlahuacapan
Tlalpan	San Miguel Topilejo	El Calvario
Tlalpan	San Miguel Topilejo	El Caracol
Tlalpan	San Miguel Topilejo	El Crucero
Tlalpan	San Miguel Topilejo	El Sifon
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Estrella Mora
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Huinizco
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Infraestructura Urbana
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Kilometro 30
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Kilometro 33 / Teteocotla

Alcaldía	Poblado	Nombre
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Kilometro 34.5 / Lomas de San Jose
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Calavera
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Cima
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Faja / Ololique
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Joyita / Prolongacion Nogal
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Morucha
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Pedrera
Tlalpan	San Miguel Topilejo	La Presa
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Las Bombas
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Las Granjas / Barranquillas
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Las Margaritas
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Las Rejas / Chalquitongo
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Las Rosas/ Piedra Larga
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Las Torres
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Lomas del Capulin
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Los Arcos
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Los Encinos
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Los Pastores
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Nextel / Las Rosas
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ocotla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Ocotla Chico
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Oyameyo
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Paraje Iluca
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Pedregal de Aminco
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Poligono 127 / Sin Nombre
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Rancho la Esperanza
Tlalpan	San Miguel Topilejo	San Miguel Toxiac
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Siete Ocotes / Subestacion electrica
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tehitic
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tepacheras
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tepeztintla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tepezintla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tetecala
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tetequillo
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tezontitla

Alcaldía	Poblado	Nombre
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Titicocotla/Temaxtetitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Tlaltepancatitla
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Unixco
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Xaxalco II
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Xaxalpac
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Xilonimoco
Tlalpan	San Miguel Topilejo	Zona de Ranchos
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Atlauhtenco
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Bellavista
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Bodegas
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Camino Antiguo a Diligencias
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Camino Viejo a Tepepan
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Cantera Tehuehue
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Chancoyote
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Cocomozotla
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Construcciones irregulares
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Corrasolco
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Emiliano Zapata
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Huetlatilpa
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Kilometro 2
Tlalpan	San Miguel Xicalco	La Magueyera Tatamaxtitla
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Memecala
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Tatamaxtitla
Tlalpan	San Miguel Xicalco	Tlatilpa
Tlalpan	Santiago Tepalcatlalpan	Colinas del Angel
Tlalpan	Santiago Tepalcatlalpan	Tepetlica /12 de Diciembre
Tlalpan	Santiago Tepalcatlalpan	Tepetlica el Alto
Tlalpan	Santiago Tepalcatlalpan	Tres de Mayo
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Ahuayoto
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Apapaxtles
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Arcoiris
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Area urbana
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Bodegas
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Camino al Cuatzontle
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Camino al Xicotontle / Lomas de Tepemecac

Alcaldía	Poblado	Nombre
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Camino al Xitle
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Cercantitla
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Cocuyatla
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Construcciones irregulares
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Cruz Eslava
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	El Cedral
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	El Charco
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	El Sabinoco
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Guardita
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	La Cañada /San Juan Bautista
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	La Magueyera
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Lomas de Tepemecac
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Los Ajuscos
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Los Gallos
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Maninal Norte
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Maninal Sur
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Maye
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Miluyac
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Ocornozotla
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Piramide/ Providencia
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Polygono 81/ Sin Nombre
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	San Juan Nuevo /Ocotlaltongo
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Tecoentitla/Canoas
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Tecpan
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Tlapanco
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Xitle II
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Xitle1
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Zona de Ranchos
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Zona Entre Asentamientos San Juan Bautista y la Cañada
Tlalpan	Santo Tomas Ajusco	Zona Entre Calles Fernando Montes de Oca y Leona Vi
Xochimilco	Cabecera Delegacional	Ampliacion Bodoquepa
Xochimilco	Cabecera Delegacional	Celada
Xochimilco	Cabecera Delegacional	Pista Virgilio Uribe
Xochimilco	Cabecera Delegacional	Tecaltitla
Xochimilco	Cabecera Delegacional	Toltenco 9a. Sección

Alcaldía	Poblado	Nombre
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Ampliacion Tochuca
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Atocle
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Cerro Xelotes (Alcayeca)
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Copalhuacan
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	El Cajon
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Hinoplico
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Jacarandas
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Los Cornejales-Tlauxtitla
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	San Ignacio Tlachilultepec
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	San Isidro
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Tecacalanco y Ampliacion
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Tepapatlaxco/El Cedro
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Tepetitlic
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Xihuatlixpa
Xochimilco	San Andres Ahuayucan	Zacazontlipac
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Barrio Santa Cruz
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Copexalco
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Cozontlipa
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Metenco
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	San Jose
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Telhuehueyacan (Axomulco, Escaleria, Zacazinco)
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Tlacatepac I
Xochimilco	San Bartolome Xicomulco	Tlacatepac II
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Ahuatla
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Cerrada Jacaranda
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Curva Topilejo
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Huila (Ladera Oriente)
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	La Gallera Tlaltlipa
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	La Mora
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Los Encinos
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Petzalco-Atlaupizco
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Piedra Larga
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Tlahultenco
Xochimilco	San Francisco Tlalnepantla	Vivienda Aislada
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Ahuetitla

