



# PRIMER INFORME

NOVIEMBRE – 2012

**Creatividad y Tecnología**

C/ José Ortega y Gasset 6, 4ª Planta

28006 Madrid

España

Tel: (34) 91 578 13 36

Fax: (34) 91 435 06 33

cytsa@cytsa.com

[www.cytsa.com](http://www.cytsa.com)

**Miranda, Arana, Velasco, S.C.**

Blvd. Atlixco · 2712

Residencial Esmeralda

C.P.72400 Puebla, Pue.

Tel: (222) 141 95 00

mavrepcion@mav.mx

[www.mav.mx](http://www.mav.mx)





## Índice

<b>1</b>	<b>Antecedentes, objetivos y alcances.....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Objetivos y alcance.....	3
<b>2</b>	<b>Delimitación del área de estudio.....</b>	<b>5</b>
2.1	Límites geográficos o hidrológicos.....	5
2.2	Límites hidrológico-administrativos .....	8
2.3	Ámbitos y Áreas de estudio .....	9
<b>3</b>	<b>Descripción de la situación actual.....</b>	<b>11</b>
3.1	El agua en el marco de las tendencias del desarrollo urbano y social del Valle de México .....	12
3.1.1	La problemática del agua en el Valle de México – antecedentes históricos.....	13
3.1.2	Factores demográficos y territoriales que inciden en el problema del agua .....	16
3.2	Disponibilidad del agua .....	18
3.2.1	Aguas superficiales .....	20
3.2.2	Aguas subterráneas .....	25
3.2.3	Disponibilidad total .....	27
3.3	Administración de usos y demandas .....	29
3.3.1	Usos existentes.....	30
3.3.2	Explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales .....	34
3.3.3	Demandas.....	42
3.4	Balance hídrico.....	51
3.4.1	Aguas superficiales .....	52
3.4.2	Aguas subterráneas .....	55
3.5	Calidad del agua.....	57
3.5.1	Zona de Estudio – Calidad del Agua .....	59
3.5.2	Problemática.....	60
3.5.3	Avances y perspectivas .....	69
3.5.4	Conclusiones.....	70
3.6	Hundimiento del terreno causado por la sobreexplotación .....	71

3.6.1	Zona de Estudio – hundimientos .....	73
3.6.2	Problemática.....	74
3.6.3	Avances y perspectivas.....	79
3.7	Servicios de abastecimiento de agua.....	83
3.7.1	Fuentes de abastecimiento .....	84
3.7.2	Distribución de agua potable .....	98
3.8	Saneamiento de aguas residuales .....	106
3.8.1	Servicio de alcantarillado y drenaje.....	107
3.8.2	Tratamiento .....	112
3.8.3	Reúso de agua residual .....	117
3.9	Inundaciones y medidas de mitigación.....	119
3.9.1	Antecedentes y situación en el actual contexto de cambio climático .....	120
3.9.2	Infraestructura del sistema hidrológico de evacuación .....	126
3.9.3	Protocolo de actuación ante emergencias.....	132
3.10	Marco Institucional vigente .....	135
3.10.1	Administración del agua – aguas nacionales .....	139
3.10.2	Administración de las aguas sujetas a la jurisdicción de los Estados ....	147
3.10.3	Aguas que pueden ser apropiadas por los particulares.....	147
3.10.4	Abastecimiento de agua potable .....	148
3.10.5	Tratamiento de aguas residuales y su reúso .....	159
3.10.6	Gestión de las Aguas Pluviales.....	163
3.11	Finanzas del agua .....	172
3.11.1	Finanzas del agua – distribución de competencias .....	176
3.11.2	Finanzas del agua – los ingresos del sector en el Valle de México.....	186
3.11.3	Finanzas del agua – los egresos del sector en el Valle de México.....	192
3.11.4	Balance financiero: Gestión Integral del agua en el Valle de México.....	196
3.11.5	Balance financiero: perspectivas para el futuro .....	200
3.11.6	Análisis de Tarifas por la prestación de los servicios .....	202
<b>4</b>	<b>Diagnóstico y perspectivas hídricas en el contexto del cambio climático .</b>	<b>209</b>
4.1	Administración de las aguas nacionales.....	209
4.1.1	Estudios y determinación de la disponibilidad.....	210
4.1.2	Registro de aprovechamientos .....	210
4.1.3	Inspección, verificación e instauración de procedimientos .....	211
4.1.4	Bancos del agua.....	212
4.1.5	Coordinación interinstitucional .....	213

4.1.6	Conclusiones.....	214
4.2	Abastecimiento de agua .....	215
4.2.1	Suficiencia.....	216
4.2.2	Salubridad y aceptabilidad .....	221
4.2.3	Accesibilidad .....	223
4.2.4	Asequibilidad .....	225
4.2.5	Conclusiones.....	227
4.3	Saneamiento y reúso de agua.....	228
4.3.1	Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.....	229
4.3.2	Reúso .....	236
4.3.3	Gestión .....	239
4.3.4	Conclusiones.....	241
4.4	Gestión de las aguas pluviales.....	242
4.4.1	Infraestructura de drenaje.....	243
4.4.2	Hundimiento de la ciudad de México.....	247
4.4.3	Gestión .....	248
4.4.4	Conclusiones.....	251
<b>5</b>	<b>Diagnóstico y perspectivas del marco institucional y financiero de la gestión del agua en el Valle de México .....</b>	<b>253</b>
5.1	Organización Institucional: Distribución de responsabilidades funcionales y mecanismos de coordinación existentes .....	253
5.1.1	Distribución general de las competencias .....	253
5.1.2	Aspectos jurídicos.....	255
5.1.3	Evaluación general de las perspectivas institucionales de la gestión del agua en el Valle de México.....	260
5.1.4	Conclusiones.....	263
5.2	Finanzas del agua: Fuentes de financiamiento, mecanismos de recuperación de costos, áreas deficitarias y subsidios .....	265
5.2.1	Estructura actual y problemática estructural del financiamiento de la gestión del agua en el Valle de México .....	265
5.2.2	Balance global de necesidades contra disponibilidad de recursos - problemática básica y perspectivas.....	268
5.2.3	Conclusiones.....	270
5.3	Identificación de problemas críticos actuales y prospectiva .....	272
<b>6</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>277</b>

6.1	Bibliografía.....	277
6.2	Entrevistas.....	282
7	<b>Glosario de Términos.....</b>	<b>287</b>

## Índice de figuras

Figura 1:	Límites hidrológicos de la RHA XIII .....	5
Figura 2:	Acuíferos de la RHA XIII .....	7
Figura 3:	División administrativa del Valle de México.....	9
Figura 4:	El Valle de México alberga la ciudad más grande del mundo, situada sobre un lago. ....	13
Figura 5:	Tendencias del crecimiento demográfico en el Valle de México.....	16
Figura 6:	Evolución reciente de la población por rangos de población en el Valle de México. ....	17
Figura 7:	Evolución de la mancha urbana en el Valle de México. ....	17
Figura 8:	Volúmenes concesionados por usos consuntivos. ....	44
Figura 9:	Evolución del volumen concesionado por aprovechamiento. ....	44
Figura 10:	Evolución del volumen concesionado en D.F.....	45
Figura 11:	Evolución del volumen concesionado en el Estado de México.....	46
Figura 12:	Evolución del volumen concesionado en el Estado de Hidalgo. ....	46
Figura 13:	Evolución del volumen concesionado en el Estado de Tlaxcala.....	47
Figura 14:	Gráfico comparativo de cuencas para el balance de agua superficial (unidades en hm <sup>3</sup> ). ....	54
Figura 15:	Gráfico comparativo de cuencas para el balance de agua subterránea (unidades en hm <sup>3</sup> ).....	56
Figura 16:	Fuentes de Abastecimiento de la Cuenca del Valle de México.....	59
Figura 17:	Flujo de las descargas de aguas negras de la Ciudad de México hacia el Valle del Mezquital.....	60
Figura 18:	Zona del acuífero de la Ciudad de México. ....	63
Figura 19:	Pozos del Sistema PAI.....	65
Figura 20:	Pozos del Sistema Lerma (ubicación de manantiales y basureros).....	67
Figura 21:	Localización de aprovechamientos muestreados para la caracterización hidrogeoquímica y de calidad el agua. ....	69
Figura 22:	Cinturón Volcánico Mexicano (Faja o Eje Volcánico Transmexicano). Fuentes: Leyva S. E. 2010 y Carrión F. D. ,2006.....	74
Figura 23:	Ubicación de los antiguos lagos del Valle de México. Fuente: 2012, Auvinet G.....	74
Figura 24:	Correspondencia entre la extracción de agua subterránea y el hundimiento de terreno en la zona centro de la Ciudad de México; Fuente Lesser, 1998.....	76
Figura 25:	Correspondencia entre la extracción de agua subterránea y el hundimiento de	

	terreno en la zona sur de la Ciudad de México; Fuente Lesser, 1998 .....	76
Figura 26:	Registro histórico del hundimiento del terreno en varios puntos de la Ciudad de México. ....	78
Figura 27:	Hundimiento del terreno en la Ciudad de México 1891 -1994.....	78
Figura 28:	Hundimiento del terreno en la Ciudad de México 1983 -1992.....	79
Figura 29:	Esquema conceptual de sedimentación fluvio lacustre en una cuenca cerrada de origen volcánico, con actividad contemporánea a la sedimentación como es el caso de la Cuenca del Valle de México (Carrión, 2006).....	80
Figura 30:	Registro histórico y predicción del hundimiento del fondo del Gran Canal del Desague. ....	82
Figura 31:	Caudal suministrado por el S. Lerma.....	86
Figura 32:	Distribución de los ramales del Sistema PAI. ....	88
Figura 33:	Caudal suministrado por el PAI mensualmente, año 2010.....	90
Figura 34:	Evolución del caudal suministrado por el PAI. ....	91
Figura 35:	Esquema del desarrollo del S. Cutzamala por fases.....	92
Figura 36:	Perfil del S. Cutzamala. ....	93
Figura 37:	Esquema del Macrocircuito y Acuaférico.....	94
Figura 38:	Caudal suministrado por el S. Cutzamala, 2010.....	97
Figura 39:	Procesos de potabilización utilizados en la Región.....	99
Figura 40:	Cobertura de agua potable en la Región (2010). ....	101
Figura 41:	Disposición de agua potable en las viviendas. ....	103
Figura 42:	Vista aérea del Gran Canal. ....	108
Figura 43:	Infraestructura de drenaje en la Ciudad de México.....	109
Figura 44:	Evolución de las zonas de descarga de agua residual. ....	111
Figura 45:	Evolución del porcentaje de la cobertura de alcantarillado por entidad federativa. ....	111
Figura 46:	Evolución del porcentaje de la cobertura de alcantarillado por subregión.....	112
Figura 47:	Proceso de inspección en el cárcamo de la planta de bombeo de agua residual 18+500.....	115
Figura 48:	Distritos de riego en Tula. ....	118
Figura 49:	Crecimiento de la mancha urbana sobre los lagos del Valle de México.....	121
Figura 50:	Gráfico que refleja el hundimiento de la Ciudad de México.....	122
Figura 51:	Frecuencia mensual de inundaciones. ....	124

Figura 52:	Tendencia del volumen de lluvia/año. ....	125
Figura 53:	Tendencia del número de eventos de lluvia. ....	125
Figura 54:	Sistema de Drenaje del Valle de México. ....	128
Figura 55:	Volumen de agua evacuada de Ciudad de México en 1975.....	131
Figura 56:	Volumen de agua evacuada de Ciudad de México en 2011.....	132
Figura 57:	Conceptos principales de finanzas públicas. ....	175
Figura 58:	Áreas funcionales asociadas a la gestión integral del agua en el Valle de México.	177
Figura 59:	Matriz de competencias en finanzas del agua en el Valle de México.....	177
Figura 60:	Recaudación por derechos federales 2009-2011 (pesos corrientes).....	186
Figura 61:	Proporción de los derechos recaudados en el OCAVM respecto del total nacional 2009-2011. ....	187
Figura 62:	Composición de los derechos recaudados en el OCAVM 2011.....	187
Figura 63:	Crecimiento de la recaudación de derechos en el OCAVM.....	188
Figura 64:	Evolución de la recaudación en la CAEM (millones de pesos). ....	189
Figura 65:	Composición reciente de la recaudación en CAEM (millones de pesos). ....	189
Figura 66:	Eficiencia recaudatoria de CAEM por fuente de abastecimiento. ....	190
Figura 67:	Evolución de la recaudación en los organismos operadores (miles de pesos). ....	190
Figura 68:	Crecimiento de la recaudación de los organismos operadores. ....	191
Figura 69:	Integración de la recaudación acumulada en el periodo 2009-2011.....	192
Figura 70:	Costo operativo total – Gestión del Agua en el Valle de México. ....	194
Figura 71:	Componentes de los costos operativos – Gestión del Agua en el Valle de México. ....	195
Figura 72:	Evolución de los costos de inversión – Gestión del Agua en el Valle de México. ....	195
Figura 73:	Componentes de los costos de inversión – Gestión del Agua en el Valle de México. ....	196
Figura 74:	Balance Financiero 2010-2011 – Gestión del Agua en el Valle de México. ....	197
Figura 75:	Déficit financiero (acumulado 2010-2011) como proporción de conceptos seleccionados.....	199
Figura 76:	Sustentabilidad financiera de los sistemas Cutzamala y PAI.....	200
Figura 77:	Evolución de la recaudación y los requerimientos financieros del sector en el horizonte 2013-2030. ....	202
Figura 78:	Comparativo de tarifas de uso doméstico por rangos de consumos, 2010.....	203
Figura 79:	Evolución de las tarifas en el Distrito Federal, 2005-2010.....	204
Figura 80:	Evaluación de la recaudación en algunos Organismos Operadores. ....	205

Figura 81: Pozos registrados en el REPDA (izq.) vs. pozos censados en 2007 en el Valle de México. ....	211
Figura 82: Conductas sancionables identificadas a partir de visitas de inspección entre 2007 y agosto de 2010. ....	212
Figura 83: Distribución de agua en pipas. ....	218
Figura 84: Trabajos al interior de una de las plantas de bombeo del sistema Cutzamala. ...	226
Figura 85: Contaminación del recurso hídrico. ....	228
Figura 86: Labores de mantenimiento y reparación en el Túnel Emisor Central. ....	230
Figura 87: Bombeo de aguas residuales.....	232
Figura 88: Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella. ....	235
Figura 89: Vista panorámica de avance de obras de la PTAR Atotonilco.....	238
Figura 90: Medidas de mitigación ante el cambio climático.....	252
Figura 91: Medidas de adaptación ante el cambio climático.....	252
Figura 92: Representación esquemática de la distribución de competencias en la gestión del agua en el Valle de México. ....	255
Figura 93: Representación gráfica de la distribución de atribuciones y estado de la coordinación institucional. ....	260
Figura 94: Síntesis de la problemática asociada a las finanzas del agua en el Valle de México .....	269

## Índice de tablas

Tabla 1:	Subcuencas en la Región XIII Aguas del Valle de México. ....	6
Tabla 2:	Acuíferos en la Región XIII Aguas del Valle de México. ....	8
Tabla 3:	Estructura política de la Región XIII – Aguas del Valle de México. ....	9
Tabla 4:	Ámbitos y áreas de estudio del proyecto. ....	10
Tabla 5:	Evolución en la tasa de extracción de aguas subterráneas en la ciudad de México .....	14
Tabla 6:	Evolución de la población en el Distrito Federal y el Valle de México 1900-2010..	16
Tabla 7:	Valores medios anuales del ciclo hidrológico en la Región Hidrológico-Administrativa XIII. ....	19
Tabla 9:	Principales características de las subcuencas del Río Tula. ....	21
Tabla 10:	Precipitación media anual de las subcuencas del Valle de México. ....	22
Tabla 11:	Disponibilidad de agua superficial en el Valle de México. ....	23
Tabla 12:	Precipitación media anual de las subcuencas del Río Tula. ....	24
Tabla 13:	Disponibilidad de agua superficial en el Río Tula. ....	25
Tabla 14:	Disponibilidad natural de agua subterránea de la cuenca de Valle de México. ....	26
Tabla 15:	Disponibilidad natural de agua subterránea de la cuenca del Río Tula. ....	27
Tabla 16:	Indicador de Falkenmark para la disponibilidad de agua por habitante y año. ....	27
Tabla 17:	Disponibilidad natural de agua TOTAL de la cuenca de Valle de México. ....	28
Tabla 18:	Disponibilidad natural de agua TOTAL de la cuenca del Río Tula. ....	28
Tabla 19:	Prelación de los usos del agua según la LAN. ....	33
Tabla 20:	Títulos registrados a diciembre de 2010. ....	35
Tabla 21:	Información que contendrá la solicitud de concesión. ....	37
Tabla 22:	Medidas legislativas para la regularización. ....	39
Tabla 23:	Información que contendrá la solicitud de transmisión de concesión. ....	40
Tabla 24:	Transmisión de derechos por uso, (acumulado a 2010). ....	41
Tabla 25:	Volúmenes concesionados ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) (Acumulado a 2010). ....	43
Tabla 26:	Volúmenes concesionados de Aguas Nacionales ( $\text{m}^3/\text{año}$ ) (Acumulado a Diciembre 2010). ....	48
Tabla 27:	Volúmenes concesionados de Aguas Nacionales ( $\text{m}^3/\text{año}$ ) (Acumulado a Diciembre 2010). ....	48
Tabla 28:	Volumen utilizado por uso y subcuencas ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ). ....	49

Tabla 29:	Situación de los acuíferos (hm <sup>3</sup> /año). .....	51
Tabla 30:	Balance de agua superficial en el Valle de México. ....	53
Tabla 31:	Balance de agua superficial en el Río Tula. ....	54
Tabla 32:	Balance de agua subterránea en la cuenca de Valle de México. ....	55
Tabla 33:	Balance de agua subterránea en la cuenca del Río Tula. ....	56
Tabla 34:	Fuentes de suministro de agua potable en la ZMVM. ....	85
Tabla 35:	Caudal suministrado por ramales del sistema PAI, año 2010. ....	87
Tabla 36:	Evolución del gasto suministrado por la Planta Potabilizadora Madín. ....	89
Tabla 37:	Delegaciones y municipios beneficiarios del PAI. ....	90
Tabla 38:	Presas suministradoras del Sistema Cutzamala. ....	93
Tabla 39:	Delegaciones y municipios beneficiarios del Sistema Cutzamala. ....	96
Tabla 40:	Volúmenes suministrados por el S. Cutzamala. ....	97
Tabla 41:	Evolución del caudal suministrado por el S. Cutzamala. ....	98
Tabla 42:	Plantas potabilizadoras de la Región. ....	99
Tabla 43:	Características principales de la planta Los Berros. ....	100
Tabla 44:	Población en vivienda particular con servicio de agua potable. ....	102
Tabla 45:	Cobertura de agua potable por entidad federativa y subregión. ....	102
Tabla 46:	Evolución en la cobertura de agua potable. ....	104
Tabla 47:	Porcentaje de pérdidas por poblaciones. ....	105
Tabla 48:	Población en vivienda particular con servicio de alcantarillado en la región. ....	110
Tabla 49:	Plantas de tratamiento de agua residual según Entidades Federativas en 2010. ....	113
Tabla 50:	Plantas de tratamiento más significativas de agua residual municipal. ....	114
Tabla 51:	Plantas de tratamiento de agua residual industrial según Entidades Federativas. ....	116
Tabla 52:	Plantas de tratamiento más significativas de agua residual industrial. ....	117
Tabla 53:	Desastres naturales relevantes en el Valle de México. ....	123
Tabla 54:	Eventos extremos de inundación según meses. ....	124
Tabla 55:	Sistema de Drenaje Profundo. ....	129
Tabla 56:	Síntesis de la distribución de responsabilidades en la gestión del agua. ....	170
Tabla 57:	Balance Financiero Desagregado – Gestión del Agua en el Valle de México. ....	198
Tabla 58:	Proyección del Balance Financiero de la Gestión del Agua en el Valle de México. ....	201
Tabla 59:	Recaudación por generación interna de caja. ....	206
Tabla 60:	Programa de inversión. Cobertura de abastecimiento. ....	225
Tabla 61:	Inversiones en el horizonte 2030 para ampliar la cobertura de alcantarillado. ....	233