Alcaldía	Poblado	Nombre
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Ampliacion Chalmita El Corralon, Texahua
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Barrio Chalma
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Barrio La Asuncion
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Barrio Los Reyes
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Barrio San Andres
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Barrio San Miguel
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	El Corralon
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Mazacuitla-San Juan Diego
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Paraje Atuctenco
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Tecupilco
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Tepeyecac
Xochimilco	San Gregorio Atlapulco	Vivienda Aislada
Xochimilco	San Luis Tlaxialtemalco	Ampliacion Niños Heroes
Xochimilco	San Luis Tlaxialtemalco	Barrio San Antonio
Xochimilco	San Luis Tlaxialtemalco	Cruz Palma
Xochimilco	San Luis Tlaxialtemalco	Nochicala
Xochimilco	San Luis Tlaxialtemalco	Pajaritos
Xochimilco	San Luis Tlaxialtemalco	Tonalcatepec Acuexcomatl
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Achichipichico
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Ampliacion Guadalupe/Gasoducto
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Colexco
Xochimilco	San Mateo Xalpa	El Cedral Tlaquiauhuac
Xochimilco	San Mateo Xalpa	El Conejo
Xochimilco	San Mateo Xalpa	El Olivo
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Jardines de Huacahuasco
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Joya de Guadalupe Grupo Sidral
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Mixica
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Oquetzalpa
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Paraíso de Huacahuasco
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Pepelaxtla-Tepetlapa
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tekalipac
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tekiticapa
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tekiticapa parte baja
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tepepula
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tetachali

Alcaldía	Poblado	Nombre
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tetlatilco-Lomas de Tlaltepetla
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tlahuiztitla Tlalitenco
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tlalitenco
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tlaltepetla
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tlaltepetla-Xaxaltongo
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Tlaxopa
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Vivienda Aislada
Xochimilco	San Mateo Xalpa	Xometitla
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Acoctenco
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Ahuatlixpa
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Atuctenco
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Atuzanco
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Coatepec Barrio Alto
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Limuxuchitlita
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Oluca
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Quiapilco
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	San Jose Acachinamic
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Tecaxic
Xochimilco	San Salvador Cuahutenco	Tuzanco
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Asentamientos no definidos
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Campamento Tequizco
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Cerrada Teccoexcontitla
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Cuartostitla Citalcoatl
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	El Carril los Ranchos
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	El Potrero
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	La Herradura
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	La Mesa (Tepetonco Alto)
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Las Mesitas Acachinamic
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Luciatla
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Rancho Las Abejas
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Rancho Tepejoyucan
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Rinconada Teoca
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Santa Catarina Los Ranchos Piedra Blanca
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Texquisco
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Tlaquexpa

Alcaldía	Poblado	Nombre
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Cantil 1
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Cantil Comunero Huitziltepec
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Chocolines
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Contlaico la cruz
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Contlaico-Xapaltepec
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Cuauhtultitla
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	La Joyita Tepecahuixtitla
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Los Pinos
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Moyocalco
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Ocotitla Tepachiluixac (Aguacate)
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Ocoxochoca
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Rinconada Acoca
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tecuyo
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tehuixtitla
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Temamatia
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tepexomulco Cerrada Bugambilia
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tepexomulco el Alto
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tepexomulco Sur
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tepexomulco-Las Rocas-Alcueyeca Tecaxi
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tepexomulco-Texoxotla-Tlaxomulco
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tetamazolco
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tetlapanoya
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Texcalpa
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Texopantitla
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Texoquite el grande
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tlalatlaco-Ampliacion Tlalatlaco
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Tlaxopa I (1a Sec 6a Sec)
Xochimilco	Santiago Tulyehualco	El Llano
Xochimilco	Santiago Tulyehualco	El Sacrificio
Xochimilco	Santiago Tulyehualco	San Francisco Chiquimola (Tecajete Ocote)
Xochimilco	Santiago Tulyehualco	Tecoloxtitla
Xochimilco	Santiago Tulyehualco	Vivienda Aislada

Alcaldía	Poblado	Nombre
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Tototitla Cipres
Xochimilco	Santa Cecilia Tepetlapa	Zacapa
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Atlixco
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Bosques de la paz
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Cuatepezcalco
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Cuatliztli
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Cuayuca-Teconcayuca
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Los Pinos
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	San Jose Obrero
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Tecacalanco (Ampliacion Tecacalanco)
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Tecanoco
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Tehuixtitla
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Tepexcallpac
Xochimilco	Santa Cruz Acalpixca	Tiacuayelli
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Aicanfores
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Ampliacion Nativitas Mz. 61
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Ampliacion Tiziclipa
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Comuljac-Terrojastitla
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Cuarnezoc
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	El Capulin
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	La Palma Huiltztoco
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Ladera Hueytepec
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Matlazimpilli
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Rancho Capulin
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	San Antonio Mz. 61 Lomas de Tiziclipac
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Tecomulco
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Tejomulco el alto
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Tibipili/Tipipili
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Tiziclipa
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Tlaxoligia
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Tlazala (Alianza de Asentamientos)
Xochimilco	Santa Maria Nativitas	Xocotitla
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Acoca
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Ampliacion Tetlapanoya (Contlaico)
Xochimilco	Santiago Tepalcatalpan	Atzitzicantitla

Alcaldía	Poblado	Nombre
Cuajimalpa de Morelos	Zentlapati	Loma del Padre
Gustavo A. Madero	Cerro del Chiquihuite	Ampliación Tlalpexco o La Parva
Iztapalapa	Cerro de La Estrella	Ampliación Fuego Nuevo / 7 Familias
Iztapalapa	Cerro de La Estrella	Cufas
Iztapalapa	Cerro de La Estrella	El Hoyo
Iztapalapa	Cerro de La Estrella	Guardabosques
Iztapalapa	Cerro de La Estrella	Maravillas
Iváro Obregón	San Bartolo Arneyalco	Atexquillo
Iváro Obregón	San Bartolo Arneyalco	Cacaloac (Paraje Cacaloxtla)
Iváro Obregón	Santa Rosa Xochiac	Cacaloac (Paraje Cacaloxtla)
Iváro Obregón	Santa Rosa Xochiac	Las Granjas Moxelote
Iváro Obregón	Tlacoyaques (Programa Parcial)	Ampliación Tlacoyaque
Iváro Obregón	Tlacoyaques (Programa Parcial)	Las Peitas
Iváro Obregón	Tlacoyaques (Programa Parcial)	Tizimaloya
Magdalena Contreras	Ajusco Medio	Lomas de Tepemecac
Magdalena Contreras	Ajusco Medio	Prolongación Jazmín
Magdalena Contreras	Magdalena Atlitic	Los Dinamos
Magdalena Contreras	Magdalena Atlitic	Sayula
Magdalena Contreras	San Barnab Ocotepec	Ampliación Lomas de San Bernabe
Magdalena Contreras	San Barnab Ocotepec	Paraje El Caballito
Magdalena Contreras	San Barnab Ocotepec	Tizimaloya
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Cazulco
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Cazulco-Ocotenco
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Chichicaspa
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	El Mirador
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	El Negro
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	El Rincón
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	El Tejocote
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Gavilero
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Ixtlahualtongo
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Surco de Encinos
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Tierra Colorada
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Tierra Colorada (3a, 4a. Secc. y Durazno)
Magdalena Contreras	San Nicols Totolapan	Totolapan
Magdalena Contreras	Tlacoyaques (Programa Parcial)	Las Peitas

Alcaldía	Poblado	Nombre
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Arboledas
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Boulevard Lopez Portillo
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Camino Viejo a San Francisco
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Coatepec
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Don Diegoco
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Maxulco
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Noxcalco
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Olla de Piedra
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Prol. Zaragoza
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	San Isidro
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Santa Rosa
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Techultepec
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Tepetipac
Milpa Alta	San Antonio Tecomitl	Teuhtli
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Ampl. Tehuisco
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Apilintitla
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Copexalco
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Cruz Tlaltempa
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Huicalco
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Metenco
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Prol. Francisco I. Madero
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Prol. Nios Heroes
Milpa Alta	San Bartolome Xicomulco	Tepanoco
Milpa Alta	San Francisco Tecoxpa	Emiliano Zapata
Milpa Alta	San Francisco Tecoxpa	Prol. Independencia
Milpa Alta	San Francisco Tecoxpa	Xicalhuacan
Milpa Alta	San Jeronimo Miacatlan	Pipitonco
Milpa Alta	San Jeronimo Miacatlan	Prol. Roma Sur
Milpa Alta	San Jeronimo Miacatlan	Tepetlapa
Milpa Alta	San Juan Tepenahuac	Acalopa
Milpa Alta	San Juan Tepenahuac	Camino a San Diego
Milpa Alta	San Juan Tepenahuac	Palo Dulce (Bugambilias)
Milpa Alta	San Juan Tepenahuac	Tecpayo
Milpa Alta	San Lorenzo Tiacoyucan	Cuescomatepec (Tlacopac)
Milpa Alta	San Lorenzo Tiacoyucan	San Marcos

Alcaldía	Poblado	Nombre
Milpa Alta	San Lorenzo Tiacoyucan	Santa Cruz
Milpa Alta	San Nicolas Tetelco	Ampl. Guadalajara
Milpa Alta	San Nicolas Tetelco	El Tejocote
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Ahuatitla
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Apetatitla
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Atempa
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Chichilexca
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Corralixpa
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Coyucalco
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Cuametzu
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Cuauhtetec
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	El Carmen I
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	El Carmen II
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Eztahuacan
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Ismatunco
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Ocozimalixpa
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Prol. Benito Juarez
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Techali
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Tehuiztlipa
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Tenco
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Tepetlehualco
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Tetzacatzintla
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Texunco
Milpa Alta	San Pablo Oztotepec	Xiloxuchitl
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Achayaticpac
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Atlaxohacaya
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Atoctenco
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Ayotepéc
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Cuauhitonco
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	El Santuario
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	La Herradura
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Loma Bonita
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Malacaxco
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Matlahuacaloca
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Ocotitla