Tabla 62:	Programas y proyectos reseñables en fase de estudio y ejecución contra inundaciones.....	246
Tabla 63:	Estructura de financiamiento actual de la gestión del agua en el Valle de México y problemática .....	266
Tabla 64:	Problemática principal y perspectivas de la suficiencia financiera .....	270



# 1 Antecedentes, objetivos y alcances

## 1.1 Antecedentes

El Valle de México representa sin duda el mayor reto de la gestión del recurso agua y los servicios hídricos en el país, en tanto suma un conjunto de condiciones sin parangón en el resto de las regiones hidrológico-administrativas:

- Es la más poblada y con mayor densidad del país, con un 95% de población urbana.
- Es una cuenca endorreica ubicada a 2 240 msnm.
- La demanda supera en más del doble el volumen de agua disponible, creando un desbalance que se ha enfrentado importando agua desde distancias cada vez mayores y tolerando la sobreexplotación del acuífero.
- El porcentaje de aguas residuales tratadas es mínimo, el 6%<sup>1</sup> en el Distrito Federal y en torno al 10% del total.
- Los servicios de agua potable y saneamiento son prestados por organismos operadores de estructuras y grados de desarrollo institucional muy diversos; en el Distrito Federal existe un organismo desconcentrado del Gobierno del Distrito Federal, mientras que en los Estados de México e Hidalgo hay más de 40 organismos descentralizados, así como fraccionamientos y comités que operan en colonias urbanas y localidades rurales; la diversidad política y de organización complica la coordinación de los participantes que, sin embargo, comparten fuentes de abastecimiento y en algunos casos infraestructura de abasto de agua en bloque.
- El Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, además de ser responsable de la administración del recurso agua y de la operación de los programas federales, como el resto de los organismos de cuenca en el país, es el único que tiene a su cargo la operación de infraestructura; más aún, en la Comisión Nacional del Agua existen áreas que participan directamente en los procesos de realización de estudios, proyectos y obras para la gestión del agua en esta región.

En este contexto, la región presenta una problemática aguda especialmente en cuatro rubros:

- a) La restauración del equilibrio hidrológico y la administración de los usos y la calidad del agua, dado el enorme desbalance hídrico y la aglomeración de usuarios urbanos e industriales.

---

<sup>1</sup> Este porcentaje es del 14% según la publicación “El gran reto del agua en la ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo. SACMEX, 2012”.

- b) El desalojo de las aguas pluviales, al ser una región con precipitación relativamente abundante, rodeada por montañas, que históricamente ha tenido que encontrar salidas artificiales para desalojar las aguas pluviales del Valle.
- c) La incorporación de volúmenes de agua importados de otras cuencas para resarcir, por otra parte, el desbalance entre el agua aprovechable y la demanda en el Valle; dichos volúmenes, además, se entregan a sistemas de abastecimiento con diferentes niveles de eficiencia física y comercial, en general deficientes.
- d) La captación, conducción, tratamiento y disposición o reúso de las aguas residuales, complicada por la naturaleza combinada de los drenajes y el régimen hidrológico del Valle.

Las autoridades federal, estatales y municipales han implementado diferentes iniciativas para mejorar el desempeño de la gestión del agua en estos cuatro aspectos, pero el reto sigue siendo importante. En el futuro próximo se avizora un agravamiento de las condiciones debido a:

- La necesidad de incorporar nuevos volúmenes de agua importados al Valle, dado que resulta muy difícil y costoso mejorar en el corto plazo la eficiencia física de las redes, así como restringir efectivamente las extracciones para equilibrar los acuíferos; esto implica un importante esfuerzo financiero para el país y, en el caso de la sustitución de fuentes, la inversión en obras auxiliares para modificar los patrones de conducción y distribución del recurso.
- Los costos crecientes del desalojo de aguas pluviales, debidos a la construcción y operación de nuevas plantas de bombeo y a la construcción y puesta en marcha del “Túnel Emisor Oriente” (TEO), obras que si bien darán una solución más confiable al drenaje del Valle, implicarán esfuerzos de mantenimiento y operación, no sólo en lo financiero sino en la coordinación de los actores.
- La incorporación al sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales “Atotonilco”, que tratará en promedio 35 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales, equivalentes al 60% del gasto generado en el Valle, pero que requerirá la construcción de nuevas obras para incorporar los efluentes de los municipios a los que dará servicio, con las implicaciones financieras y de coordinación correspondientes. Asimismo, el resto de las PTAR que se incorporen al sistema generarán compromisos financieros que el país deberá asumir bajo una distribución equitativa de los costos.
- El persistente crecimiento urbano, ahora en los círculos más lejanos de la periferia del Valle, favorecido por nuevas vías de comunicación terrestres, que está provocando la drásti-

ca reducción de áreas de riego y la proliferación de unidades habitacionales en zonas antes poco densas, en las que no siempre existen las condiciones geohidrológicas para obtener agua del acuífero, aun cuando los títulos hayan sido adquiridos legalmente.

En atención a esta problemática, la Comisión Nacional del Agua ha solicitado al BID llevar a cabo un estudio mediante el cual:

- Se obtenga una visión integral y clara de la manera en que se están atendiendo las diferentes facetas de la gestión del recurso agua y de los servicios públicos de agua y saneamiento en el Valle, considerando en el balance el papel de los otros usos, en particular el agrícola.
- Se determine la forma en que están distribuidas las responsabilidades, los mecanismos de coordinación y concertación existentes, se analicen sus aspectos positivos y sus áreas de oportunidad de mejora.
- Se obtenga un balance integrado de los aspectos financieros, con objeto de tener una imagen clara sobre los costos que generan los diferentes aspectos del manejo del agua en el Valle, desde la realización de actividades de medición y monitoreo, estudios, proyectos, inversiones de capital, hasta los costos de operación; de manera de entender cuánto está costando cada función, quién está cargando con los costos, cuáles se reflejan en el costo al usuario final y cuáles se solventan afectando los recursos generales de la nación, así como de manera particular, en qué funciones no se está asignando el recurso suficiente y cuál puede ser la consecuencia de mantener esas brechas.
- Se proponga una reorganización institucional del sector en el Valle, de manera que se logren resultados más eficaces con menos recursos, garantizando la sostenibilidad financiera de los sistemas y buscando formas de organización que minimicen los conflictos y maximicen la cooperación.
- Se propongan un proceso y mecanismos específicos para implementar dicha reorganización.

Este proyecto busca cumplir, en la medida del tiempo disponible, con los objetivos planteados.

## 1.2 Objetivos y alcance

En el contexto de los antecedentes descritos y en el marco del estudio solicitado, este “Primer Informe” tiene por objetivo realizar un diagnóstico integral del Valle de México en los aspectos técnico, institucional y financiero, el cual sirva de base para realizar la propuesta de nuevo Modelo de Marco Institucional para la Gestión de los Recursos Hídricos.

Para ello, en este documento, una vez delimitada el área de estudio, se realiza una descripción

de la situación actual del Valle desde tres puntos de vista:

- Técnico, es decir, de la disponibilidad de agua y su calidad, de algunas de las principales características geofísicas y geoclimáticas, del estado de los diferentes servicios, etc.
- Administrativo, esto es, se detalla el reparto de competencias existente entre las diversas administraciones para gestionar cada uno de los aspectos relativos al manejo del agua y sus servicios.
- Financiero, es decir, se describe como se financia el modelo vigente, exponiendo los flujos presupuestarios.

En base a esta descripción se efectúa el diagnóstico sobre la gestión del agua desde dos enfoques:

- Desde las perspectivas hídricas, analizando:
  - La administración de las aguas nacionales.
  - El Abastecimiento de agua.
  - El Saneamiento y reúso de agua.
  - La Gestión de las aguas pluviales.
- Desde las perspectivas del marco institucional y financiero, analizando:
  - La Organización Institucional: Distribución de responsabilidades funcionales y mecanismos de coordinación existentes.
  - Las Finanzas del agua: Fuentes de financiamiento, mecanismos de recuperación de costos, áreas deficitarias y subsidios.
  - Los problemas críticos actuales y la prospectiva.

En cuanto a la metodología, para elaborar este estudio se ha recopilado y analizado muy diversa documentación, procedente en su mayoría de organismos oficiales responsables de la gestión del agua en alguna de las etapas de su ciclo integral. No obstante, también se ha consultado información procedente de la Academia, de centros de investigación, de estudios privados y de la hemeroteca.

Como fuente de información complementaria, pero no menos importante, se han efectuado 12 entrevistas a responsables de distintas áreas funcionales pertenecientes a algunas de las autoridades implicadas en la gestión del agua en el Valle de México.

## 2 Delimitación del área de estudio

De acuerdo con los términos de referencia del contrato y la propuesta correspondiente, el área de estudio es el espacio geográfico denominado “Valle de México”. Sin embargo, dada la naturaleza múltiple de los factores relacionados con la gestión del agua en la región, es conveniente hacer algunas precisiones:

### 2.1 Límites geográficos o hidrológicos

El Valle de México puede definirse en términos meramente geográficos u orográficos como el área comprendida dentro del parteaguas de la cuenca endorreica correspondiente. Como puede apreciarse en la siguiente figura, en la región del Valle de México existe una red hidrográfica dividida en 13 subcuencas.

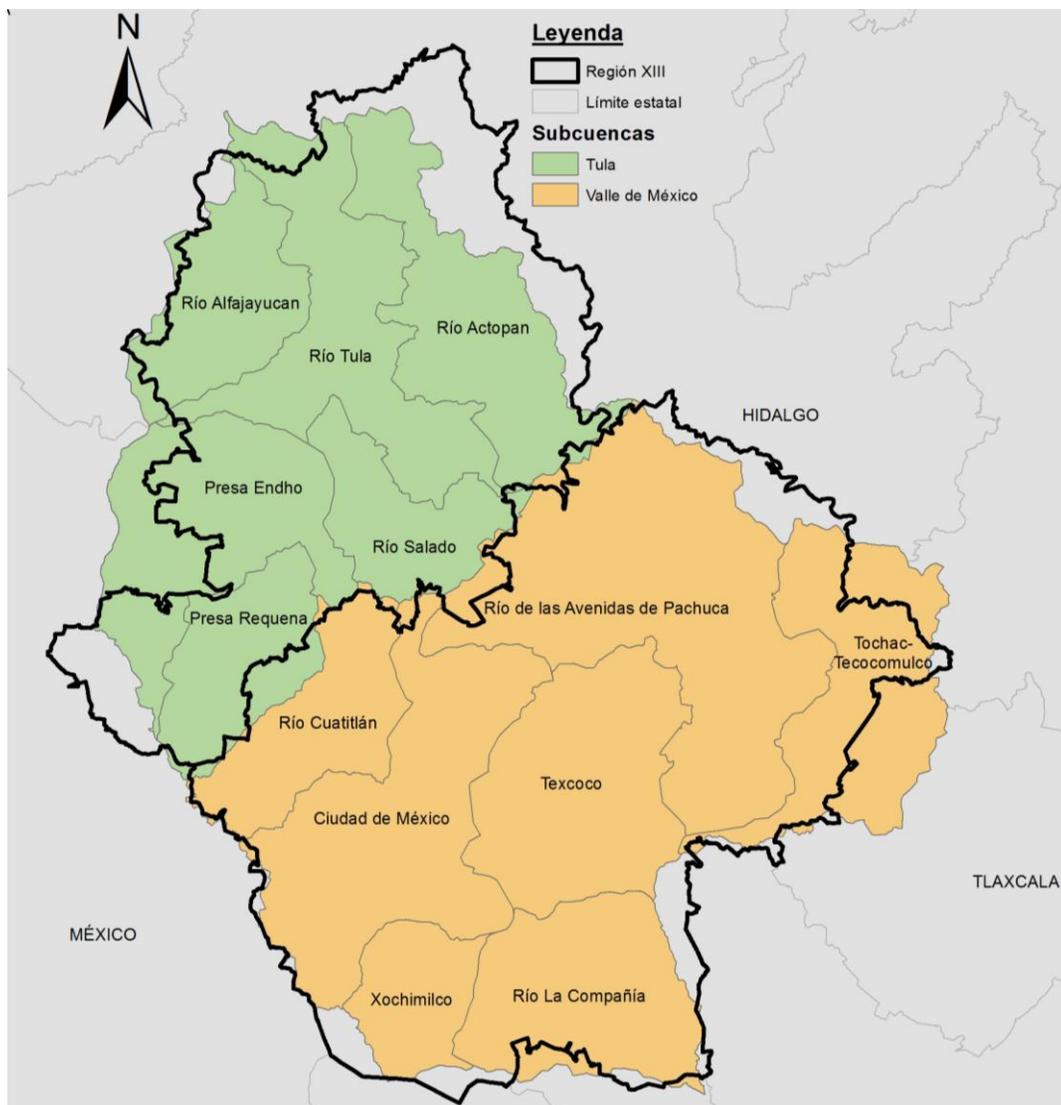


Figura 1: Límites hidrológicos de la RHA XIII

Esta delimitación es pertinente en términos del balance de aguas superficiales (Tabla 1:).

Subregión	Subcuenca	Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )
Valle de México	1	Xochimilco	508.2
	2	Río de la Compañía	1 167.2
	3	Texcoco	1 398.5
	4	Río de las Avenidas de Pachuca	2 646.9
	5	Ciudad de México	1 816.3
	6	Río Cuautitlán	832.8
	7	Tochac-Tecocomulco	1 328.0
Tula	1	Presa Requena	759.7
	2	Presa Endhó	1 356.2
	3	Río Salado	671.2
	4	Río Actopan (Chicavasco)	1 295.2
	5	Río Tula	1 464.8
	6	Río Alfajayucan	842.6

Tabla 1: Subcuencas en la Región XIII Aguas del Valle de México.

Fuente: Estadísticas del Agua de la Región XIII – Edición 2011.

Sin embargo, dado que las aguas subterráneas forman parte también del balance hídrico, es preciso incluir en el área de estudio la correspondiente a los 14 acuíferos que subyacen al Valle, algunos de los cuales rebasan la frontera geográfica de la cuenca endorreica, tal y como se aprecia en la figura.

Por otra parte, en el balance hídrico intervienen los volúmenes importados al Valle, por lo que las cuencas de aportación y los acuíferos de los que son extraídos dichos volúmenes forman parte del área de estudio en términos del cálculo del balance hídrico.

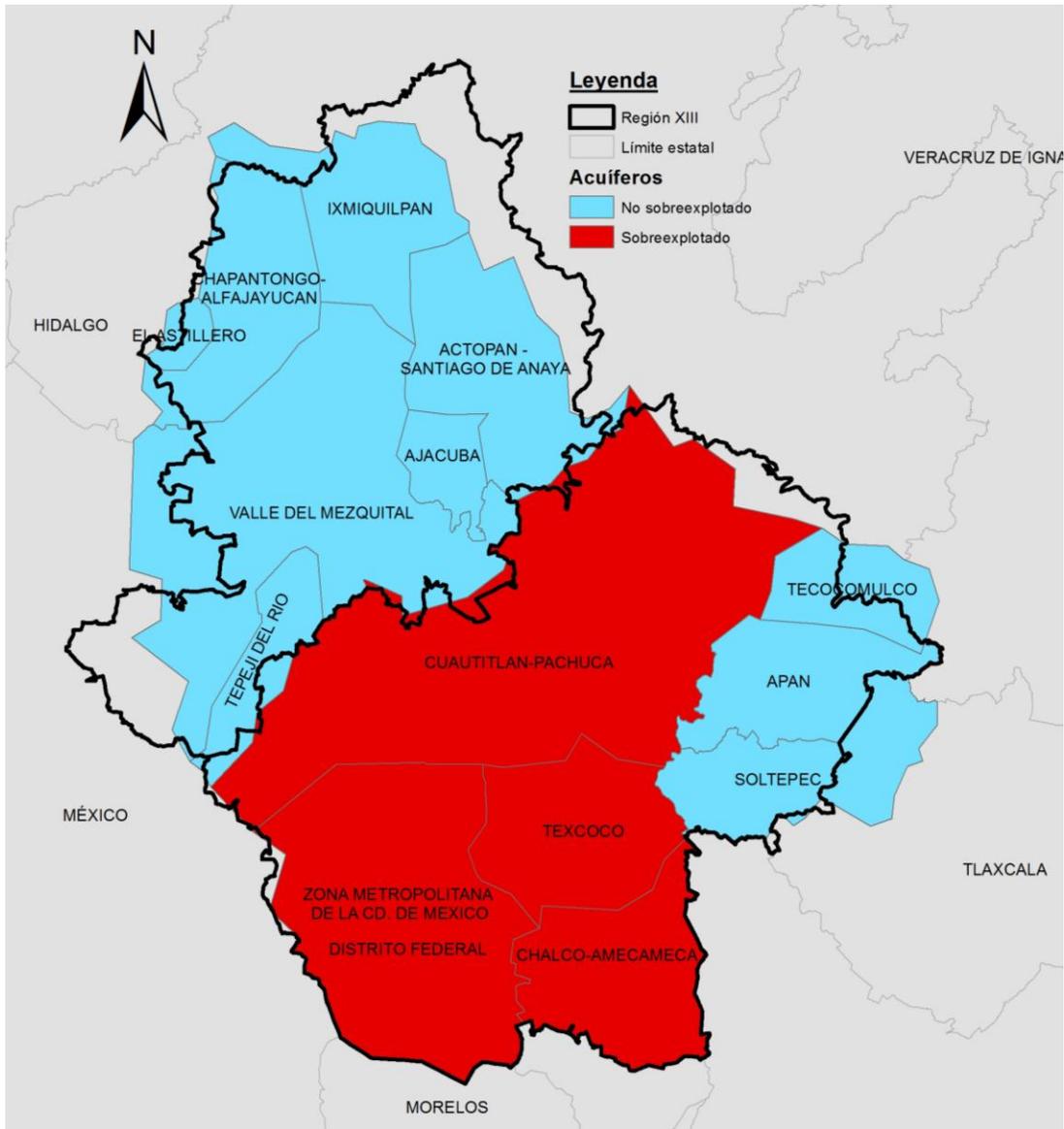


Figura 2: Acuíferos de la RHA XIII

La Tabla 2: lista los acuíferos presentes en la región.