Alcaldía	Poblado	Nombre
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Prol. Justo Sierra
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	San Jose
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Tepexomulco
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Tetecoloc
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Tetepanco
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Tlalaxco
Milpa Alta	San Pedro Atocpan	Xaxalpa
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Ahuatlixpa Parte Baja
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Ayamantonco
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Coatepec Barrio Alto
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Coatepec Omaxac
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Cuilotepec
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Quechulapa
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Tlaxcultepec
Milpa Alta	San Salvador Cuauhtenco	Xoctongo
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Acamultitla
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Ahuatlixco
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Camino a San Miguel
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Cuacuauhtlipa
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	El Mecanico
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Floresco
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Morelos Sur
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Prol. Guadalupe Victoria
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Tlahuixpa
Milpa Alta	Santa Ana Tlacotenco	Tlicotoco
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Ampl. Miguel Hidalgo
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	La Mora
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Prol. Jalapa
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Prol. Veracruz
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Santa Marta Cosalan
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Tecamac
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Tepetenco
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Texixipezco
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Tlapalam
Milpa Alta	Villa Milpa Alta	Tlatzala

## Anexo 8. Colonias prioritarias para la instalación de SCALL

Estas colonias se definieron de acuerdo con el escenario calculado para el consumo en función del índice de marginación y cisternas de 5,000 L.

**Tabla 24. Colonias prioritarias para la instalación de SCALL**

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
XOCHIMILCO	SAN GREGORIO ATLAPULCO	0	3409	11704	15113	3727
XOCHIMILCO	PLAN DE AYALA	0	2806	3028	5834	1544
XOCHIMILCO	SANTA CECILIA TEPEITLAPA	352	177	3777	4306	1066
XOCHIMILCO	TEPETITLA	0	2256	1214	3470	903
XOCHIMILCO	SAN FRANCISCO TLALNEPANTLA	0	1160	1514	2674	682
XOCHIMILCO	DOLORES TLALI	0	0	2588	2588	674
XOCHIMILCO	DEL CARMEN	0	0	2217	2217	516
XOCHIMILCO	3A SECC LOS CERRILLOS	0	0	2015	2015	458
XOCHIMILCO	SAN ANDRES	0	777	1192	1969	467
XOCHIMILCO	TLAXOPAN 1RA Y 2DA SECC	0	189	1761	1950	498
XOCHIMILCO	AMPL NATIVITAS LA JOYA	205	0	1596	1801	427
XOCHIMILCO	SAN MIGUEL	0	1762	0	1762	427
XOCHIMILCO	TOLTENCO	0	0	1702	1702	404
XOCHIMILCO	LA CIENEGA CHICA	0	535	1166	1701	409
XOCHIMILCO	SANTA INES	0	940	591	1531	382
XOCHIMILCO	LA ASUNCION	0	0	1489	1489	340
XOCHIMILCO	PEDREGAL DE SAN FRANCISCO	0	0	1475	1475	346
XOCHIMILCO	CALTONGO	0	0	1452	1452	346
XOCHIMILCO	SAN JUAN TLAXIALTEMALCO	0	0	1418	1418	363
XOCHIMILCO	LOMAS DE NATIVITAS	0	0	1323	1323	328
XOCHIMILCO	TECACALANCO	0	273	1006	1279	325
XOCHIMILCO	EL ARENAL	0	1190	8	1198	365
XOCHIMILCO	GUADALUPE	0	0	1185	1185	302
XOCHIMILCO	VALLE VERDE	0	193	990	1183	304
XOCHIMILCO	LA JOYA DE VARGAS	0	0	1142	1142	257
XOCHIMILCO	DURAZNOTITLA	0	0	1058	1058	273
XOCHIMILCO	SANTIAGO TEPALCATLALPAN	0	20	977	997	241
XOCHIMILCO	TEJOMULCO EL ALTO	0	0	746	746	172
XOCHIMILCO	GUADALUPANA	0	0	541	541	131
XOCHIMILCO	SAN ANDRES AHUAYUCAN	0	318	193	511	133
XOCHIMILCO	LA GUADALUPIITA CENTRO	0	0	445	445	106
XOCHIMILCO	SAN JOSE	0	0	439	439	106
XOCHIMILCO	SANTIAGUITO	0	0	422	422	105
XOCHIMILCO	SANTA CRUZ DE GUADALUPE	0	0	382	382	92
XOCHIMILCO	SAN JUAN MINAS	0	0	381	381	85