Estado	Clave	Nombre del acuífero
Distrito Federal	901	Zona Metropolitana de la Ciudad de México
Hidalgo	1308	El Astillero
Hidalgo	1309	Chapantongo-Alfajayucan
Hidalgo	1310	Valle del Mezquital
Hidalgo	1311	Ajacuba

Estado	Clave	Nombre del acuífero
Hidalgo	1312	Ixmiquilpan
Hidalgo	1313	Actopan-Santiago de Anaya
Hidalgo	1316	Tepeji del Río
Hidalgo	1319	Tecocomulco
Hidalgo	1320	Apan
México	1506	Chalco-Amecameca
México	1507	Texcoco
México	1508	Cuautitlán-Pachuca
Tlaxcala	2902	Soltepec

Tabla 2: Acuíferos en la Región XIII Aguas del Valle de México.

Vale señalar que por acuerdo con la supervisión, en este estudio se considera como oficial el balance hídrico publicado por la CONAGUA en las “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011”, pero precisado en lo referente a aguas superficiales por la “Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula. Edición 2010”.

## 2.2 Límites hidrológico-administrativos

Para efectos administrativos, la Comisión Nacional del Agua ha dividido al país en 13 regiones, a partir de criterios hidrológicos pero adaptando las fronteras a las correspondientes a los municipios, por lo que denomina a esta regionalización “hidrológico-administrativa”. Dentro de la misma, el Valle de México corresponde a una subregión ubicada dentro de la región XIII, “Aguas del Valle de México”, que también comprende la subregión Tula. En su conjunto, la región está constituida por 121 municipios ubicados en cuatro entidades federativas: los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y el Distrito Federal. Dado que existe entre las dos subregiones una fuerte vinculación hidrológica, hidráulica (por las importantes transferencias de agua que ocurren entre ambas y las que ocurrirán con los nuevos proyectos) y administrativa, en este proyecto se adopta como área de estudio la extensión total de la región XIII, Aguas del Valle de México, de acuerdo con la regionalización de la CONAGUA.

En términos administrativos existen otras regionalizaciones, como la delimitación de la Zona Metropolitana del Valle de México o los límites de la conurbación, las cuales sólo se utilizan en este proyecto como referencia en los temas en que intervienen iniciativas o propuestas plan-

teadas en esos ámbitos.

Región	Delegaciones Políticas o Municipios				
	Distrito Federal	Hidalgo	Estado de México	Tlaxcala	Total
Subregión Valle de México	16	15	50	4	85
Subregión Tula	0	24	12	0	36
<b>Total Región XIII</b>	<b>16</b>	<b>39</b>	<b>62</b>	<b>4</b>	<b>121</b>

Tabla 3: Estructura política de la Región XIII – Aguas del Valle de México.

Fuente: elaboración propia con base en información de Estadísticas del Agua de la Región XIII – Edición 2011.

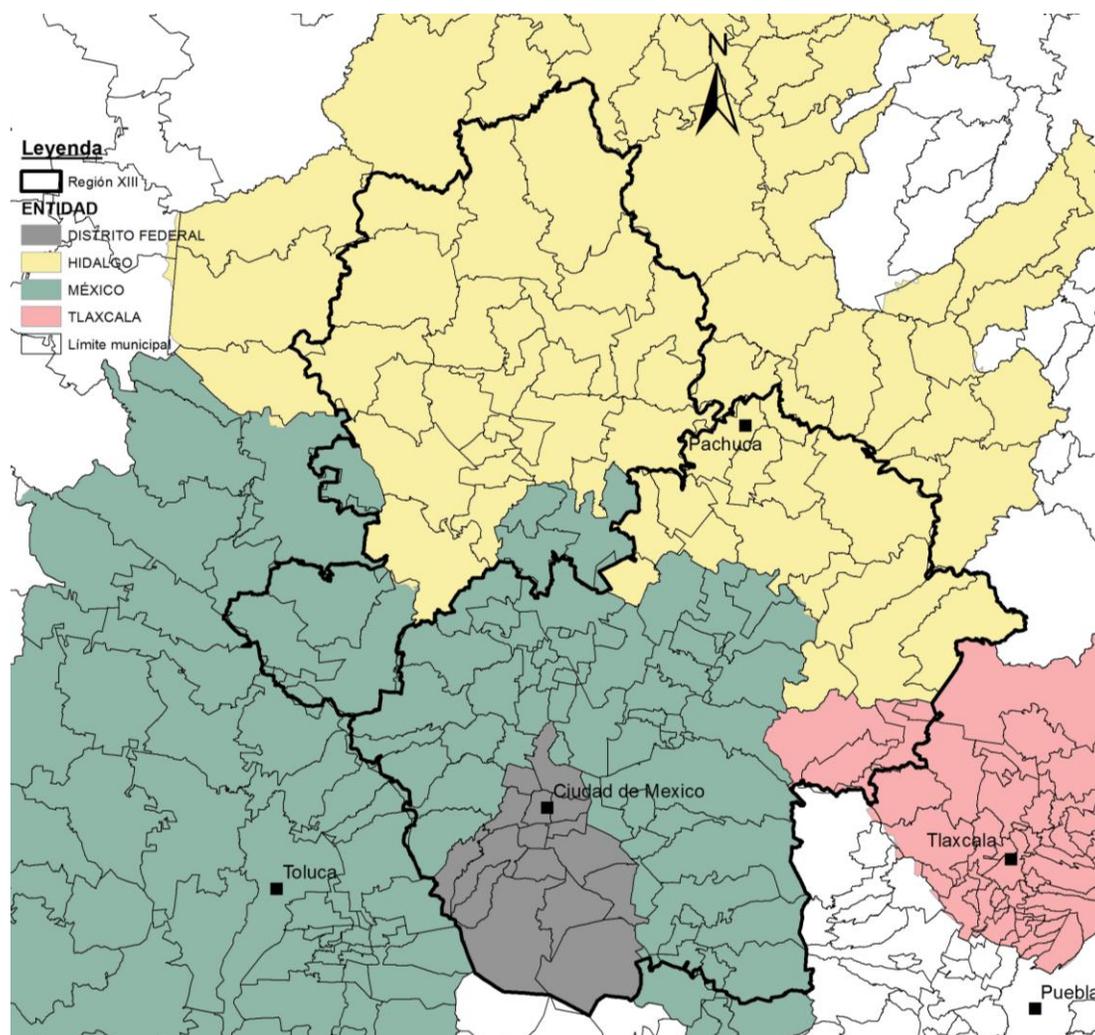


Figura 3: División administrativa del Valle de México

### 2.3 Ámbitos y Áreas de estudio

Para los efectos del proyecto consideramos lo siguiente:

Ámbito de estudio	Área de análisis	Consideraciones
Administración del agua.	Límites geográficos oficiales de las subcuencas y acuíferos.	Representan la regionalización que da base a los derechos de aprovechamiento de aguas nacionales
Abastecimiento de agua en bloque.	Cuencas de captación de aguas superficiales y áreas de aportación de los acuíferos concernidos, más las propias subcuencas del Valle de México.	El balance se centra en la propia región XIII, pero se hace una revisión de las implicaciones de los cambios en la disponibilidad y calidad de las fuentes actuales.
Desalojo de aguas pluviales y residuales.	Áreas de aportación del sistema de drenaje del Valle, así como áreas de recepción de las descargas.	El análisis se centra en los aspectos de coordinación interinstitucional, por lo que se identifica a los principales involucrados
Tratamiento de aguas residuales.	Municipios y sistemas que aportarán a las instalaciones metropolitanas de tratamiento de aguas residuales.	El análisis se concentra en la infraestructura metropolitana y no entra en la operación de las plantas bajo responsabilidad de municipios o sistemas sin interacción intermunicipal.
Problemática de la subsidencia del terreno.	Subregión Valle de México, en las áreas afectadas por el fenómeno.	Se trata de un fenómeno localizado.

Tabla 4: Ámbitos y áreas de estudio del proyecto.

En el informe se especifican para cada caso qué municipios o delegaciones políticas tienen influencia de los diferentes sistemas de abastecimiento de agua en bloque, así como las zonas del Valle con problemas identificados de subsidencia del terreno o susceptibles a inundaciones.

### 3 Descripción de la situación actual

Este apartado constituye la base para desarrollar posteriormente el diagnóstico integral de la situación en el Valle de México. Así, aquí se describen, en una serie de apartados, los aspectos fundamentales que son objeto de análisis para este estudio.

La estructura empleada para la elaboración de cada uno de los puntos de este capítulo contempla una parte introductoria, en la que se define el elemento analizado en el contexto del presente informe y la metodología empleada para su desarrollo.

Para la elaboración de este documento se han consultado un importante número de fuentes de información, que de forma exhaustiva se recopilan en el apartado 6 Referencias. De éstas, se destacan a continuación las de especial relevancia para este apartado:

- “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011”.  
Autor: CONAGUA. Diciembre de 2011.
- “Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula. Edición 2010”  
Autor: OCAVM-CONAGUA. Noviembre de 2010.
- “Compendio del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2010”  
Autor: CONAGUA. Diciembre de 2010.
- “Sistema Hidrológico del Valle de México”  
Autor: OCAVM-CONAGUA. Septiembre de 2007.
- “Programa Hídrico Regional de la RH-A XIII Aguas del Valle de México. Visión 2030”  
Autor: OCAVM-CONAGUA. Marzo de 2012.
- “Manual para el control de inundaciones.”  
Autor: CONAGUA. 2011.
- “Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático.”  
Autor: CVCCCM (Centro Virtual de Cambio Climático Ciudad de México). Julio de 2009.
- “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.”

Autor: Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Octubre de 2012.

- “Balance Hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México”

Autor: Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado del Estado de Hidalgo, 2011.

- “Avances en la coordinación del seguimiento del hundimiento del subsuelo del Valle de México”.

Autor: Laboratorio de Geoinformática, Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de la UNAM, 2012.

- “Guidebook to studies of land subsidence due to ground-water withdrawal”.

Autor: Comisión de Aguas del Valle de México.

- “Los suelos Lacustres de la Ciudad de México”.

Autor: Díaz-Rodríguez, J. A. 2005.

- “Influence of artesian wells on the sinking of Mexico City”.

Autor: Carrillo, N. 1948.

- Legislación Federal y Estatal.

Aunque la mayoría de estas publicaciones han sido realizadas bajo la dirección de la CONAGUA, se han encontrado inconsistencias en algunos de los datos analizados entre las distintas publicaciones, tal y como se detalla en el apartado afectado, describiendo la metodología empleada en cada caso concreto para validar la información.

Por otra parte, adicionalmente a la información recopilada de documentos existentes se han mantenido entrevistas con representantes de distintas áreas funcionales y diferentes instituciones implicadas en la gestión del agua en el Valle de México. Las personas entrevistadas se recogen también en el apartado 6.

### **3.1 El agua en el marco de las tendencias del desarrollo urbano y social del Valle de México**

La problemática del agua en el Valle de México, aunque ha sido enfrentada primordialmente mediante soluciones de la ingeniería hidráulica, tiene su origen en una serie de eventos históricos y patrones de crecimiento demográfico y desarrollo urbano que es importante conocer.

En este apartado se hace una breve reflexión sobre los factores históricos, demográficos y territoriales que han incidido en la configuración de la problemática hídrica de la capital del país, con objeto de orientar la exploración de soluciones futuras.

Existen numerosos estudios en los que se describen las condiciones naturales y la evolución histórica del Valle de México y su relación con el agua (Musset, 1992) (Perló & González, 2006) (Romero Lankao, 1999). Con base en una revisión de esta bibliografía y de las tendencias demográficas del Valle de México, se proponen lineamientos para instrumentar soluciones que trasciendan la visión meramente hidráulica del problema.

### 3.1.1 La problemática del agua en el Valle de México – antecedentes históricos

Históricamente, la relación de los pobladores del Valle con el agua ha sido siempre conflictiva. La existencia del “albarradón de Nezahualcóyotl”, bordo que tenía por función (a mediados del s. XV) paliar las recurrentes inundaciones de Tenochtitlán, así como el acueducto prehispánico de Chapultepec, dan evidencia de la presencia de dos problemas constantes: la falta de agua potable y la necesidad de proteger al Valle, inundable por naturaleza, de las crecidas de las diferentes subcuencas que lo componen.



Figura 4: El Valle de México alberga la ciudad más grande del mundo, situada sobre un lago.

Fuente: CONAGUA

La ejecución de obras de infraestructura y las decisiones de manejo de los lagos y el abasto de agua respondieron a la evolución en la tecnología, además de los paradigmas dominantes relativos al recurso. Aun antes de la Conquista y durante la Colonia, el hecho que gran parte del

área cubierta por agua tuviera una profundidad somera, que descubría importantes áreas del fondo del lago en tiempos de estiaje, planteaba un problema sanitario real, que bajo el paradigma dominante debía resolverse mediante la creación de salidas artificiales para desecar estas zonas de humedales.

Por otra parte, al haberse establecido en el Valle la capital de la Nueva España, en terrenos de muy baja pendiente y con una zona lacustre somera y con cotas que superaban los niveles de las atarjeas, se planteó durante toda la Colonia un problema sanitario adicional, creado por el modelo de saneamiento basado en la captación y alejamiento de las aguas residuales.

Son bien conocidas las obras de infraestructura que fueron concebidas y ejecutadas para lograr la evacuación de las aguas pluviales del Valle; primero, el tajo de Nochistongo a principios del s. XVII, seguido por el gran canal del desagüe a fines del s. XIX, el nuevo túnel de Tequiquiac en los años 40 del s. XX, el emisor central e interceptores del drenaje profundo (1966-1975) y finalmente el túnel emisor oriente (2008-presente). Aunque la tecnología permitió incrementar la capacidad y complejidad técnica de las obras, no se ha logrado del todo evitar el riesgo de inundación.

Por otra parte, un proceso similar ocurrió con las obras de abastecimiento a la ciudad. Mientras no hubo otras opciones tecnológicas, el agua se fue importando de cuencas cercanas (el citado acueducto prehispánico de Chapultepec, su adaptación colonial y las obras porfirianas para importar aguas desde el sur de la ciudad). Hasta fines del s. XIX el abasto de agua a la capital del país se logró mediante transferencias de agua de fuentes dentro del Valle y aprovechamientos de norias y pozos someros. Sin embargo, la ciudad, que contaba con 0.2 millones de habitantes hace poco más de 100 años, fue viviendo oleadas progresivas de crecimiento demográfico que incrementaron la presión sobre el recurso, apoyadas en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En el caso de la extracción de aguas subterráneas, es de señalarse que el incremento de la extracción ocurrió en los últimos 50 años (Figuroa Vega, 1984):

Año	Tasa de extracción (m <sup>3</sup> /s)
1860	0
1910	0.5
1930	1.5
1940	6
1950	9
1960	9
1970	9
1974	12

Tabla 5: Evolución en la tasa de extracción de aguas subterráneas en la ciudad de México

Es decir, a pesar de que entre 1942 y 1951 se incorporaron 4 m<sup>3</sup>/s de la primera etapa del sistema Lerma, una nueva crisis de abasto provocó la perforación de pozos en el Alto Río Lerma, que en 1970 sumaban 188 pozos que incorporaban 10 m<sup>3</sup>/s al Valle, llegaron a aportar 14.6 en 1974 y se ha reducido a menos de 5 m<sup>3</sup>/s. En 1974 arrancó el denominado “plan de acción inmediata” para abastecer temporalmente a la ciudad, aunque continúa operando y cuenta actualmente con 7 ramales de 218 pozos, operados por los sistemas del Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo, que abastecen con gastos del orden de 5 m<sup>3</sup>/s al Estado de México y 2.6 al Distrito Federal (Escolero, Martínez, Kralish, & Perevochtchikova, 2009).

Actualmente se estima una extracción superior a 60 m<sup>3</sup>/s en el Valle, casi el doble del volumen estimado de recarga (CONAGUA, 2007).

El crítico desbalance hídrico del Valle de México data, entonces, de fechas relativamente recientes (los últimos cuarenta años, principalmente), y se origina en un paradigma orientado a la gestión de la oferta, es decir, a incrementar los volúmenes extraídos o importados al Valle sin consideración de la sostenibilidad de las fuentes (aceptando una extracción superior a la recarga en el caso de los pozos, o captando aguas superficiales en detrimento de su equilibrio). Simultáneamente, el crecimiento de la mancha urbana no fue planificado y ocupó progresivamente las zonas de pie de monte al sur poniente del Valle y los municipios del Estado de México.

En la lógica de incorporación de caudales al Valle, desde los años 70 se planteó el objetivo de reducir la sobreexplotación sustituyendo fuentes subterráneas por el agua importada, aduciendo que el costo provocado por la subsidencia del terreno en daños a las edificaciones y a las redes de agua y drenaje estaría siendo “considerablemente más alto que traer agua de otras cuencas para evitar la sobreexplotación del acuífero local” (Figueroa Vega, 1984: 227). Aunque esa idea ha permanecido y es la que se esgrime actualmente para justificar nuevas inversiones multimillonarias para incorporar al Valle agua de nuevas fuentes<sup>2</sup>, no había existido un esfuerzo equivalente para controlar las extracciones.

La administración 2006-2012 de la CONAGUA emprendió un programa de actualización del padrón de usuarios, clasificación de los pozos y actualización de los estudios de acuíferos. A pesar de que sólo existían 2953 aprovechamientos censados en el Registro Público de Derechos de Agua, fueron censados 6871, de los cuales 3830 no contaban con título. Cerca del 40% corresponden al uso público urbano. Se realizaron más de 600 visitas entre 2007 y 2010, con

---

<sup>2</sup> “Adicionalmente estamos planteando traer volúmenes adicionales y los volúmenes adicionales que traigamos de agua, los vamos a sustituir por agua de pozo”: declaraciones de José Luis Luege Tamargo, Director General de CONAGUA, en conferencia de prensa sostenida el 8 de agosto de 2012. Versión estenográfica obtenida de <http://www.CONAGUA.gob.mx>.

un esfuerzo extraordinario que sin embargo deja ver lo limitado de los recursos con los que cuenta la CONAGUA para controlar efectivamente este problema (CONAGUA, 2010).

### 3.1.2 Factores demográficos y territoriales que inciden en el problema del agua

Resulta evidente que existe una liga entre la crisis hídrica y la concentración poblacional en el Valle de México. Además, el crecimiento demográfico se ha ido trasladando del Distrito Federal hacia los municipios conurbados (Figura 5; Tabla 6:).

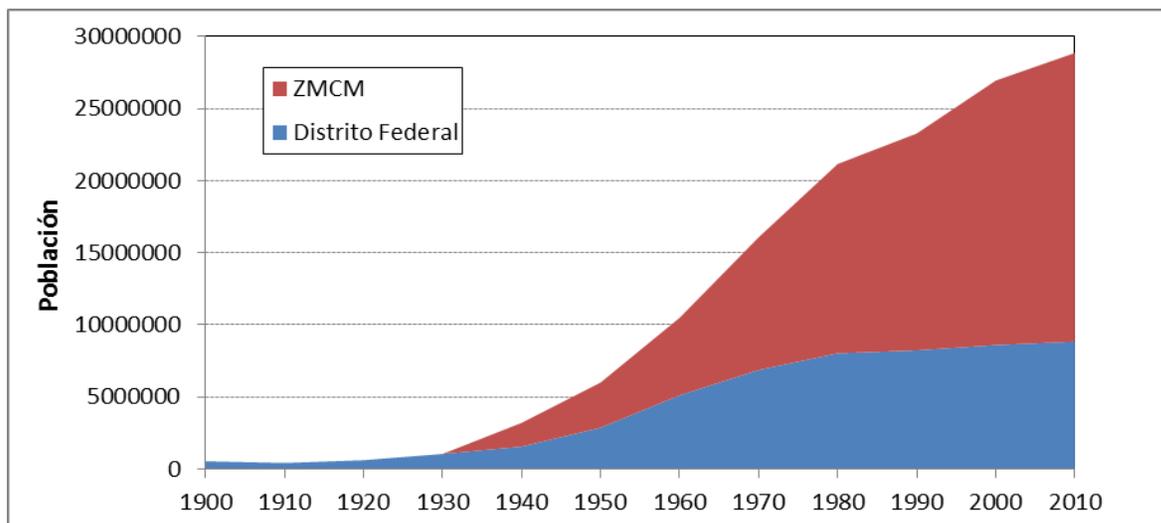


Figura 5: Tendencias del crecimiento demográfico en el Valle de México.

Año	Población (habitantes)	
	Distrito Federal	ZMCM
1900	544 721*	
1910	421 066*	
1920	615 367*	
1930	1 049 000*	
1940	1 560 000*	1 644 921
1950	2 872 000*	3 135 673
1960	5 120 514	5 381 153
1970	6 874 165	9 210 853
1980	8 029 498	13 139 008
1990	8 235 744	15 047 685
2000	8 605 239	18 350 333
2010	8 851 080	20 019 381

Tabla 6: Evolución de la población en el Distrito Federal y el Valle de México 1900-2010

Fuentes: Romero Lankao, 1999 para 1900-1990; elaboración propia con base en INEGI, 2010 para 2000-2010.

Nota: \*Comprende sólo las actuales Delegaciones Miguel Hidalgo, Benito Juárez, Cuauhtémoc y Venustiano Carranza.

De hecho, en los últimos años el crecimiento se ha concentrado en municipios más pequeños, cuya urbanización está siendo propiciada por la existencia de nuevas vías de comunicación (los denominados “circuito mexiquense” y “arco norte”), por lo que el crecimiento de la población está mostrando una estabilización, además del Distrito Federal, en los municipios mexiquenses con más de 500 mil habitantes.

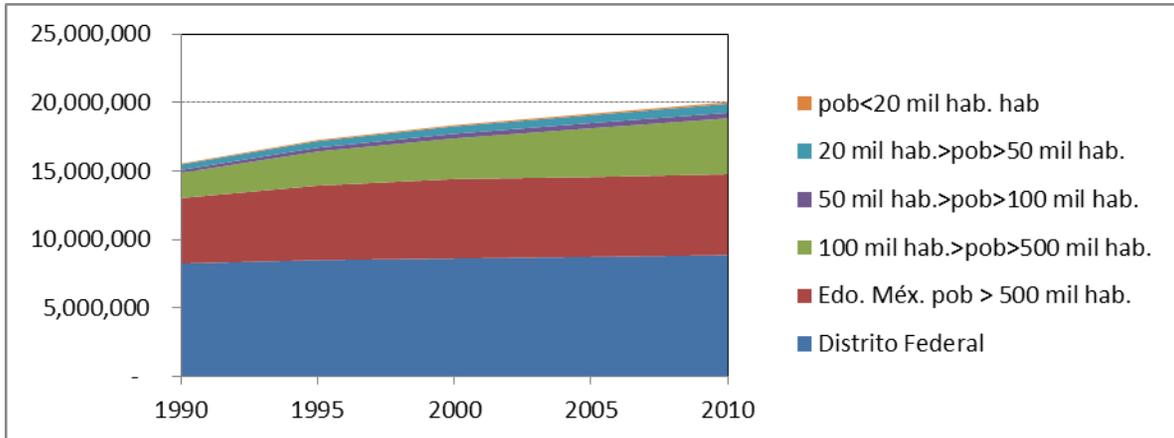


Figura 6: Evolución reciente de la población por rangos de población en el Valle de México.

Fuente: elaboración propia con base en (INEGI).

Finalmente, en términos de la extensión de la mancha urbana el mayor impacto ha ocurrido también en los últimos 30 años.

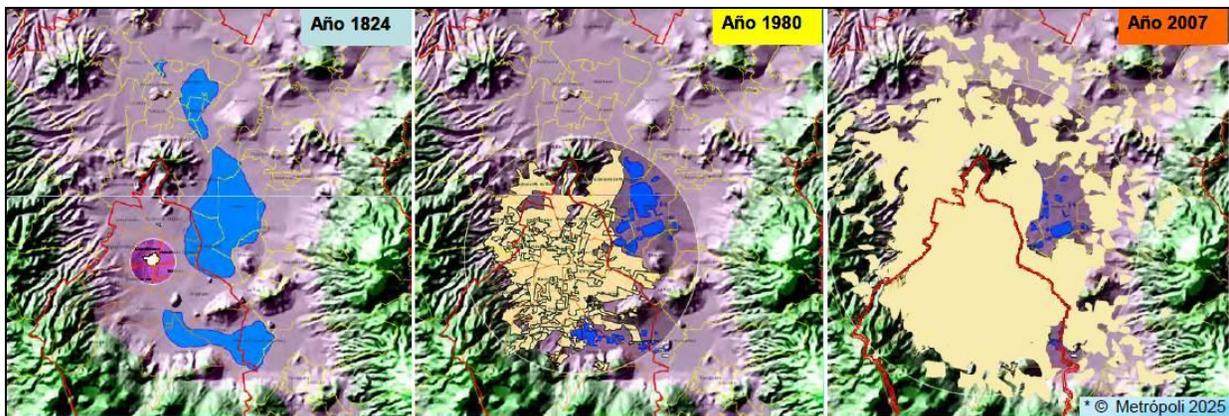


Figura 7: Evolución de la mancha urbana en el Valle de México.

Fuente: CONAGUA, 2010.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia de vincular la recuperación y preservación del ciclo hidrológico con políticas más eficaces en materia de control del uso del territorio. Asimismo, dado que el control del uso del suelo es facultad de los municipios, y tomando en cuenta que el crecimiento está ocurriendo en municipios más pequeños y débiles en términos institucionales, es importante que se cuente con un marco de desarrollo integral de la zona

metropolitana del Valle de México y, con base en el mismo, se diseñen las soluciones en materia de agua. Deben considerarse, además de las soluciones de índole hidráulica, nuevas formas de manejar el ciclo urbano del agua, de ser posible en subcuencas urbanas donde pueda propiciarse una mejor gestión de los escurrimientos y un reúso local de las aguas residuales tratadas.

Claramente, el poder lograr estabilizar los acuíferos dependerá de que los mecanismos de administración del recurso sean reforzados, desde el monitoreo hasta la inspección, vigilancia y sanción legal.

### Algunas claves sobre el marco urbano y social de la problemática del agua en el Valle de México

El paradigma técnico para resolver simultáneamente los problemas de falta de agua potable y manejo de aguas residuales no ha variado sensiblemente a lo largo de la historia. Se basa en coleccionar, concentrar y alejar las aguas residuales y pluviales mediante obras cada vez más grandes, así como incorporar más caudales de agua potable de fuentes cada vez más lejanas. Si bien es difícil suspender la incorporación de nuevas fuentes, un esfuerzo similar debería ponerse en mejorar el control de las extracciones y la eficiencia en los usos.

Desde el siglo pasado, la importación de agua ha sido justificada aduciendo los costos crecientes que la subsidencia del terreno causa a las edificaciones e infraestructura del Valle. En los años recientes, la CONAGUA actualizó el censo de aprovechamientos y generó mejores condiciones para controlar las extracciones. Es importante reforzar las capacidades del OCAVM para que logre un control efectivo de las extracciones, basado en un plan de manejo que impida un impacto negativo repentino en la economía regional.

El crecimiento de la demanda de agua y de los problemas de inundaciones se ha generado en una etapa relativamente reciente, en los últimos 50 años, principalmente por la falta de un uso ordenado del territorio. Deben encontrarse mecanismos de coordinación y reformas reglamentarias que permitan a la CONAGUA limitar las transmisiones de derechos cuando esto incida claramente en la concentración de la demanda en puntos sin disponibilidad local, así como facultar a las entidades federativas para limitar los desarrollos inmobiliarios mediante un diseño urbano que propicie el mejor manejo de los escurrimientos pluviales.

Recientemente la presión se está concentrando en municipios medianos y pequeños, sin la capacidad institucional para hacer frente a las presiones del desarrollo urbano. Es vital que CONAGUA y los gobiernos de los estados de México e Hidalgo se coordinen para ordenar dicho crecimiento en términos de minimizar sus impactos en el ciclo urbano integral del agua.

## 3.2 Disponibilidad del agua

En este apartado se expone y analiza la información recopilada sobre la disponibilidad de agua en el Valle de México. Este es un dato de partida para valorar las demandas existentes y realizar un adecuado balance hídrico para la cuenca de estudio.

### Definición

Se entiende por disponibilidad hídrica la cantidad de agua aprovechable para los diferentes

usos, incluido el ambiental. Esto es, el agua superficial que discurre por los distintos cauces, la que se almacena en lagos y embalses, y la presente en los acuíferos.

En el cálculo del volumen de agua disponible se tiene que tener en cuenta la precipitación, que escurre a los ríos y redes de drenaje aportando caudal a los mismos, o se infiltra recargando los acuíferos, siempre descontando la evaporación. Asimismo, se tienen en cuenta las exportaciones e importaciones de otras cuencas.

Para obtener las cifras de disponibilidad se utilizan los valores medios anuales de escurrimiento superficial y de recarga de acuíferos. Se muestran a continuación los datos medios anuales de los componentes del ciclo del agua en la región, los cuales se detallan y analizan en los epígrafes siguientes.

Componentes del ciclo hidrológico	Volumen <sup>3</sup> (hm3)
Precipitación media	9 757.39
Evaporación media	6 329.03
Escorrimento superficial medio	1 111.76
Recarga media de acuíferos	2 316.60

Tabla 7: Valores medios anuales del ciclo hidrológico en la Región Hidrológico-Administrativa XIII.

Como puede apreciarse, el 65% del agua de lluvia se pierde por evaporación, con lo que tan solo el 35% del agua escurre hacia ríos, arroyos o se infiltra en los acuíferos existentes. Asimismo, otro aspecto muy a tener en cuenta es la estacionalidad, ya que el 67 % de las precipitaciones ocurridas en esta región se producen durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

### **Metodología**

Se realiza el estudio de disponibilidad hídrica en los dos grandes bloques: agua superficial y agua subterránea. De esta manera puede analizarse con detalle la situación de ríos, lagos, embalses y acuíferos de manera independiente.

Los datos que ilustran este apartado 3.2, usados para el cálculo de la disponibilidad, así como los datos de las demandas empleados en el apartado 3.3, han sido recopilados de diferentes publicaciones entre las indicadas al principio del apartado 3, para realizar finalmente el balance hídrico en el apartado 3.4.

<sup>3</sup> Datos procedentes de la Revisión de la “Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula” y de las “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011”

A pesar de que todas las fuentes tienen carácter oficial, y todas ellas han sido realizadas bajo la dirección de la CONAGUA, se han encontrado inconsistencias en algunos datos de disponibilidad, demandas y balance hídrico.

Es por ello que no se ha tomado como fiable en la redacción de este informe una sola publicación, sino que se ha trabajado con todas ellas, tratando de validar aquellos datos que no son coincidentes.<sup>4</sup>

Como punto de partida se tiene en cuenta la publicación más reciente, es decir, las “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011” CONAGUA, y en aquellos casos en los que se detectan inconsistencias entre algunas tablas, se decide emplear la información disponible en el documento “Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula. Edición 2010” CONAGUA.<sup>5</sup>

### 3.2.1 Aguas superficiales

Las Cuencas Hidrológicas del Valle de México y río Tula se ubican dentro de la región hidrológica número 26 (Pánuco) y están divididas en siete y seis subcuencas respectivamente.

Las características físicas principales de las subcuencas de estudio se exponen a continuación:

Nombre de subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	Principales corrientes	Almacenamientos
Xochimilco	508.2	Ríos San Gregorio, San Lucas, Santiago y San Buenaventura	Lagos de Xochimilco – Tláhuac - Mixquic
Río de la Compañía	1 167.2	Ríos de La Compañía, San Francisco, San Rafael y Amecameca	-
Texcoco	1 398.5	Ríos San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxcacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec	Lago Nabor Carrillo y Lago Churubusco
Río de las Avenidas de Pachuca	2 646.9	Ríos de las Avenidas de Pachuca, Tizar y Calpulalplan	-

<sup>4</sup> Para comprobar las cifras, puede consultarse el apartado 2 de la publicación “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011” y el apartado 11 de la publicación “Compendio del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2010”. Puede apreciarse la diferencia de los datos, pese a que, a priori, ambos apartados están referidos a 2010.

La diferencia con la “Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula. Edición 2010”, se hace también patente en todo el documento.

<sup>5</sup> Se usó este texto únicamente para recabar cifras de disponibilidad de aguas superficiales.

Nombre de subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	Principales corrientes	Almacenamientos
Ciudad de México	1 816.3	Ríos Magdalena, Becerra, Tacubaya, Barranca del Muerto, Mixcoac, San Javier, Hondo y de Los Remedios; Gran Canal del Desagüe y el Emisor Central	Laguna de Zumpango y Vaso de Cristo
Río Cuautitlán	832.8	Río Cuautitlán y Tepotzotlán y Emisor del Poniente	La Concepción, Lago de Guadalupe e Iturbide
Tochac-Tecocomulco	1 328.0	Arroyos Atocha, Malayerba, tepozán y Cuatlaco	Laguna de Tecocomulco y Tochac
<b>TOTALES</b>	<b>9 697.9</b>		

Tabla 8: Principales características de las subcuencas del Valle de México.

Nombre de subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	Principales corrientes	Almacenamientos
Presa Requena	759.7	Río Tepeji	Taxhimay y Requena
Presa Endhó	1 356.2	Río Tula	Danxho y Endhó
Río Salado	671.2	Río El Salado	-
Río Actopan (Chicavasco)	1 295.2	Río Chicavasco	El Durazno y Debodye
Río Tula	1 464.8	Río Tula	-
Río Alfajayucan	842.6	Río Alfajayucan	Rojo Gómez y Vicente Aguirre
<b>TOTAL</b>	<b>6 389.7</b>		

Tabla 9: Principales características de las subcuencas del Río Tula.

Pese a que, como puede observarse, la subcuenca del Valle de México es aproximadamente un tercio mayor que la subcuenca del Río Tula, la población que alberga la primera es proporcionalmente muy superior, siendo de 20 128 530 habitantes, frente a los 1 219 538 habitantes de la segunda<sup>6</sup>. Por tanto, hay una densidad poblacional de unos 2 078 hab/km<sup>2</sup> en el Valle de México y unos 191 hab/km<sup>2</sup> en Tula, lo cual constituye un hecho muy significativo que debe tenerse en cuenta en la gestión hídrica de ambas subcuencas.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Datos extraídos del INEGI “Instituto Nacional de Estadística y Geografía”, referentes al censo de Población y Vivienda de 2010.

<sup>7</sup> Este hecho se hace más significativo si se tiene en cuenta que el 66.5% de la población total se encuentra concentrada en Ciudad de México.

### Cuenca del Valle de México

Con una superficie de 9,697.9 km<sup>2</sup>, la cuenca del Valle de México se localiza en la parte alta de la que corresponde al río Pánuco.

Los datos de precipitación para cada una de las subcuencas se presentan a continuación:

Nombre de subcuenca	Precipitación media anual (mm)	Precipitación media anual (hm <sup>3</sup> )
Xochimilco	707.05	359.32
Río de la Compañía	681.37	795.29
Texcoco	579.83	810.89
Río de las Avenidas de Pachuca	541.98	1434.57
Ciudad de México	728.68	1323.5
Río Cuautitlán	789.70	657.66
Tochac-Tecocomulco	643.82	854.99
<b>MEDIA/TOTALES</b>	<b>643.05</b>	<b>6236.22</b>

Tabla 10: Precipitación media anual de las subcuencas del Valle de México.

Conociendo este dato de precipitación para cada subcuenca, y una vez restada la evaporación que se produce en cada evento de lluvia, puede calcularse la disponibilidad media de agua superficial presente para cada subcuenca, la cual se refleja en la tabla siguiente.

Nombre de subcuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen medio anual de escurrimiento "aguas arriba" <sup>8</sup> (hm <sup>3</sup> )	Importaciones de otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Evaporación media de lagos y embalses	Exportaciones a otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media "natural" anual (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
Xochimilco	44.86	0	0	0.61	0	<b>44.25</b>	<b>44.25</b>
Río de la Compañía	78.27	0	0	0	0	<b>78.27</b>	<b>78.27</b>
Texcoco	82.14	0	0	13.36	0	<b>68.78</b>	<b>68.78</b>
Río de las Avenidas de Pachuca	123.96	40.89	0	0	0	<b>123.96</b>	<b>164.85</b>

<sup>8</sup> Este dato hace referencia al volumen de agua que escurre naturalmente desde la/las cuencas inmediatamente aguas arriba

Nombre de subcuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen medio anual de escurrimiento "aguas arriba" <sup>8</sup> (hm <sup>3</sup> )	Importaciones de otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Evaporación media de lagos y embalses	Exportaciones a otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media "natural" anual (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
Ciudad de México	192.10	581.92	484.06	26.30	43.91	165.80	1 187.87
Río Cuautitlán	83.84	0	5.20	4.56	0	79.28	84.48
Tochac-Tecocomulco	77.28	0	0	37.37	0	39.91	39.91
<b>TOTAL</b>	<b>682.45</b>	<b>622.81</b>	<b>489.26</b>	<b>82.20</b>	<b>43.91</b>	<b>600.25</b>	<b>1 668.41</b>

Tabla 11: Disponibilidad de agua superficial en el Valle de México.

Se calcula la disponibilidad "natural" media de agua superficial como la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento natural y la evaporación media de lagos y embalses.

La disponibilidad hídrica "natural" media anual de agua superficial es de 600.25 hm<sup>3</sup>/año.

Se calcula la disponibilidad media de agua superficial (DMAS), como:

$$\text{DMAS} = \text{VAI} - \text{VAS}, \text{ siendo:}$$

VAI: volumen de agua que ingresa en la cuenca

VAS: Volumen de agua que sale de la cuenca

Y a su vez, estos datos se obtienen de realizar el siguiente cálculo:

$$\text{VAI} = \text{VMAEN} + \text{VMAEAA} + \text{IMP}$$

$$\text{VAS} = \text{EVAP} + \text{EXP}, \text{ siendo:}$$

- VMAEN: Volumen medio anual de escurrimiento natural
- VMAEAA: Volumen medio anual de escurrimiento aguas arriba
- IMP: Importaciones de otras cuencas
- EVAP: Evaporación de lagos y embalses
- EXP: Exportaciones a otras cuencas

Se puede comprobar que la disponibilidad en cada subcuenca arroja cifras positivas. Además puede verse que en Ciudad de México, gracias a las importaciones, se tiene una disponibilidad de agua superficial bastante elevada si se compara con las demás subcuencas. De hecho, la

disponibilidad en esta subcuenca es del 71.20% del total anual.