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
XOCHIMILCO	VILLA SAN ISIDRO	0	307	0	307	96
XOCHIMILCO	NUEVA TOTOTITLA	0	0	278	278	64
XOCHIMILCO	2A SECC LOS CERRILLOS	0	0	252	252	63
XOCHIMILCO	SAN JUAN DE LOS LAGOS	0	247	0	247	67
XOCHIMILCO	LOS REYES	0	0	198	198	46
XOCHIMILCO	SANTA CRUZ CHAVARRIETA	0	48	133	181	41
XOCHIMILCO	EL CEDRAL	0	122	56	178	44
XOCHIMILCO	AMPL NATIVITAS	0	0	166	166	37
XOCHIMILCO	AMPL SAN MARCOS NORTE	0	0	165	165	30
XOCHIMILCO	CHAPULTEPEC	0	162	0	162	49
XOCHIMILCO	SAN JUAN MOYOTEPEC	0	0	146	146	41
XOCHIMILCO	TLALTEPETLA	0	0	125	125	27
XOCHIMILCO	BARRIO LAS FLORES	117	0	0	117	32
XOCHIMILCO	SAN JOSE ZACATEPEC	0	0	105	105	21
XOCHIMILCO	TEHUIXTITLA	0	0	95	95	27
XOCHIMILCO	INFONAVIT DIVISION DEL NORTE	0	0	90	90	22
XOCHIMILCO	ACOCA	0	48	27	75	21
XOCHIMILCO	SAN MATEO XALPA	0	32	42	74	22
XOCHIMILCO	JAZMIN	29	0	25	54	15
XOCHIMILCO	SAN LORENZO	0	0	29	29	6
XOCHIMILCO	EL MIRADOR	0	0	12	12	4
TLALPAN	SAN MIGUEL TOPILEJO	0	14680	6737	21417	5234
TLALPAN	SAN MIGUEL AJUSCO	50	9056	7298	16404	4417
TLALPAN	SANTO TOMAS AJUSCO	0	4015	7188	11203	2693
TLALPAN	BOSQUES DEL PEDREGAL	0	3936	7093	11029	2698
TLALPAN	MAGDALENA PETLACALCO	0	5890	2870	8760	2025
TLALPAN	SAN ANDRES TOTOLTEPEC	0	3965	2284	6249	1593
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 4TA SECC	0	0	5921	5921	1672
TLALPAN	LA MESA	0	0	4931	4931	1197
TLALPAN	SAN MIGUEL XICALCO	0	2324	2226	4550	1087
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 3RA SECC	0	751	3325	4076	1151
TLALPAN	2 DE OCTUBRE	0	48	4022	4070	1018
TLALPAN	CHICHICASPTL	0	360	2481	2841	744
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 5TA SECC	0	0	2825	2825	720
TLALPAN	LOMAS DE CUILOTEPEC	0	0	2628	2628	679

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
TLALPAN	VISTAS DEL PEDREGAL	0	67	2498	2565	620
TLALPAN	SECTOR 17	0	0	1941	1941	496
TLALPAN	LAS FLORES	0	1291	372	1663	410
TLALPAN	PEDREGAL DE AMINCO	0	0	1554	1554	381
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 2DA SECC	0	0	1527	1527	424
TLALPAN	RINCON DEL MIRADOR II	0	0	1517	1517	392
TLALPAN	OCOTLA	0	0	1451	1451	341
TLALPAN	TECUENTITLA	0	1421	0	1421	495
TLALPAN	SANTA CRUZ	0	0	1324	1324	313
TLALPAN	LA GUADALUPANA	0	1273	0	1273	307
TLALPAN	HEROES DE PADIerna	0	0	1106	1106	344
TLALPAN	SAN MIGUEL TEHUISCO	0	0	1084	1084	263
TLALPAN	PEDREGAL DE SAN NICOLAS 1A SECCION	0	0	1062	1062	319
TLALPAN	SOLIDARIDAD	0	0	1048	1048	265
TLALPAN	LOMAS DE PADIerna	0	278	622	900	278
TLALPAN	UCHILLA DE PADIerna	0	0	713	713	221
TLALPAN	CULTURA MAYA	0	0	560	560	168
TLALPAN	SAN NICOLAS II	0	326	200	526	133
TLALPAN	SAN MIGUEL TOXIAC	0	0	485	485	127
TLALPAN	JARDINES DE SAN JUAN	0	448	0	448	120
TLALPAN	TORRES DE PADIerna	0	0	401	401	111
TLALPAN	RINCON DEL MIRADOR I	0	0	346	346	101
TLALPAN	JOSE LOPEZ PORTILLO	0	0	331	331	96
TLALPAN	LOS ARCOS	0	321	0	321	78
TLALPAN	LA VENTA	0	313	0	313	69
TLALPAN	PRADOS AJUSCO	0	306	0	306	84
TLALPAN	LA QUINTA	0	295	0	295	76
TLALPAN	LOS ENCINOS	0	0	249	249	70
TLALPAN	BELVEDERE	0	0	242	242	60
TLALPAN	POPULAR SANTA TERESA	0	0	234	234	75
TLALPAN	CHIMILLI	0	0	212	212	55
TLALPAN	BOSQUE DE TLALPAN	0	0	178	178	64
TLALPAN	MIGUEL HIDALGO 2A SECCION	0	0	178	178	65
TLALPAN	LIBERTAD	0	164	0	164	43
TLALPAN	LOMAS ALTAS DE PADIerna SUR	0	0	151	151	43