La disponibilidad hídrica media anual de agua superficial para la subregión de Valle de México asciende a 1688.41 hm<sup>3</sup>/año.

### **Cuenca del Río Tula**

La cuenca se encuentra comprendida en su totalidad en lo que se denomina Alto Pánuco, y posee una superficie de 6,389.7 km<sup>2</sup>. Las subcuencas que la conforman son:

Nombre de subcuenca	Precipitación media anual (mm)	Precipitación media anual (hm <sup>3</sup> )
Presa Requena	807.26	613.27
Presa Endhó	720.54	977.20
Río Salado	581.65	390.40
Río Actopan (Chicavasco)	410.20	531.29
Río Tula	412.5	604.23
Río Alfajayucan	480.39	404.78
<b>MEDIA/TOTAL</b>	<b>551.07</b>	<b>3 521.17</b>

Tabla 12: Precipitación media anual de las subcuencas del Río Tula.

Los resultados del cálculo de la disponibilidad de agua superficial para la subcuenca del Río Tula pueden consultarse en la siguiente tabla.

Nombre de subcuenca	Volumen medio anual de escurrimiento (hm <sup>3</sup> )	Volumen medio anual de escurrimiento "aguas arriba" (hm <sup>3</sup> ) <sup>9</sup>	Importaciones de otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Evaporación media de lagos y embalses	Exportaciones a otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad "natural" media anual (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
Presa Requena	159.95	0	0	10.74	80.07	<b>149.21</b>	<b>69.14</b>
Presa Endhó	99.68	1 190.36	12.89	17.57	990.05	<b>82.11</b>	<b>295.31</b>
Río Salado	42.68	459.23	201.82	0	51.81	<b>42.68</b>	<b>651.92</b>

<sup>9</sup> Este dato hace referencia al volumen de agua que escurre naturalmente desde la/las cuencas inmediatamente aguas arriba

Nombre de subcuenca	Volumen medio anual de escurrimiento (hm <sup>3</sup> )	Volumen medio anual de escurrimiento “aguas arriba” (hm <sup>3</sup> ) <sup>9</sup>	Importaciones de otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Evaporación media de lagos y embalses	Exportaciones a otras cuencas (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad “natural” media anual (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
Río Actopan (Chicavasco)	40.72	0	326.02	0	15.26	40.72	351.48
Río Tula	50.95	714.47	491.41	0	118.88	50.95	1 137.95
Río Alfajayucan	35.33	0	160.23	4.86	8.92	30.47	181.78
<b>TOTALES</b>	<b>429.31</b>	<b>2 364.06</b>	<b>1 192.37</b>	<b>33.17</b>	<b>1 264.99</b>	<b>396.14</b>	<b>2 687.58</b>

Tabla 13: Disponibilidad de agua superficial en el Río Tula.

Puede comprobarse que la subcuenca “Presa Endhó” tiene importantes exportaciones a otras cuencas, de la misma forma que se integran en ella unos volúmenes de agua muy importantes en forma de escorrentía proveniente de otras cuencas.

La subcuenca “Río Tula” presenta grandes importaciones y volúmenes de escurrimiento “aguas arriba”, haciendo que la disponibilidad media anual sea la mayor de todas las subcuencas presentes.

Debe hacerse notar, no obstante, que estos grandes volúmenes de agua procedente de escurrimiento “aguas arriba” presentes en las cuencas de Endhó y Tula proceden, en gran medida, de las aguas residuales de la zona metropolitana del Valle de México.

La disponibilidad hídrica “natural” media anual para la subregión de Tula es de 396.14 hm<sup>3</sup>/año, un 34.01% menos que para la subcuenca del Valle de México.

La disponibilidad hídrica media para la subregión de Tula es de 2 687.58 hm<sup>3</sup>/año, un 62,82% más que para la subcuenca del Valle de México.

### 3.2.2 Aguas subterráneas

Para una correcta administración del agua subterránea, se delimitan 14 acuíferos en la región, que suministran el 69% de agua para todos los usos.

Pese a que los límites hidrológicos entre las subcuencas y los acuíferos no coinciden, sí que puede hacerse una distinción entre los acuíferos que contiene la subregión del Valle de México y aquellos que contiene la subregión del Río Tula. Esto es debido a que la separación entre una subregión de otra coincide razonablemente con la línea que separa subcuencas y acuíferos. Puede verse este hecho en las figuras que muestran las subcuencas hidrográficas y los acuíferos de la región en el apartado 2 de este informe.

A continuación se presenta la disponibilidad de agua en estos distintos acuíferos, diferenciando entre la subregión del Valle de México y del Río Tula.

### Cuenca del Valle de México

Acuífero <sup>10</sup>	Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Descarga natural (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	512.80	0	512.80
Tecocomulco	27.80	0.50	27.30
Apan	156.60	89.40	67.20
Chalco-Amecameca	79.30	3.30	76
Texcoco	161.00	10.40	150.60
Cuautitlán-Pachuca	356.70	0	356.70
Soltepec	92.80	42.00	50.80
<b>TOTALES</b>	<b>1 387.00</b>	<b>145.60</b>	<b>1 241.40</b>

Tabla 14: Disponibilidad natural de agua subterránea de la cuenca de Valle de México.

La recarga de los acuíferos en esta cuenca suma 1 387 hm<sup>3</sup>/año, mientras que el agua que sale de los mismos, exclusivamente por vía natural, es de 145.6 hm<sup>3</sup>/año, tal y como se muestra en la tabla anterior.

### Cuenca del Río Tula

Acuífero <sup>11</sup>	Recarga (hm <sup>3</sup> /año) <sup>12</sup>	Descarga natural (hm <sup>3</sup> /año) <sup>13</sup>	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)
Valle del Mezquital	644.60	293.30	351.30

<sup>10</sup> Todos los datos mostrados se tomaron de la publicación "Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011"

<sup>11</sup> Todos los datos mostrados (excepto los de los acuíferos de El Astillero, Chapantongo-Alfajayucan y Tepeji del Río) se tomaron de la publicación "Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011"

<sup>12</sup> Los datos de recarga de los acuíferos de El Astillero, Chapantongo-Alfajayucan y Tepeji del Río se tomaron de la tabla maestra de acuíferos, propiedad de CONAGUA, basados en datos de 2008.

<sup>13</sup> La descarga natural de El Astillero, Chapantongo-Alfajayucan y Tepeji del Río se desconoce a fecha de realización de este informe por lo que se considerará nula a efectos de calcular la disponibilidad de agua subterránea.

Acuífero <sup>11</sup>	Recarga (hm <sup>3</sup> /año) <sup>12</sup>	Descarga natural (hm <sup>3</sup> /año) <sup>13</sup>	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)
Ixmiquilpan	78.00	57.00	21.00
Actopan-Santiago de Anaya	171.90	90.00	81.90
El Astillero	2.5	-	2.5
Chapantongo-Alfajayucam	6.8	-	6.8
Ajacuba	10.80	2.50	8.30
Tepeji del Río	15.0	-	15.0
<b>TOTALES</b>	<b>929.60</b>	<b>442.80</b>	<b>486.80</b>

Tabla 15: Disponibilidad natural de agua subterránea de la cuenca del Río Tula.

La recarga de los acuíferos en esta cuenca suma 929.60 hm<sup>3</sup>/año, mientras que el agua que sale de los mismos, exclusivamente por vía natural, es de 442.80 hm<sup>3</sup>/año.

### 3.2.3 Disponibilidad total

Se realiza el cálculo de la disponibilidad total, entendida como la suma de la disponibilidad “natural” de agua superficial y agua subterránea, y se relaciona con la población que habita en cada subregión. De esta manera puede realizarse un análisis comparativo mediante el Indicador de Falkenmark (WRI, 2000), que establece:

Disponibilidad media natural (m <sup>3</sup> /hab y año)	Clasificación <sup>14</sup>
Más de 2000	Umbral de Desarrollo Sostenible
1701-2000	Estrés hídrico intermedio o localizado
1001-1700	Estrés hídrico
501-1000	Escasez hídrica
Menos de 500	Escasez hídrica absoluta

Tabla 16: Indicador de Falkenmark para la disponibilidad de agua por habitante y año.

<sup>14</sup> Fuente: Informe para el Desarrollo Humano 2006. Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD)

### Cuenca del Valle de México

Para la cuenca del Valle de México se realiza el cálculo de la disponibilidad media de agua total, así como la disponibilidad natural media de agua por habitante y año. Los resultados aparecen en la siguiente tabla:

	Disponibilidad natural media de agua superficial (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua TOTAL (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua por habitante (m <sup>3</sup> /año y hab)
<b>Volumen de agua disponible</b>	<b>600.25</b>	<b>1 241.40</b>	<b>1 841.65</b>	<b>91.49</b>

Tabla 17: Disponibilidad natural de agua TOTAL de la cuenca de Valle de México.

La disponibilidad de agua en la subregión del Valle de México es de 1841.65 hm<sup>3</sup>/año.

Teniendo en cuenta que la población en esta subregión es de 20 128 530<sup>15</sup>, la disponibilidad hídrica es de 91.49 m<sup>3</sup> por habitante y año. Si se tuviera en cuenta las importaciones artificiales de agua a la cuenca, el dato de disponibilidad media de agua por habitante y año sería de 144.56 m<sup>3</sup>.

Atendiendo al Indicador de Falkenmark, esta zona se encuentra en un estado de escasez hídrica absoluta, tanto para la situación “natural” como teniendo en cuenta importaciones artificiales de otras cuencas. Además, esta situación todavía puede verse agravada si se da un escenario de cambio climático con periodos de sequías extremas que haga disminuir drásticamente las aportaciones.

Es importante destacar que esta situación es consecuencia de la gran cantidad de población que habita en el Valle de México.

### Cuenca del Río Tula

Para la cuenca del Río Tula se realiza el cálculo de la disponibilidad media de agua total, así como la disponibilidad natural media de agua por habitante y año. Los resultados aparecen en la siguiente tabla:

	Disponibilidad natural media de agua superficial (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua TOTAL (hm <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media de agua por habitante (m <sup>3</sup> /año y hab)
<b>Volumen de agua disponible</b>	<b>396.14</b>	<b>486.80</b>	<b>882.94</b>	<b>723.99</b>

Tabla 18: Disponibilidad natural de agua TOTAL de la cuenca del Río Tula.

<sup>15</sup> Según datos del INEGI, en el Censo de Población y Vivienda del año 2010.

La disponibilidad de agua en la subregión del Río Tula es de 882.94 hm<sup>3</sup>/año.

Teniendo en cuenta que la población en esta subregión es de 1 219 538<sup>16</sup>, la disponibilidad hídrica es de 723.99 m<sup>3</sup> por habitante y año. Si se tuviera en cuenta las importaciones artificiales de agua a la cuenca, el dato de disponibilidad media de agua por habitante y año sería de 2 602.94 m<sup>3</sup>.

Atendiendo al Indicador de Falkenmark, esta zona se encuentra en un estado de escasez hídrica en “régimen natural”, debido, no ya al número de habitantes de la zona, sino más bien a la escasa disponibilidad hídrica presente en la cuenca de Tula. Gracias a las importaciones artificiales provenientes de otras cuencas, y según el Indicador mencionado, esta cuenca se encontraría en una situación óptima para un desarrollo sostenible.

#### Algunas claves de la disponibilidad de agua

La disponibilidad natural media por habitante en la subregión del Valle de México es de 91.49 m<sup>3</sup>/hab y año, con lo que puede clasificarse dentro de una situación estrés hídrico absoluto.

La disponibilidad natural media por habitante en la subregión de Tula es de 723.99 m<sup>3</sup>/hab y año, con lo que puede clasificarse dentro de una situación de escasez hídrica.

Las importaciones de otras regiones suponen cerca del 30% del agua disponible en la subregión del Valle de México.

A pesar de las importaciones de agua, la región del Valle de México continúa en situación de estrés hídrico absoluto, la cual puede verse incrementada en un contexto de cambio climático con periodos de estiaje extremos.

La mayor parte del agua que llega por escurrimiento a la subregión de Tula procede de aguas residuales sin tratar de la Zona Metropolitana del Valle de México.

### 3.3 Administración de usos y demandas

El principal objetivo del presente apartado será poner de relieve la situación de usos y demandas en el Valle de México.

En lo referente a los usos se analizarán las definiciones legales de los mismos y los procedimientos vigentes de concesión o asignación necesarios para poder hacer uso del agua.

El objetivo del estudio de la demanda de agua en la Región es, junto con el análisis de la disponibilidad realizado previamente, determinar el balance de agua en el Valle de México, el cual se recoge en el apartado 3.4.

<sup>16</sup> Según datos del INEGI, en el Censo de Población y Vivienda del año 2010.

## **Definición**

Se entiende por uso, el tipo de aprovechamiento o explotación que se hace del agua a partir del sector que sea su objetivo final.

Se considera demanda el volumen de agua consumida por los diferentes usos.

## **Metodología**

El análisis de las demandas se lleva a cabo determinando por separado las demandas de aguas superficiales y subterráneas.

- En lo referente a aguas superficiales se determinan las demandas en función de las subcuencas que forman las subregiones del Valle de México y Tula.
- El estudio de la demanda de aguas subterráneas se lleva a cabo en función del agua demandada por acuífero.

Esta división concuerda con la realizada para la disponibilidad de agua y permitirá realizar el balance hídrico.

En cuanto a los datos de partida, salvo que se haya especificado lo contrario, de forma general se han basado en la publicación *“Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011.”*

### **3.3.1 Usos existentes**

Normalmente las concesiones de agua se realizan en función del uso, esto es, la aplicación del agua a una determinada actividad que comprenda su consumo, parcial o totalmente. Se pueden establecer tres grandes grupos de usos, los cuales a su vez se dividen en usos más específicos.

El primero de estos grupos, se denomina abastecimiento público, e incluye el uso público urbano y el doméstico; el agropecuario que comprende los usos agrícola, pecuario, múltiple y la acuicultura; el último de estos grupos es el industrial autoabastecido que abarca los usos de tipo agroindustrial, servicios, industrial y el de energía eléctrica.

#### **3.3.1.1 Definiciones**

En primer lugar se presentan las definiciones de los diferentes usos. Dado que en la Ley de Aguas Nacionales (LAN) se definen con claridad los diferentes usos, se extraen del Artículo 3, las siguientes definiciones.

*LII. "Uso": Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso;*

Del mismo modo, el Artículo 2º del Reglamento de la LAN establece las siguientes definicio-

nes:

*XVI. **Uso agrícola:** la utilización de agua nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial;*

*XVII. **Uso agroindustrial:** la utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios;*

*XVIII. **Uso doméstico:** para efectos del artículo 3o., fracción XI de la "Ley", la utilización de agua nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa;*

*XIX. **Uso en acuicultura:** la utilización de agua nacional destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas;*

*XX. **Uso en servicios:** la utilización de agua nacional para servicios distintos de los señalados en las fracciones XVI a XXV, de este artículo;*

*XXI. **Uso industrial:** la utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aún en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación;*

*XXII. **Uso para conservación ecológica:** el caudal mínimo en una corriente o el volumen mínimo en cuerpos receptores o embalses, que deben conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema;*

*XXIII. **Uso pecuario:** la utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial;*

*XXIV. **Uso público urbano:** la utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal, y*

*XXV. **Usos múltiples:** la utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos en la "Ley" y el presente "Reglamento", salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos.*

Las anteriores definiciones, de la LAN, son claras y no dan lugar a la duda en su aplicación, las

diferencias existentes entre usos quedan correctamente determinadas. Se toman, por tanto, dichas definiciones como punto de partida para la comprensión y análisis de los siguientes puntos.

### 3.3.1.2 Prioridades

En la definición de las prioridades entre usos, es relevante tener en cuenta lo que estipula la Ley de Aguas Nacionales:

*Artículo 13 BIS 3 Los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo:*

*II. Concertar las prioridades de uso del agua con sus miembros y con el Organismo de Cuenca que corresponda conforme a lo dispuesto en el Párrafo Tercero del Artículo 22 de la presente Ley. En todos los casos tendrá prioridad el **uso doméstico y el público urbano**;*

El Artículo 22 en su tercer párrafo estipula:

*El Consejo de Cuenca en coordinación con el Organismo de Cuenca que corresponda, propondrá a "la Comisión" el orden de prelación de los usos del agua para su aprobación, el cual se aplicará en situaciones normales, para el otorgamiento de concesiones y asignaciones de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, superficiales y del subsuelo, atendiendo a lo dispuesto en los Artículos 13 BIS 3, y 14 BIS 5 de esta Ley. El uso doméstico y el uso público urbano siempre serán preferentes sobre cualquier otro uso.*

En el punto Décimo Quinto de la sección Transitorios de la LAN se establece la prelación de usos en la concesión y asignación de derechos.

*En tanto se cumple con lo dispuesto en el Párrafo Tercero del Artículo 22 de esta Ley, se observará el siguiente orden de prelación de los usos del agua para la concesión y asignación de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, superficiales y del subsuelo, aplicable en situaciones normales:*

- 1. Doméstico;*
- 2. Público urbano;*
- 3. Pecuario;*
- 4. Agrícola;*
- 5. Uso para la conservación ecológica o uso ambiental;*
- 6. Generación de energía eléctrica para servicio público;*
- 7. Industrial;*

8. Acuacultura;

9. Generación de energía eléctrica para servicio privado;

10. Lavado y entarquinamiento de terrenos;

11. Uso para turismo, recreación y fines terapéuticos;

12. Uso múltiple, y

13. Otros.

*Lo anterior se aplicará sin perjuicio de lo dispuesto en el Artículo 29 BIS 5 y en el Título Quinto, de esta Ley.*

De lo anterior, es importante tener en cuenta que existe una lista o clasificación de prioridades que establece la LAN a nivel federal. Los Organismos de Cuenca junto con los Consejos de Cuenca pueden proponer a la CONAGUA para su aprobación, otra prelación que estimen oportuna. En la región del Valle de México no existe una prelación de usos propia, por lo que se aplica la clasificación que establece la LAN, según se muestra en la siguiente tabla.

Orden	Prelación de los usos del agua
1	Doméstico
2	Público urbano
3	Pecuario
4	Agrícola
5	Uso para la conservación ecológica o uso ambiental
6	Generación de energía eléctrica para servicio público
7	Industrial
8	Acuacultura
9	Generación de energía eléctrica para servicio privado
10	Lavado y entarquinamiento de terrenos
11	Uso para turismo, recreación y fines terapéuticos
12	Uso múltiple
13	Otros

Tabla 19: Prelación de los usos del agua según la LAN.

De manera general, los usos doméstico y público urbano tienen prioridad sobre el resto de usos. Asimismo, cabe señalar la facultad de que dispone la CONAGUA, según el Artículo 29, por la que podrá dar prioridad al uso ambiental.

### 3.3.2 Explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales

La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, generalmente está regulada por concesiones o asignaciones. En este punto se van a analizar las normativas existentes relativas a concesiones o asignaciones y derechos.

Para la correcta comprensión del presente apartado, es necesario partir de algunas definiciones recogidas en la legislación vigente, tanto en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como en la LAN y en la Ley Federal de Derechos (LFD).

El concepto de aguas nacionales, se recoge en el Artículo 16 de la LAN y define las aguas nacionales, como las recogidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Es importante reseñar que en el Artículo 16, las aguas residuales son consideradas aguas nacionales aunque no hayan sido tratadas.

En lo referente a la explotación, uso o aprovechamiento, se considera relevante tener en cuenta los siguientes artículos:

*ARTÍCULO 17. Es libre la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para uso doméstico conforme a la fracción LVI del Artículo 3 de esta Ley, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal, en los términos de la reglamentación aplicable.*

Es decir, la captación de aguas superficiales es libre cuando el objetivo sea el uso doméstico y no se alteren las condiciones naturales del río, ni se disminuya significativamente su caudal.

*ARTÍCULO 18. Las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, salvo cuando por causas de interés o utilidad pública el Titular del Ejecutivo Federal establezca zona reglamentada, de veda o de reserva o bien suspenda o limite provisoriamente el libre alumbramiento mediante Acuerdos de carácter general.*

Del mismo modo, se especifica que la extracción de aguas subterráneas será libre siempre y cuando no se hayan especificado zonas controladas de alumbramiento de agua, a favor del interés general. Dada la sobreexplotación existente en el Valle de México, la mayor parte de la Región constituye una zona reglamentada, o zona de veda, por lo que son necesarias asignaciones o concesiones para el uso del agua, como se explica a continuación.

*ARTÍCULO 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán des-*

pués de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.

Dadas las limitaciones de los Artículos 17 y 18, en el artículo 20 se especifica que las concesiones y asignaciones son reguladas por CONAGUA, con el objetivo de administrar y controlar los usos y aprovechamientos.

### 3.3.2.1 Registro Público de Derechos del Agua (REPDA)

Para la administración de la explotación, uso y aprovechamiento se dispone de un Registro de Derechos del Agua, donde son inscritas todas las concesiones y asignaciones, así como las características propias de las mismas, para su administración y control.

El Artículo 3 de la LAN, establece que el REPDA es el registro donde se inscriben los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, sus características y posibles modificaciones, con el objetivo de ofrecer a los usuarios de las aguas nacionales seguridad jurídica e información.

En la siguiente tabla se recoge el número de títulos registrados en el REPDA según los tipos de usos concesionados o asignados en la Región.

Títulos registrados en el REPDA por uso	
Usos	Número de títulos
Agrícola	2 079
Agroindustrial	3
Industrial	872
Servicios	1 049
Múltiple	669
Público Urbano	650
Domésticos	549
Pecuario	334
Acuícola	58
Generación de Energía Eléctrica	4
Comercial	2
<b>Total</b>	<b>6 269</b>

Tabla 20: Títulos registrados a diciembre de 2010.

Como se puede observar el mayor número de títulos son los otorgados al uso agrícola, seguido de los usos servicios e industrial. El uso doméstico tiene 549 títulos concedidos y el público urbano 650. Los títulos concedidos al uso agrícola suponen un 33%, al uso doméstico un 8.75%

y el público urbano un 10% del total.

### 3.3.2.2 Derechos, concesiones y asignaciones

Los derechos son otorgados mediante concesiones o asignaciones y permiten al titular del mismo la explotación, uso o aprovechamiento del recurso hídrico. Los diferentes tipos de autorización existentes se recogen en el Artículo 3 de la LAN define los diferentes tipos de títulos.

*XIII. "Concesión": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación;*

*VIII. "Asignación": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico;*

En el caso de las asignaciones, se rigen por las mismas disposiciones que se aplican a las concesiones, salvo en la transmisión de derechos, y el asignatario se considera concesionario a efectos de la LAN.

*"Permisos": Son los que otorga el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la construcción de obras hidráulicas y otros de índole diversa relacionadas con el agua y los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de la presente Ley;*

*"Permisos de Descarga": Título que otorga el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de propiedad nacional, a las personas físicas o morales de carácter público y privado;*

El permiso de descarga se solicita junto a la solicitud de concesión o asignación.

La siguiente tabla recoge la información necesaria para solicitar una concesión o asignación. Entre los requisitos necesarios para la solicitud, resaltar que es necesario especificar el volumen requerido, el punto de extracción del mismo, el punto de descarga y la duración de la concesión.

INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA SOLICITUD DE CONCESIÓN O ASIGNACIÓN
Nombre y domicilio del solicitante
Cuenca hidrológico, acuífero, municipio, etc.

INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA SOLICITUD DE CONCESIÓN O ASIGNACIÓN
El punto de extracción de las aguas nacionales
El volumen de extracción y el consumo requeridos
El uso o usos que se le dará al agua
El punto de descarga de las aguas residuales, incluyendo las condiciones de cantidad y calidad
El proyecto de obras a realizar para su extracción
La duración de la concesión o asignación que se solicita

Tabla 21: Información que contendrá la solicitud de concesión.

El Artículo 222 de la Ley Federal de Derechos (LFD) establece:

*Están obligadas al pago del derecho sobre agua, las personas físicas y las morales que usen, exploten o aprovechen aguas nacionales, bien sea de hecho o al amparo de títulos de asignación, concesión, autorización o permiso, otorgados por el Gobierno Federal, de acuerdo con la zona de disponibilidad de agua en que se efectúe su extracción de conformidad a la división territorial contenida en el artículo 231 de esta Ley.*

A pesar de que el agua sea considerada como un derecho, en el Artículo 222, se puntualiza la obligación de las personas físicas o morales a pagar por el derecho de uso del agua. Lo cual se considera fundamental para que el sistema sea sostenible.

Del mismo modo el Capítulo VIII denominado Agua, de la LFD, define las distintas zonas de disponibilidad y establece las tarifas a pagar en función de la zona y el uso que se realice del recurso. Esta consideración es relevante puesto que existen zonas que sufren un estrés hídrico superior al de otras.

El Artículo 225 de la LFD establece:

*Los contribuyentes del derecho a que se refiere este Capítulo, deberán contar con aparatos de medición de las aguas que usen, exploten o aprovechen que al efecto instale la Comisión Nacional del Agua y deberán permitir el acceso y brindar las facilidades y apoyos necesarios al personal de dicha Comisión para que los instale y realice la toma de las lecturas correspondientes.*

Asimismo en el Capítulo “Agua” se definen entre otros la periodicidad de abono de las tarifas, los métodos de cálculo y las actuaciones a seguir frente a incidencias en los aparatos de medición.

El Artículo 228 de la LFD, estipula:

*La autoridad fiscal podrá proceder a determinar presuntivamente el volumen del agua, en los*

*siguientes casos:*

- 1. No se tenga instalado aparato de medición.*
- 2. No funcione el aparato de medición y tal circunstancia no se haya informado dentro del plazo que se establecido.*
- 3. Estén rotos los sellos o se haya alterado o desajustado el funcionamiento, del aparato de medición.*
- 4. El contribuyente no efectúe el pago del derecho en los términos que establece la ley.*
- 5. Se opongan u obstaculicen la iniciación o desarrollo de las facultades de comprobación, verificación y medición o no presenten la información o documentación que solicitada.*
- 6. Cuando no se lleven los registros de las lecturas del aparato de medición, se lleven incorrectamente.*
- 7. Se lleven a cabo instalaciones hidráulicas o derivaciones de agua sin la autorización respectiva o cuando se realicen modificaciones o manipulaciones a las tuberías o ramales de distribución.*
- 8. Cuando se detecte que se lleva a cabo el uso, explotación o aprovechamiento de las aguas nacionales de hecho*

Lo reflejado en los Artículos 225 y 228 indica los métodos y proceso de medida del consumo, de los cuales serán responsables en parte los propios usuarios. Además se indican las medidas que podrá tomar la autoridad fiscal para estimar los volúmenes consumidos en los diferentes casos en que los usuarios no hayan podido contabilizar su consumo.

### **Regularización de los usos del agua existentes**

La concesión y asignación de derechos del agua han sufrido a lo largo de la historia varios procesos de regularización. Las distintas regularizaciones se llevaron a cabo con el objetivo de determinar las extracciones y captaciones existentes, registrarlas y poder administrar y gestionar la concesión de derechos en base a registros reales.

Desde 1917 hasta 1992 tan solo se contaba con 2 000 títulos de concesión, mientras que se estimaba que existían unos 300 000 usuarios del agua. Durante décadas, las concesiones eran otorgadas vía presidencial y no se disponía de la capacidad para gestionar todas las solicitudes.

En 1992, a través de la LAN, se fijaba un año de plazo para que los usuarios existentes obtuvieran una concesión y se registraran en el REPDA, en concreto hasta 1993, para ciertos usuarios el plazo se amplió hasta 1995. Asimismo durante 1994, se debían inscribir los permisos preca-

rios y permisos o autorizaciones provisionales expedidos por la autoridad competente. A pesar de que los periodos para la regularización eran muy estrictos, la LAN asignaba competencias al director de CONAGUA para otorgar concesiones, por lo que teóricamente se agilizaría el proceso.

El proceso de regularización entre 1993 y 1995 fue lento y la Comisión no tenía capacidad para regularizar, por lo que simplificaron los requisitos y procedimientos para la regularización. Entre 1995 y 2002, se emitieron varios Decretos Presidenciales para dar facilidades al proceso de regularización, los cuales se han recogido en la siguiente tabla.

Año	Medidas legislativas para la regularización
1992	Promulgación de la LAN
1993	Delegación por parte del Director de la CONAGUA de la capacidad de otorgar títulos
1994	Se emite el Reglamento de la LAN Se simplifican los procedimientos de regularización
1995	Se emite el primer Decreto de regularización
1996	Se emite el segundo Decreto de regularización
2001	Se emiten Decretos específicos para Organismos Operadores de Agua potable y Saneamiento
2002	Se emite un Decreto específico para usuarios agrícolas

Tabla 22: Medidas legislativas para la regularización.

La LAN establece que las concesiones tendrán una duración entre 5 y 50 años, sin embargo en los procesos de regularización se otorgaron derechos por 10 años, el objetivo de esta medida se basó en el conocimiento que se tendría a futuro sobre la disponibilidad de agua, de esta manera se podrían tomar decisiones de manera fundamentada.

### 3.3.2.3 Transmisión de derechos

Una característica en la administración de la concesión o asignación de derechos es la posibilidad de transmisión de los mismos. En este punto, se presentan los principales aspectos que regulan la normativa de transmisión de derechos.

La LAN en su Artículo 8 apartado LII establece que es atribución de “la Comisión” regular la transmisión de derechos. Los Capítulos V de la LAN y su Reglamento denominados **Transmisión de Títulos**, establecen los términos y condiciones referentes a la transmisión de derechos.

Por tanto, será responsabilidad de la CONAGUA, la gestión y control de la transmisión de derechos.

En el Artículo 64 del Reglamento de la LAN se establece:

*Se podrán transmitir los derechos derivados de las concesiones o asignaciones para la explota-*

*ción, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales dentro de una misma cuenca, o de aguas del subsuelo dentro de un mismo acuífero, cuando estén vigentes e inscritos en el "Registro". La localización y los límites de los acuíferos serán definidos por "La Comisión" conforme a la información y los estudios hidráulicos disponibles, los cuales estarán a disposición del público para su consulta.*

*La transmisión de derechos sólo requerirá autorización de "La Comisión" en los casos establecidos en la "Ley" y el presente "Reglamento".*

La transmisión de derechos sólo requerirá autorización de "La Comisión" en los casos establecidos en la LAN y su Reglamento.

En cuanto a la transmisión de derechos, el Reglamento de la LAN establece en su Artículo 66, que bastará un simple aviso a "la Comisión" en el caso de que sólo se cambie la titularidad del derecho, o cuando se trate de alguna de las cuencas, entidades federativas, zona o localidad a que se refieran los acuerdos que publique "La Comisión".

Es decir, en caso de que no se modifique ninguna característica del título concedido, únicamente su titularidad, será posible realizar únicamente un aviso de cambio de titularidad.

En otros casos, se realizará una solicitud formal a la CONAGUA, que incluya la información reflejada en la siguiente tabla, y será la Comisión la encargada de autorizar dicha transmisión.

INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA SOLICITUD DE TRANSMISIÓN DE UNA CONCESIÓN O ASIGNACIÓN
Copia del título que ampare la explotación, uso o aprovechamiento objeto de la transmisión y constancia de su inscripción en el "Registro", en caso de que haya sido objeto de transmisión anterior;
En caso de que el adquirente sea persona moral, copia de su escritura constitutiva y del documento que acredite la personalidad del solicitante.
Documentos que acrediten que se está al corriente en el pago de las contribuciones y aprovechamientos fiscales en materia de aguas nacionales, conforme a la legislación vigente.
Copia de la carta intención o del proyecto de contrato o convenio que formalice la transmisión, el cual determinará la forma en que expresamente el adquirente asume solidariamente todos los derechos y obligaciones emanados de la concesión o asignación y, cuando la explotación, uso o aprovechamiento se va a efectuar en lugar distinto, responsabilidad solidaria, consistente en cerrar o destruir la obra de extracción y de sufragar los gastos que ello ocasione, por el que transmite y el que adquiere, tan pronto sea autorizada la transmisión de derechos.

Tabla 23: Información que contendrá la solicitud de transmisión de concesión.

La siguiente tabla recoge información sobre los volúmenes de usos transmitidos en la Región. Se presenta el uso inicial y final y los volúmenes transmitidos hasta el año 2010.

Transmisiones de derechos de aguas nacionales por uso		
Uso Inicial	Uso final	Volumen (m <sup>3</sup> /año)
Agrícola	Agrícola	27 024 558
	Doméstico	347 370
	Industrial	3 230 460
	Diferentes Usos	438 896
	Público Urbano	4 191 335
	Servicios	38 000
Público Urbano	Público Urbano	10 271 009
	Agrícola	515 492
	Industrial	65 000
Industrial	Industrial	39 167 400
	Público Urbano	1 073 260
	Servicios	266 543
Doméstico	Doméstico	5 713
	Servicios	100 000
Diferentes Usos	Diferentes Usos	14 755 370
	Agrícola	101 500
	Industrial	1 272 360
	Público Urbano	980 000
	Servicios	1 549 000
Pecuario	Pecuario	413 871
	Agrícola	16 256
	Industrial	41 610
Servicios	Servicios	3 034 415
	Industrial	589 859
<b>Total</b>		<b>109 489 277</b>

Tabla 24: Transmisión de derechos por uso, (acumulado a 2010).

De la tabla anterior, se puede observar que el mayor número de transmisiones son simplemente un cambio de titularidad a excepción del uso doméstico, cuyo mayor número de transmisiones se dio con el uso servicios.

El mayor número de transmisiones entre usos, sin contar cambios de titularidad, fueron:

- Agrícola a público urbano.

- Público urbano a agrícola.
- Industrial a público urbano.
- Doméstico a servicios.
- Diferentes usos a servicios.
- Pecuario a industrial.
- Servicios a industrial.

#### Algunas claves de la administración de usos

La administración de los usos es una responsabilidad de la CONAGUA y del Organismo de Cuenca.

La LAN define a nivel federal una prelación en los usos. Esta prelación podrá ser modificada por los Organismos de Cuenca y CONAGUA se encargará de su aprobación. En cualquier caso, el uso doméstico y el público urbano tienen prioridad sobre el resto de usos.

En la subregión del Valle de México, no se otorgan nuevas concesiones en general, debido a la sobreexplotación, con lo que la actividad se concentra en la administración de los títulos existentes.

De forma generalizada son los propios usuarios los que informan a la autoridad fiscal de sus consumos de agua.

Existe falta de concienciación en los usuarios sobre la importancia de la regularización de sus títulos, lo cual provoca caducidades que han sido corregidas a lo largo de los años a través de sucesivas regularizaciones masivas.

La transmisión de derechos entre distintos usos está permitida, lo cual posibilita la reasignación de recursos ya concedidos, pero el análisis de las repercusiones del nuevo uso sobre terceros y sobre el medio ambiente da lugar a una carga administrativa adicional.

Los nuevos desarrollos urbanos e industriales no son informados/autorizados por el organismo responsable de la administración de los usos, dando lugar a casos de falta de abastecimiento una vez realizados.

### 3.3.3 Demandas

En el presente apartado se recoge información relevante sobre las demandas en la región. Se parte de los volúmenes de agua concesionados según tipo de aprovechamiento, para posteriormente presentar los datos concretos de demanda de aguas tanto superficiales como subterráneas.

Según la NOM-011-CNA2000, para el cálculo de los volúmenes extraídos tanto para aguas superficiales como para aguas subterráneas, se tomarán los datos registrados en el REPDA y co-

respondientes a aguas concesionadas superficiales y subterráneas.

### 3.3.3.1 Volúmenes concesionados

Como punto de partida se han analizado los volúmenes de agua concesionada y registrada en el REPDA, por uso y tipo de aprovechamiento. Se tiene un volumen concesionado de aguas superficiales de 1 834.96 y en aguas subterráneas un volumen de 2 314.53 hm<sup>3</sup> anuales. El total de aguas concesionadas suman un volumen de 4 149.49 hm<sup>3</sup>/año.

Del documento “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, Edición 2011” se ha extraído la información representada en las siguientes tablas, relativa a los volúmenes de agua concesionados en la Región y registrados en el REPDA.

La tabla siguiente muestra que el mayor volumen de concesiones se corresponde con aguas subterráneas, y, de las mismas, el uso que más volumen tiene concesionado es el público urbano. En lo referente a aguas superficiales, el mayor volumen concesionado es para el uso agrícola.

Volúmenes concesionados por uso y tipo de aprovechamiento			
Uso	Origen		Total
	Superficial	Subterráneo	
Agrícola	1 163.54	180.16	1 343.70
Agroindustrial	0.00	0.00	0.00
Doméstico	0.47	2.03	2.51
Acuicultura	22.96	0.00	22.96
Servicios	22.78	9.19	31.97
Industrial	46.02	181.98	228.71
Pecuario	0.47	3.29	3.76
Público Urbano	349.40	1 782.91	2 132.32
Múltiple	8.55	154.98	163.53
Energía Eléctrica	220.75	0.00	220.75
<b>Total</b>	<b>1 834.96</b>	<b>2 314.53</b>	<b>4 149.49</b>

Tabla 25: Volúmenes concesionados (hm<sup>3</sup>/año) (Acumulado a 2010).

La figura siguiente muestra que el abastecimiento público de forma predominante proviene de aguas subterráneas y el uso agropecuario lo hace de aguas superficiales.