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
TLALPAN	TEQUIMILA	0	150	0	150	36
TLALPAN	AMPL MIGUEL HIDALGO 3A SECCION	0	0	130	130	52
TLALPAN	LA PALMA	0	0	80	80	25
TLALPAN	ZONA RUSTICA	0	0	69	69	21
TLALPAN	AMPL LA VENTA	0	67	0	67	18
TLALPAN	EJIDOS SAN ANDRES	0	0	48	48	17
TLALPAN	MIGUEL HIDALGO 1A. SECCION	0	0	35	35	16
TLALPAN	CANTERA	0	0	20	20	4
TLALPAN	TLAXACALTENGO (LA MESA)	0	0	14	14	5
TLALPAN	EL ZACATON	0	12	0	12	2
TLALPAN	JARDINES DEL AJUSCO	0	0	11	11	4
TLALPAN	EJIDOS DE SN PEDRO MARTIR	0	0	8	8	3
TLALPAN	LOMAS DE BELVEDERE	0	0	8	8	3
TLAHUAC	LA ESTACION	0	0	6392	6392	1573
TLAHUAC	AMPL LA CONCHITA	41	376	2002	2419	606
TLAHUAC	BARRIO CONCEPCION	0	0	1375	1375	356
TLAHUAC	BARRIO SAN MIGUEL MIXQUIC	0	0	1283	1283	357
TLAHUAC	MORELOS	0	917	0	917	262
TLAHUAC	BARRIO LA GUADALUPE	0	0	899	899	241
TLAHUAC	SANTA CATARINA AMPLIACION	0	0	462	462	127
TLAHUAC	TIERRA BLANCA	0	406	0	406	139
TLAHUAC	AMPL JOSE LOPEZ PORTILLO	0	0	403	403	98
TLAHUAC	EL ROSARIO	0	342	0	342	79
TLAHUAC	QUIAHUATLA	0	0	308	308	81
TLAHUAC	ZONA RUSTICA	0	0	262	262	63
TLAHUAC	SAN MIGUEL YECAHUIZOTL	0	0	238	238	68
TLAHUAC	JARDINES DEL LLANO	0	0	226	226	58
TLAHUAC	GUADALUPE YECAHUIZOTL	0	0	181	181	44
TLAHUAC	SANTA CRUZ MIXQUIC	0	0	153	153	37
TLAHUAC	AMPL SAN MIGUEL TLAHUAC	0	0	142	142	41
TLAHUAC	TEPANTITLAMILCO	0	0	82	82	22
TLAHUAC	PUEBLO TUYEHUALCO	0	35	23	58	14
TLAHUAC	PUEBLO SAN FRANCISCO TLALTENCO	0	0	47	47	11
TLAHUAC	SAN FRANCISCO TLALTENCO	0	0	36	36	19
TLAHUAC	SAN MIGUEL	0	0	33	33	8

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
TLAHUAC	SELENE 1A SECCION	0	0	19	19	8
TLAHUAC	BARRIO LA MAGDALENA	0	0	17	17	4
TLAHUAC	AMPL LOS OLIVOS	0	0	13	13	5
TLAHUAC	AMPL SELENE	0	0	12	12	5
TLAHUAC	BARRIO LA LUPITA	0	0	8	8	5
MILPA ALTA	SAN SALVADOR CUAUHTENCO	0	2085	5885	7970	1987
MILPA ALTA	SAN BARTOLOME XICOMULCO	0	1965	3841	5806	1600
MILPA ALTA	BARRIO SAN JUAN	0	840	2476	3316	867
MILPA ALTA	BARRIO SAN MIGUEL	0	951	1578	2529	675
MILPA ALTA	SAN FRANCISCO TECOXPA	0	2076	42	2118	595
MILPA ALTA	BARRIO OCOTITLA	0	1765	0	1765	505
MILPA ALTA	BARRIO TLACPAC	0	77	1485	1562	396
MILPA ALTA	BARRIO NUCHTLA	0	1417	0	1417	423
MILPA ALTA	SAN LORENZO TLACOYUCAN	0	1109	283	1392	413
MILPA ALTA	BARRIO TECAXTITLA	0	1074	300	1374	392
MILPA ALTA	BARRIO SANTA CRUZ	0	985	190	1175	319
MILPA ALTA	BARRIO LA LUZ	0	489	643	1132	296
MILPA ALTA	BARRIO SANTA MARTHA	0	0	1073	1073	287
MILPA ALTA	BARRIO AMPL SANTA MARTHA	0	506	338	844	214
MILPA ALTA	BARRIO LOS ANGELES	0	331	478	809	214
MILPA ALTA	BARRIO CENTRO	0	0	789	789	207
MILPA ALTA	CENTRO SAN PABLO OZTOTEPEC	0	409	319	728	179
MILPA ALTA	BARRIO SAN AGUSTIN	0	493	223	716	206
MILPA ALTA	SAN JOSE	0	101	605	706	208
MILPA ALTA	BARRIO SAN MATEO	0	0	698	698	207
MILPA ALTA	BARRIO TULA	0	426	0	426	121
MILPA ALTA	BARRIO LA CONCEPCION	0	387	20	407	108
MILPA ALTA	PUEBLO SAN AGUSTIN OHTENCO	0	0	383	383	99
MILPA ALTA	SAN MARCOS TLACOTENCO	0	263	16	279	78
MILPA ALTA	BARRIO CRUZTITLA	0	219	0	219	56
MILPA ALTA	SANTA ANA TLACOTENCO	0	0	141	141	40
MILPA ALTA	PUEBLO SAN JUAN TEPENAHUAC	0	101	0	101	25
MILPA ALTA	NOXALCO	0	0	51	51	13
MILPA ALTA	BARRIO GUADALUPITA	0	30	0	30	10
MILPA ALTA	PUEBLO SAN JERONIMO MIACATLAN	0	13	0	13	3