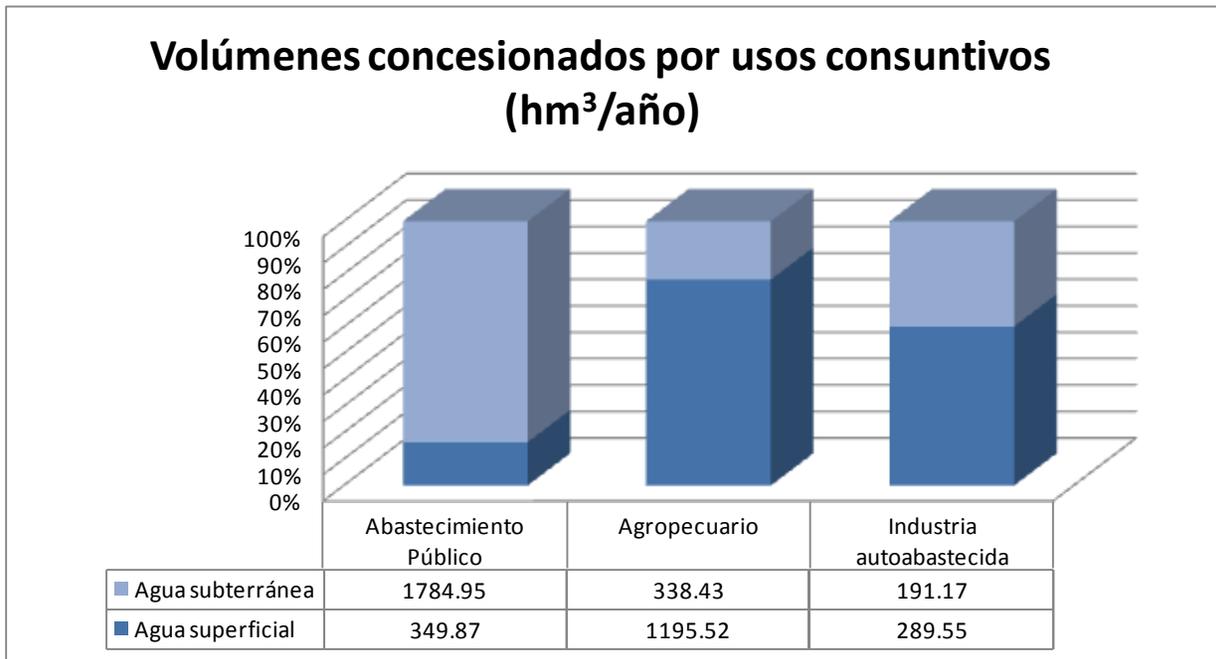


Figura 8: Volúmenes concesionados por usos consuntivos.

La siguiente figura representa la evolución de los volúmenes concesionados en una escala temporal de 10 años. En lo referente a aguas subterráneas en los primeros cuatro años el volumen de agua concesionada fue en aumento. A partir de entonces el volumen concesionado se estabilizó hasta el año 2010 donde sufrió un ligero aumento. Por su parte las concesiones de agua superficial fueron creciendo hasta 2007, año en que empezaron a disminuir, apreciándose un mayor descenso en 2010.

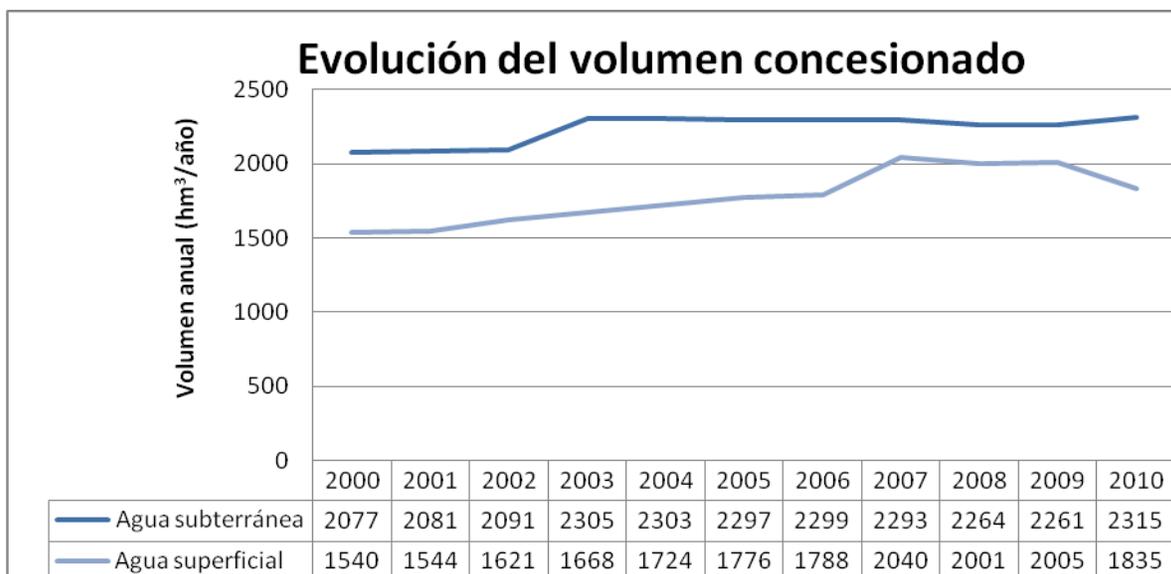


Figura 9: Evolución del volumen concesionado por aprovechamiento.

A continuación se muestran una serie de cuatro gráficas con la evolución de los volúmenes concedidos por estados. En ellas se pueden apreciar las siguientes tendencias:

- Distrito Federal – El volumen concesionado se mantuvo constante en el periodo reflejado.
- Estado de México – El volumen concesionado decreció sobre todo en lo referente a aguas superficiales.
- Estado de Hidalgo – El volumen concesionado fue en aumento especialmente en aguas superficiales.
- Estado de Tlaxcala – Se aprecia un ligero aumento en el volumen concesionado total, tanto en aguas superficiales como subterráneas.

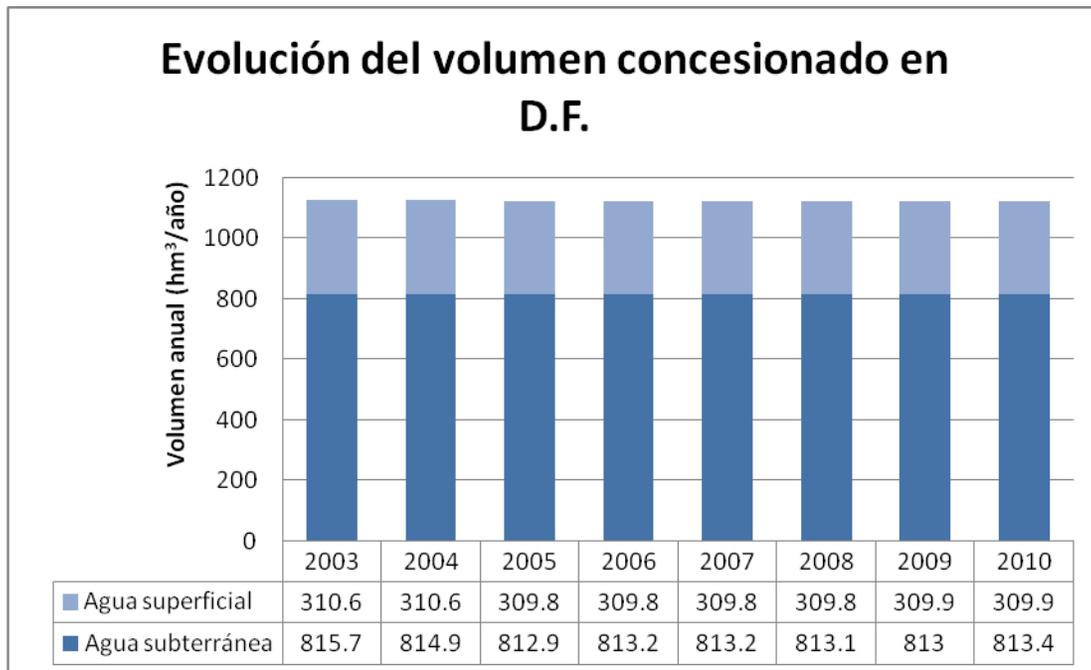


Figura 10: Evolución del volumen concesionado en D.F.



Figura 11: Evolución del volumen concesionado en el Estado de México.

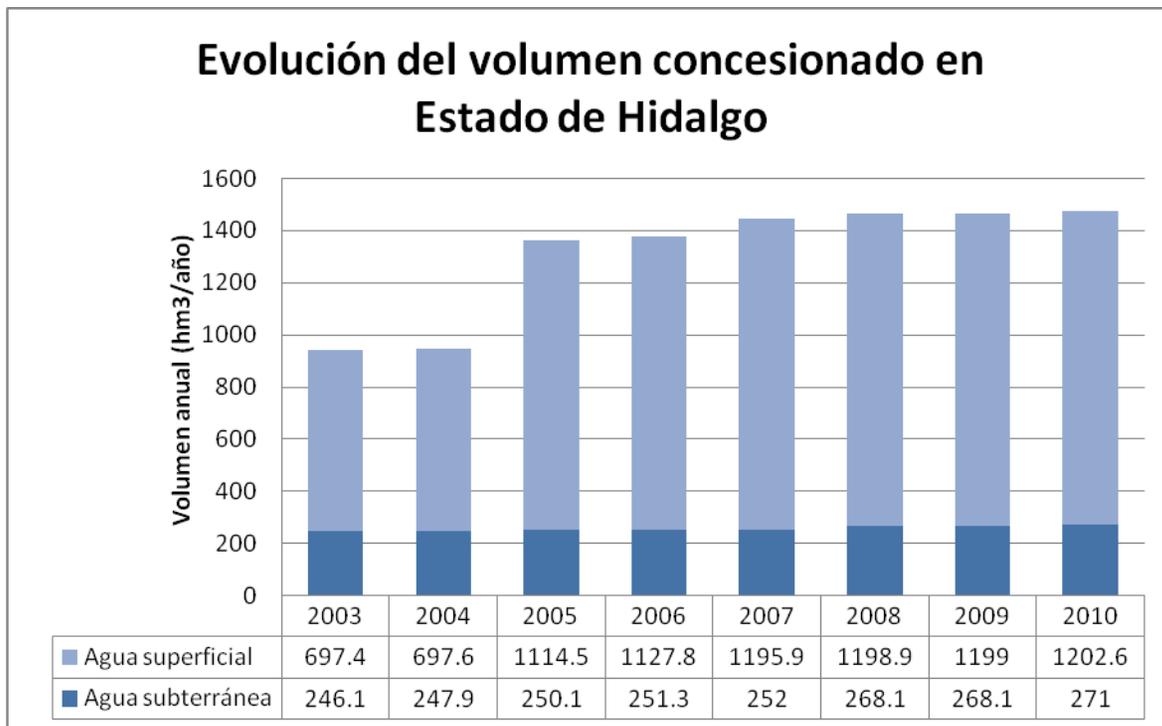


Figura 12: Evolución del volumen concesionado en el Estado de Hidalgo.

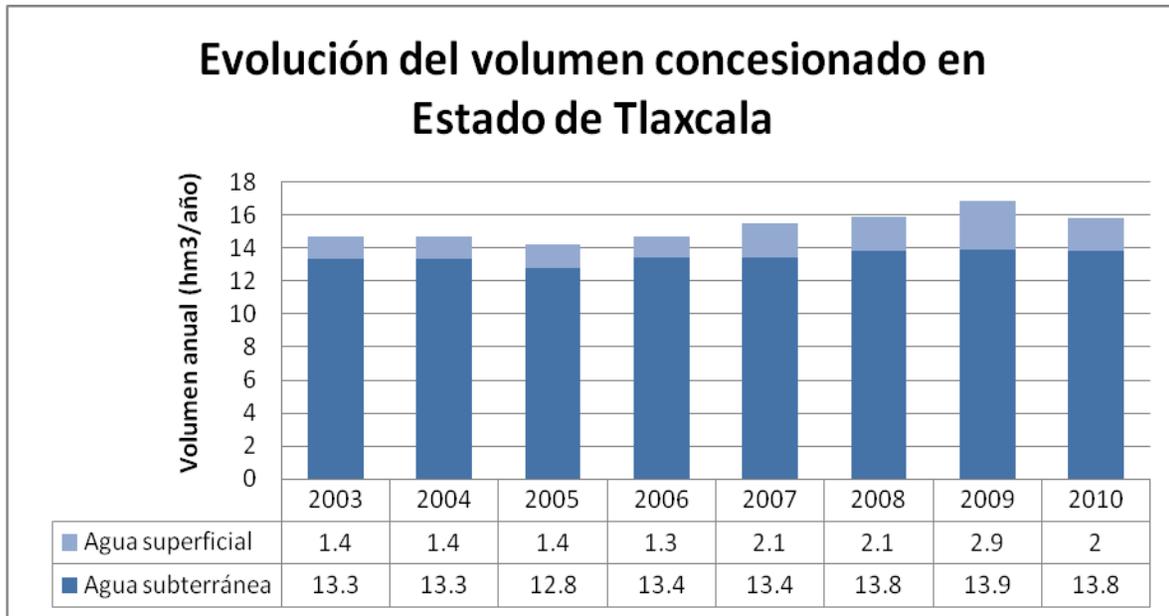


Figura 13: Evolución del volumen concesionado en el Estado de Tlaxcala.

Las tablas presentadas a continuación recogen información sobre los aprovechamientos y usos por estados. De ellas se puede concluir que:

- En lo referente a agua superficial
  - Distrito Federal – El 99.7% se destina al uso público urbano.
  - Estado de México – El 76.9% se destina al uso agrícola.
  - Estado de Hidalgo – El 76% se destina al uso agrícola.
  - Estado de Tlaxcala - El 96.5% se destina al uso agrícola.
  
- En cuanto a agua subterránea
  - Distrito Federal – El 95.9% se destina al uso público urbano.
  - Estado de México – El 73.2% se destina al uso público urbano.
  - Estado de Hidalgo – El 39.7% se destina al uso público urbano y el 25.5% al uso industrial.
  - Estado de Tlaxcala – El 61.3% se destina al uso agrícola y el 31% al público urbano.

Volúmenes concesionado por Entidad Federativa				
Uso	Hidalgo		Tlaxcala	
	Superficial	Subterráneo	Superficial	Subterráneo
Agrícola	914 746 511	32 675 786	1 968 000	8 451 855
Agroindustrial	-	-	-	-
Doméstico	15 517	161 663	-	1 084
Acuacultura	14 787 044	-	35 614	-
Servicios	8 204 667	513 429	-	36 500
Industrial	24 321 626	69 149 430	-	941 165
Pecuario	443 175	598 918	-	-
Público Urbano	13 690 764	107 758 403	28 223	4 276 056
Múltiple	5 685 015	60 188 479	5 676	68 535
Energía Eléctrica	220 752 000	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1 202 646 320</b>	<b>271 046 108</b>	<b>2 037 513</b>	<b>13 775 195</b>

Tabla 26: Volúmenes concesionados de Aguas Nacionales (m<sup>3</sup>/año) (Acumulado a Diciembre 2010).

Volúmenes concesionados por Entidad Federativa				
Uso	Distrito Federal		Estado de México	
	Superficial	Subterráneo	Superficial	Subterráneo
Agrícola	365 040	75	246 455 755	139 037 132
Agroindustrial	-	-	-	-
Doméstico	-	1 990	457 899	1 867 791
Acuacultura	191 316	-	7 947 651	-
Servicios	224 640	3 954 750	14 351 600	4 688 064
Industrial	-	28 685 245	21 702 216	83 208 825
Pecuario	-	-	28 543	2 691 355
Público Urbano	309 052 800	780 516 000	26 631 857	890 369 464
Múltiple	-	291 000	2 864 232	94 430 971
Energía Eléctrica	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>309 833 796</b>	<b>813 449 060</b>	<b>320 439 773</b>	<b>1 216 293 601</b>

Tabla 27: Volúmenes concesionados de Aguas Nacionales (m<sup>3</sup>/año) (Acumulado a Diciembre 2010).

### 3.3.3.2 Demanda de agua superficial por subcuenca

El documento “Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula”, tras haber analizado las extracciones de aguas superficiales, concluye que el volumen de aguas extraídas es superior al de aguas concesionadas. Con el objetivo de precisar

los valores que posteriormente se emplearán en el balance hídrico, en este punto se toman los volúmenes extraídos de aguas superficiales a los que se hace referencia en la mencionada revisión.

La información relativa a demandas de aguas superficiales se recoge en la siguiente tabla. Se han desglosado las diferentes demandas por subcuencas para poder realizar el balance final de manera adecuada.

Volumen utilizado por uso en las cuencas del Valle de México y río Tula <sup>17</sup>										
Cuenca	Agrícola	Público Urbano	Acuacultura	Doméstico	Servicios	Pecuario	Múltiples	Industrial	G. de Energía	Total
<b>Subregión del Valle de México</b>										
Xochimilco	-	11.23	0.00	-	0.00	-	-	-	-	11.23
Río de la Compañía	4.55	1.85	-	0.44	-	-	-	3.11	-	9.95
Tochac - Tecocomulco	2.64	0.27	0.04	0.02	2.28	0.15	0.02	-	-	5.41
Avenidas de Pachuca	14.18	0.66	0.03	0.01	-	0.13	-	-	-	15.01
Texcoco	10.44	2.37	0.19	-	0.00	-	-	-	-	13
Ciudad de México	110.12	484.06	3.03	0.06	1.96	0.01	-	17.72	-	616.97
Cuatitlán	75.27	1.47	3.02	0.03	12.61	-	-	0.07	-	92.47
<b>Subregión de Tula</b>										
Requena	28.21	1.98	2.08	0.00	-	0.02	-	0.22	-	32.51
Endhó	113.66	3.17	1.93	0.02	-	0.06	0.16	24.09	-	143.08
Río Salado	254.18	3.15	2.79	-	0.31	-	-	0.72	220.75	481.89
Río Actopan	381.36	2.06	1.08	0.00	0.99	0.02	0.14	-	-	385.67
Alfajayucan	128.3	0.91	-	-	-	0.25	-	-	-	129.46
Río Tula	640.55	5.18	9.33	0.00	4.55	0.03	0.13	-	-	659.76
<b>Total</b>	<b>1 763.44</b>	<b>518.36</b>	<b>23.51</b>	<b>0.58</b>	<b>22.7</b>	<b>0.68</b>	<b>0.45</b>	<b>45.94</b>	<b>220.75</b>	<b>2 596.41</b>

Tabla 28: Volumen utilizado por uso y subcuencas (hm<sup>3</sup>/año).

De la suma de los volúmenes totales de agua extraídos de las diferentes subcuencas que forman la Región, se obtiene el valor total de agua demandada de 2596.41 hm<sup>3</sup> anuales.

<sup>17</sup> Información extraída del documento Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula

Es importante tener en cuenta que los volúmenes reales extraídos y concesionados no coinciden, como ya se anticipaba al inicio del presente apartado. El volumen real extraído asciende a 2 596.41 y el volumen concedido es de 1 834.96 hm<sup>3</sup>/año. La diferencia entre ambos, según el documento de Revisión de la Disponibilidad citado, se ha identificado como volúmenes de agua destinada principalmente a la agricultura que no estaban contemplados en el REPDA.

### 3.3.3.3 Demanda de agua subterránea por acuífero

En el caso de las aguas subterráneas, dado que no se dispone de ningún estudio sobre extracciones reales, se han tomado los volúmenes concesionados, tal y como establece la NOM-011-CNA-2000.

Así, se analizan los datos por acuífero para poder realizar el balance hídrico de manera correcta. La información presentada en la siguiente tabla, se corresponde con la información publicada en las “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, Edición 2011”.

Situación de los acuíferos en la Región XIII	
Unidad Hidrogeológica (Acuífero)	Volumen concesionado de agua subterránea
<b>Subregión del Valle de México</b>	
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	1 226.43
Tecocomulco	0.86
Apan	8.22
Chalco-Amecameca	92.4
Texcoco	199.67
Cuautitlan-Pachuca	546.69
Soltepec	17.28
<b>Subtotal</b>	<b>2 091.55</b>
<b>Subregión Tula<sup>18</sup></b>	
Valle del Mezquital	162.67
Ixmiquilpan	1.37
Actonpan-Santiago de Anaya	31.03
El Astillero	-
Chapantongo-Alfajayucan	4.74
Ajacuba	0.69

<sup>18</sup> Los datos correspondientes a los acuíferos de Chapantongo-Alfajayucan y Tepeji del Río han sido obtenidos del REPDA.