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
LA MAGDALENA CONTRERAS	PUEBLO SAN NICOLAS TOTOLAPAN	696	3420	3437	7553	1799
LA MAGDALENA CONTRERAS	OCOTAL	0	14	2228	2242	577
LA MAGDALENA CONTRERAS	HUAYATLA	0	0	1731	1731	494
LA MAGDALENA CONTRERAS	POTRERILLO	0	0	1596	1596	440
LA MAGDALENA CONTRERAS	LA CARBONERA	0	0	1360	1360	371
LA MAGDALENA CONTRERAS	LOMAS DE SAN BERNABE	0	0	1335	1335	360
LA MAGDALENA CONTRERAS	PUEBLO LA MAGDALENA CONTRERAS	0	35	1107	1142	277
LA MAGDALENA CONTRERAS	LOS PADRES	0	0	784	784	234
LA MAGDALENA CONTRERAS	EL ROSAL	0	0	582	582	167
LA MAGDALENA CONTRERAS	PUEBLO NUEVO ALTO	0	0	399	399	112
LA MAGDALENA CONTRERAS	EL TANQUE	0	0	372	372	114
LA MAGDALENA CONTRERAS	RINCON DE TLACUILOTITLA	0	0	220	220	61
LA MAGDALENA CONTRERAS	SAN BARTOLO AMEYALCO	0	0	180	180	55
LA MAGDALENA CONTRERAS	TIERRA UNIDA	0	0	82	82	23
LA MAGDALENA CONTRERAS	LAS HUERTAS	0	0	77	77	23
IZTAPALAPA	XALPA	0	955	10077	11032	2725
IZTAPALAPA	SANTIAGO ACAHUALTEPEC	0	0	8071	8071	2055
IZTAPALAPA	AMPL Z URB EJ STA MARIA AZTAHUACAN	0	0	5254	5254	1346
IZTAPALAPA	Z URB EJ STA MARIA AZTAHUACAN	0	0	4620	4620	1182
IZTAPALAPA	SANTA MARIA AZTAHUACAN	0	0	3834	3834	933
IZTAPALAPA	HUITZICO	0	0	2824	2824	639
IZTAPALAPA	BARRIO SAN ANTONIO	0	0	2218	2218	584
IZTAPALAPA	ZONA RUSTICA	0	0	2144	2144	525
IZTAPALAPA	CHINAMPAC DE JUAREZ	0	0	1833	1833	469
IZTAPALAPA	LOMAS DE SANTA CRUZ	0	0	1784	1784	433
IZTAPALAPA	LOMAS DE LA ESTANCIA	0	0	1480	1480	349
IZTAPALAPA	LOMAS DE SAN LORENZO	0	0	1401	1401	374
IZTAPALAPA	LAS CRUCES	0	0	1280	1280	322
IZTAPALAPA	BARRIO SAN LORENZO TEZONCO	0	0	792	792	202
IZTAPALAPA	1RA AMPL SANTIAGO ACAHUALTEPEC	0	0	779	779	204
IZTAPALAPA	TENORIOS	0	0	751	751	183
IZTAPALAPA	PARQUE NACIONAL CERRO DE LA ESTRELLA	0	639	51	690	167
IZTAPALAPA	DESARROLLO URBANO QUETZALCOATL	0	0	650	650	143
IZTAPALAPA	AMPL EMILIANO ZAPATA	0	0	504	504	115
IZTAPALAPA	SAN MIGUEL TEOTONGO(SECC GUADALUPE)	0	0	473	473	111

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
IZTAPALAPA	ZONA URB STA MARTHA ACATITLA NORTE	0	0	372	372	92
IZTAPALAPA	SAN MIGUEL TEOTONGO(SECC LA CRUZ)	0	0	365	365	90
IZTAPALAPA	CONGRESO AGRARISTA MEXICANO	0	0	350	350	99
IZTAPALAPA	MIGUEL DE LA MADRID HURTADO	0	0	240	240	56
IZTAPALAPA	LOMAS DE ZARAGOZA	0	0	214	214	50
IZTAPALAPA	BUENAVISTA	0	0	197	197	50
IZTAPALAPA	SAN PABLO II	0	0	174	174	37
IZTAPALAPA	POTRERO DE LA LUNA	0	0	122	122	27
IZTAPALAPA	EL ROSARIO	0	0	113	113	41
IZTAPALAPA	EL MOLINO TEZONCO	0	0	110	110	38
IZTAPALAPA	SAN FRANCISCO APOLOCALCO	0	0	87	87	20
IZTAPALAPA	2DA AMPL SANTIAGO ACAHUALTEPEC	0	0	69	69	21
IZTAPALAPA	LUIS ECHEVERRIA ALVAREZ	0	0	42	42	15
IZTAPALAPA	SAN PABLO I	0	0	19	19	4
IZTAPALAPA	GUADALUPE DEL MORAL	0	0	15	15	6
IZTAPALAPA	CONJ URBANO POP ERMITA ZARAGOZA	0	0	9	9	4
IZTAPALAPA	VALLE DE SAN LORENZO	0	0	8	8	3
IZTAPALAPA	EX HACIENDA SAN NICOLAS TOLENTINO	0	0	5	5	3
IZTACALCO	JUVENTINO ROSAS	0	0	2821	2821	830
IZTACALCO	LA ASUNCION	0	0	8	8	3
GUSTAVO A. MADERO	TLALPEXCO	0	228	6794	7022	1781
GUSTAVO A. MADERO	AMPL MALACATES	0	0	6035	6035	1556
GUSTAVO A. MADERO	MALACATES	0	0	4533	4533	1195
GUSTAVO A. MADERO	LA CANDELARIA TICOMAN	0	0	4511	4511	1182
GUSTAVO A. MADERO	VISTA HERMOSA	0	0	2455	2455	662
GUSTAVO A. MADERO	LA PASTORA	0	0	1835	1835	466
GUSTAVO A. MADERO	AMPL ARBOLEDAS DE CUAUTEPEC EL ALTO	0	0	1192	1192	304
GUSTAVO A. MADERO	AHUEHUETES	0	0	1078	1078	264
GUSTAVO A. MADERO	LA CASILDA	0	0	1054	1054	270
GUSTAVO A. MADERO	CASTILLO GRANDE	0	0	879	879	222
GUSTAVO A. MADERO	LOMAS DE SAN JUAN IXHuatepec (2A SECCION)	0	0	794	794	175
GUSTAVO A. MADERO	6 DE JUNIO	0	0	768	768	194
GUSTAVO A. MADERO	GRANJAS MODERNAS	0	78	667	745	189
GUSTAVO A. MADERO	GRAL FELIPE BERRIEZABAL	0	0	338	338	85
GUSTAVO A. MADERO	PARQUE DEL METROPOLITANO	0	0	258	258	76

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
GUSTAVO A. MADERO	VERONICA CASTRO	0	0	225	225	61
GUSTAVO A. MADERO	LUIS DONALDO COLOSIO MURRIETA	0	0	187	187	53
GUSTAVO A. MADERO	SANTA ISABEL TOLA	0	0	55	55	12
GUSTAVO A. MADERO	AMPL GABRIEL HERNANDEZ	0	0	33	33	9
CUAJIMALPA DE MORELOS	DESIERTO DE LOS LEONES	0	3065	4290	7355	1875
CUAJIMALPA DE MORELOS	SAN PABLO CHIMALPA	0	97	6952	7049	1662
CUAJIMALPA DE MORELOS	LOMAS DEL PADRE	0	211	5665	5876	1444
CUAJIMALPA DE MORELOS	LA PILA	0	0	3172	3172	737
CUAJIMALPA DE MORELOS	LAS LAJAS	0	0	2215	2215	509
CUAJIMALPA DE MORELOS	CRUZ BLANCA	0	803	1393	2196	552
CUAJIMALPA DE MORELOS	XALPA	0	0	1528	1528	375
CUAJIMALPA DE MORELOS	CUAJIMALPA	0	0	429	429	98
CUAJIMALPA DE MORELOS	SAN LORENZO ACOPILCO	0	0	368	368	85
CUAJIMALPA DE MORELOS	ZENTLAPATL	0	0	220	220	48
CUAJIMALPA DE MORELOS	ZONA RUSTICA	5	3	96	104	26
CUAJIMALPA DE MORELOS	JESUS DEL MONTE	0	0	82	82	23
CUAJIMALPA DE MORELOS	AHUATENCO	0	0	65	65	21
CUAJIMALPA DE MORELOS	VALLE DE LAS MONJAS	17	0	0	17	8
CUAJIMALPA DE MORELOS	SAN MATEO TLALTENANGO	0	0	16	16	6
COYOACAN	AJUSCO	0	0	352	352	120
COYOACAN	PEDREGAL SANTA URSULA	0	0	79	79	30
COYOACAN	SANTO DOMINGO	0	0	70	70	28
COYOACAN	PEDREGAL DE SANTO DOMINGO	0	0	35	35	13
COYOACAN	ADOLFO RUIZ CORTINES	0	0	25	25	11
AZCAPOTZALCO	INFONAVIT EL ROSARIO	0	0	482	482	125
AZCAPOTZALCO	INDUSTRIAL VALLEJO	0	0	101	101	30
ALVARO OBREGON	SANTA ROSA XOCHIAC	0	1237	352	1589	414
ALVARO OBREGON	ALCANTARILLA	0	0	1442	1442	444
ALVARO OBREGON	LOMAS DEL CAPULIN	0	0	1249	1249	295
ALVARO OBREGON	TORRES DE POTRERO	0	0	483	483	145
ALVARO OBREGON	RANCHO SAN FRANCISCO	0	326	146	472	121
ALVARO OBREGON	EL ENCINO	0	0	386	386	97
ALVARO OBREGON	PARAJE DEL CABALLITO	0	0	292	292	71
ALVARO OBREGON	CRISTO REY	0	0	268	268	88
ALVARO OBREGON	RINCON DE LA BOLSA	0	0	248	248	76

Alcaldía	Colonia	Pob Alta a Baja	Pob Alta a Media	Pob Media a Baja	Población con mejora	Viviendas con mejora
ALVARO OBREGON	EL MIRADOR	0	0	185	185	59
ALVARO OBREGON	LOMAS DE LOS CEDROS	0	0	51	51	15
ALVARO OBREGON	JALAPA TEPITO 2A AMPLIACION	0	0	43	43	15
ALVARO OBREGON	SAN GABRIEL	0	0	41	41	18
ALVARO OBREGON	OLIVAR DE LOS PADRES	0	0	38	38	36
ALVARO OBREGON	2DA AMPLIACION JALALPA EL GRANDE	0	0	8	8	3
ALVARO OBREGON	LOMAS DE LA HERA	0	0	8	8	4

[www.islaurbana.org](http://www.islaurbana.org)

[www.oxfammexico.org](http://www.oxfammexico.org)

2019



Material realizado con el apoyo de Oxfam Hong Kong. Su contenido es responsabilidad exclusiva de quien lo publica y no refleja los puntos de vista de Oxfam Hong Kong.