Situación de los acuíferos en la Región XIII	
Unidad Hidrogeológica (Acuífero)	Volumen concesionado de agua subterránea
Tepeji del Río	10.59
<b>Subtotal</b>	<b>211.09</b>
<b>Total Regional</b>	<b>2 302.64</b>

Tabla 29: Situación de los acuíferos (hm<sup>3</sup>/año).

Se observa en la tabla anterior que el volumen concesionado total es de 2 302.64 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales el 90.8% corresponde con la subregión del Valle de México y el 9.2% con la subregión de Tula.

El volumen total de aguas subterráneas concesionadas por acuífero es de 2 302.64 hm<sup>3</sup>/año. El volumen total de aguas subterráneas concesionadas por uso es de 2 314.53 hm<sup>3</sup>/año. Puesto que no se dispone de la información de las concesiones de aguas subterráneas del acuífero El Astillero, se considera que los valores presentados son coherentes.

Es importante tener en cuenta, que en la información existente, se reflejan valores de concesiones de distintos años. Esta consideración unida al hecho de que no existe información sobre las concesiones de aguas subterráneas en el acuífero El Astillero, justifica la pequeña desviación apreciada.

#### Algunas claves de las demandas de agua

El volumen total concesionado se ha mantenido en tendencia ascendente en los últimos 10 años, con una mayor estabilidad del volumen concedido subterráneo.

El Distrito Federal mantiene unas demandas prácticamente constantes en los últimos años.

Las demandas por estados son muy estables en los últimos años para agua subterránea, mientras que son más irregulares en el agua superficial demandada. En el Estado de México, aunque ha experimentado altibajos, se ha reducido; en Hidalgo se ha incrementado notablemente, y en Tlaxcala ha aumentado ligeramente.

Existe una gran discrepancia entre volúmenes de agua concesionados y realmente captados en aguas superficiales, lo cual se da principalmente en la subregión de Tula y, en concreto, en el uso agrícola.

No existen estudios actuales sobre volúmenes realmente extraídos de aguas subterráneas, por lo que pueden ser superiores a los concesionados, como ocurre con los superficiales.

### 3.4 Balance hídrico

En este apartado se calcula la diferencia entre la disponibilidad y las demandas hídricas, obte-

niendo el balance final de agua para la región hidrológico-administrativa XIII.

### **Definición**

Se entiende como balance de agua el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado. Se tienen en consideración todos los componentes que participan en el ciclo hidrológico: precipitación, evaporación, infiltración y escorrentía, así como los usos y demandas del agua en la zona.

### **Metodología**

Se realiza el balance tomando los datos que aparecen en el apartado 3.2 sobre disponibilidad de agua superficial y subterránea y 3.3 sobre administración de usos y demandas de este mismo informe.

Siguiendo el criterio de los anteriores apartados, se calculó un balance para aguas superficiales y subterráneas, consideradas de manera separada.

#### **3.4.1 Aguas superficiales**

Según la Norma Oficial Mexicana NOM 011-CONAGUA- 2000, el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo del sitio de interés se calcula como sigue:

**Se calcula el Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (VMAEAAB)** como sigue:

$$\text{VMAEAAB} = \text{VMAEAAR} + \text{VMAEN} + \text{VAR} + \text{VAIM} - \text{VAEX} - \text{VAEAS}, \text{ siendo:}$$

- VMAEAAB: Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba
- VMAEAAR: Volumen medio anual de escurrimiento natural
- VMAEN: Volumen anual de retornos
- VAR: Volumen anual de importaciones
- VAIM: Volumen anual de importaciones
- VAEX: Volumen anual de exportaciones
- VAEAS: Volumen anual de extracción de agua superficial

En la publicación “Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula” se realiza un balance hídrico teniendo en cuenta los retornos, pese a que se conoce que dichos retornos están formados en gran medida por agua residual.

Se antoja necesario realizar un balance alternativo en este informe sin contar con los retor-

nos, debido a la baja calidad que presentan los mismos y que, consecuentemente, no podrán ser usados para cualquier tipo de aprovechamiento.

Se realizan, pues, en este primer informe, dos balances de aguas superficiales y subterráneas, uno contando con los retornos y otro sin tenerlos en cuenta.

Puede comprobarse que el dato del balance hídrico resultante sin considerar los retornos es significativamente menor. Incluso, puede verse que en la subcuenca del Río Cuautitlán y en la del Río Actopán (Chicvasco) el balance desprende valores negativos.

A continuación se presenta el estudio de balances realizado para ambas subregiones.

#### 3.4.1.1 Cuenca del Valle de México

Nombre de sub-cuenca	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de retornos (hm <sup>3</sup> )	Volumen captado anual (hm <sup>3</sup> )	Balance anual considerando retornos (hm <sup>3</sup> )	Balance anual sin considerar retornos (hm <sup>3</sup> )
Xochimilco	44.25	101.41	11.23	<b>134.43</b>	<b>33.02</b>
Río de la Compañía	78.27	82.12	9.95	<b>150.44</b>	<b>68.32</b>
Texcoco	68.78	31.99	13.00	<b>87.77</b>	<b>55.78</b>
Río de las Avenidas de Pachuca	164.85	59.45	15.01	<b>209.29</b>	<b>149.84</b>
Ciudad de México	1 187.87	890.78	616.97	<b>1 461.69</b>	<b>570.90</b>
Río Cuautitlán	84.48	146.48	92.47	<b>138.49</b>	<b>-7.99</b>
Tochac-Tecocomulco	39.91	6.40	5.41	<b>40.90</b>	<b>34.50</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1 668.41</b>	<b>1 318.63</b>	<b>764.04</b>	<b>2 223.01</b>	<b>904.37</b>

Tabla 30: Balance de agua superficial en el Valle de México.

El balance final de las aguas superficiales en la región del Valle de México asciende a 2 223.01 hm<sup>3</sup>/año.

Omitiendo los datos de los retornos, el balance final de aguas superficiales para la región de Valle de México es de 904.37 hm<sup>3</sup>/año.

### 3.4.1.2 Cuenca del Río Tula

Nombre de sub-cuenca	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de retornos (hm <sup>3</sup> )	Volumen captado anual (hm <sup>3</sup> )	Balance anual considerando retornos (hm <sup>3</sup> )	Balance anual sin considerar retornos (hm <sup>3</sup> )
Presa Requena	69.14	12.53	32.51	<b>49.16</b>	<b>36.63</b>
Presa Endhó	295.31	33.28	143.08	<b>185.51</b>	<b>152.23</b>
Río Salado	651.92	248.69	481.89	<b>418.72</b>	<b>170.03</b>
Río Actopan (Chicavasco)	351.48	144.20	385.67	<b>110.01</b>	<b>-34.19</b>
Río Tula	1 137.95	336.79	659.76	<b>814.98</b>	<b>478.19</b>
Río Alfajayucan	181.78	1.38	129.46	<b>53.70</b>	<b>52.32</b>
<b>TOTALES</b>	<b>2 687.58</b>	<b>776.87</b>	<b>1836.37</b>	<b>1 632.08</b>	<b>855.21</b>

Tabla 31: Balance de agua superficial en el Río Tula.

El volumen de las aguas superficiales para le región de Tula tras realizar el balance asciende a 1 632.08 hm<sup>3</sup>/año.

Una vez omitidos los retornos, el balance de las aguas superficiales para la región de Tula es de 855.21 hm<sup>3</sup>/año.

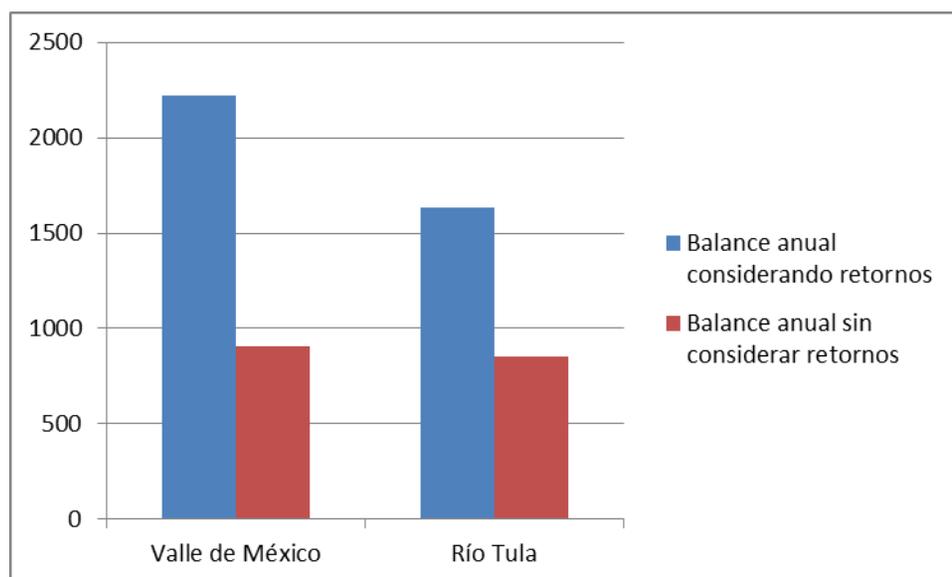


Figura 14: Gráfico comparativo de cuencas para el balance de agua superficial (unidades en hm<sup>3</sup>).

Como puede comprobarse, tanto en el caso de contar los retornos a la hora de hacer el balance, o sin contar con ellos, el resultado es positivo. No existe déficit de agua superficial en nin-

guna de las subregiones, si bien, es reseñable que la cantidad de agua omitiendo los retornos es significativamente menor y que algunas subcuencas podrían ser deficitarias.

### 3.4.2 Aguas subterráneas

Para el cálculo del balance de las aguas subterráneas se restarán los volúmenes concesionados de extracción (apartado 3.3 de este informe) a la disponibilidad natural media de agua subterránea (apartado 3.2 de este informe)

Se hace una distinción entre subregiones, ya que pese a que no coinciden de manera exacta con los límites de cuenca, puede hacerse una comparación razonable atendiendo a la distribución de acuíferos y subcuencas de toda la región.

#### 3.4.2.1 Subregión del Valle de México

Acuífero	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)	Volúmenes concesionados (hm <sup>3</sup> /año)	Balance (hm <sup>3</sup> /año)
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	512.80	1 226.43	<b>-704.63</b>
Tecocomulco	27.30	0.86	<b>26.44</b>
Apan	67.20	8.22	<b>58.98</b>
Chalco-Amecameca	76	92.40	<b>-16.4</b>
Texcoco	150.60	199.67	<b>-49.07</b>
Cuautitlán-Pachuca	356.70	546.69	<b>-189.99</b>
Soltepec	50.80	17.28	<b>33.52</b>
<b>TOTALES</b>	<b>1 241.40</b>	<b>2 091.55</b>	<b>-841.15</b>

Tabla 32: Balance de agua subterránea en la cuenca de Valle de México.

El balance de las aguas subterráneas para la subregión del Valle de México es negativo en 841.15 hm<sup>3</sup>/año.

#### 3.4.2.2 Subregión del río Tula

Acuífero	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)	Volúmenes concesionados (hm <sup>3</sup> /año)	Balance (hm <sup>3</sup> /año)
Valle del Mezquital	351.30	162,67	188.63

Acuífero	Disponibilidad natural media de agua subterránea (hm <sup>3</sup> /año)	Volúmenes concesionados (hm <sup>3</sup> /año)	Balance (hm <sup>3</sup> /año)
Ixmiquilpan	21.00	1,37	19.63
Actopan-Santiago de Anaya	81.90	31,03	50.87
El Astillero <sup>19</sup>	2.5	*	*
Chapantongo-Alfajayucam	6.8	4,74	2.06
Ajacuba	8.30	0,69	7.61
Tepeji del Río	15.0	10,59	4.41
<b>TOTALES</b>	<b>486.80</b>	<b>211,09</b>	<b>273.21</b>

Tabla 33: Balance de agua subterránea en la cuenca del Río Tula.

El balance de las aguas subterráneas para la región de Tula es de 273.21 hm<sup>3</sup>/año.

A continuación se presenta un gráfico comparativo entre los balances de las dos subregiones.

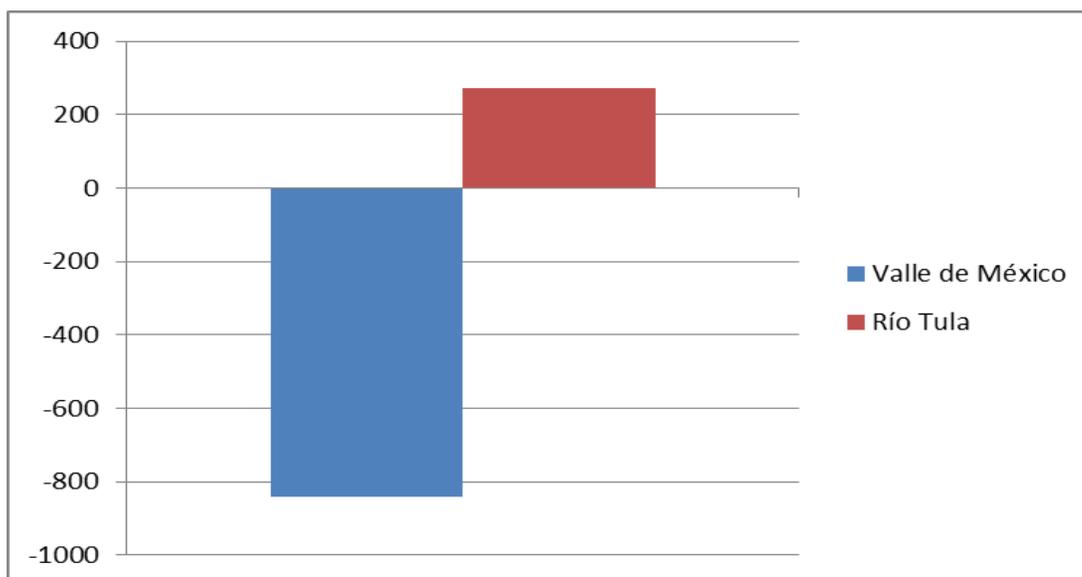


Figura 15: Gráfico comparativo de cuencas para el balance de agua subterránea (unidades en hm<sup>3</sup>).

<sup>19</sup> Se desconoce el volumen concesionado para el acuífero del Astillero por lo que no se tiene en cuenta a la hora de realizar el balance final. Nótese que la disponibilidad de agua subterránea es de 2.5 (hm<sup>3</sup>/año) por lo que la diferencia en el balance una vez conocido el dato no será significativa.

### Algunas claves del balance hídrico

El balance de agua superficial en el Valle de México es de 2223.01 hm<sup>3</sup>/año contando los retornos y 904.37 hm<sup>3</sup>/año sin contar con ellos.

El balance de agua superficial en el río Tula es de 1632.08 hm<sup>3</sup>/año contando los retornos y 855.21 hm<sup>3</sup>/año sin contar con ellos.

El balance de agua subterránea en el Valle de México es de -841.15 hm<sup>3</sup>/año.

El balance de agua subterránea en el río Tula es de 273.21 hm<sup>3</sup>/año.

Los balances están calculados sin considerar los usos ambientales, factor a tener en cuenta según queda expresado en la Ley de Aguas Nacionales.

En el cálculo del balance de aguas superficiales puede verse que considerando los retornos, siempre se obtiene un resultado positivo, aunque se considera más realista el balance hídrico sin tener en cuenta dichos retornos, por no tener una certeza total de la calidad de los mismos.

En el cálculo del balance de aguas subterráneas puede notarse la gran problemática de extracciones de agua en los acuíferos de la región del Valle de México.

## 3.5 Calidad del agua

A partir del análisis de la información recopilada de la calidad del agua superficial y subterránea en la zona de estudio, incluyendo las fuentes de abastecimiento que están fuera de la cuenca del Valle de México y la zona del Valle del Mezquital, que es en donde se vierten las aguas residuales que se generan dentro del Valle de México y que son reutilizadas en riego agrícola, se identifican los aspectos clave que caracterizan la problemática de la región y se formulan planteamientos orientados a propiciar la prevención, preservación y mejora de la calidad del agua, en donde el concepto de calidad del agua se integre como un indicador fundamental de la gestión del recurso y el cumplimiento de sus objetivos estratégicos.

### Definición

La calidad del agua es un indicador eficaz en la gestión del recurso en su conjunto porque además de permitir identificar el riesgo de una posible contaminación de las fuentes de abastecimiento con su grado de vulnerabilidad por exposición a fuentes potenciales de contaminación, por otro lado también facilita el seguimiento y evaluación de los pasivos ambientales que se transfieren a la zona de descarga de las aguas residuales que se generan en el área urbana, proporcionando a su vez información sobre el uso eficiente del recurso en cuanto al reuso y reciclado que se hace o podría hacerse de estas aguas residuales.

Por otro lado, se tiene que el concepto de calidad del agua está estrechamente vinculado al concepto de salud pública, junto con los niveles de cobertura y agua potable y alcantarillado, lo que lo ubica dentro de un marco de referencia que comparte con los ámbitos de la protección civil, la seguridad social y la marginación y pobreza.

Al mismo tiempo, la calidad del agua, desde el punto de vista hidrogeológico, revela el origen y “trayectoria” del tipo de agua que es proporcionada por las fuentes de abastecimiento.

Finalmente, el grado de deterioro en la calidad del agua de una cuenca determinada, representa de forma indirecta una evidencia de la cultura del agua que prevalece tanto en los usuarios como en las entidades y organismos a cargo de la operación de los sistemas de agua y de las instituciones responsables de su preservación. De esta forma, el concepto de calidad del agua comprende prácticamente toda la ruta del agua, desde su captación, uso, reuso y vertido en los cuerpos receptores, así como los ámbitos de desarrollo social en los que el recurso agua tiene un papel muy importante para el diseño e implementación de las políticas públicas enfocadas al desarrollo social principalmente.

Es en este sentido que se identifica la conveniencia de orientar con propósitos estratégicos la medición de la calidad del agua a través de las redes de monitoreo en la zona de estudio, buscando propiciar tanto la instrumentación de prácticas de detección temprana en aquellas situaciones que lo ameriten por el grado de riesgo que impliquen, así como el monitoreo programático de seguimiento y evaluación de los problemas ya identificados y la medición específica y detallada de estudios de investigación de casos especiales, en donde, en todos los casos, se considere la integración del concepto de la calidad del agua al sistema de indicadores de gestión del recurso, alineando este concepto a través de índices específicos a los objetivos estratégicos de la zona de estudio.

### **Metodología**

A partir de la información recopilada en cuanto a la calidad del agua, y de entrevistas con actores clave, se formula una interpretación global de la situación que se da actualmente en la zona de estudio y sus fuentes de abastecimiento dentro y fuera de la cuenca del Valle de México y en la zona de descarga de aguas residuales. Se describen los riesgos potenciales de contaminación del agua que se han identificado para las fuentes de abastecimiento y el grado de deterioro de la calidad del agua en la zona de descarga de las aguas residuales (Valle del Mezquital) y se evalúa el alcance que representa el pasivo ambiental acumulado en esta zona.

Se analiza la conveniencia de instrumentar una reestructuración del monitoreo de la calidad del agua en la zona de estudio y su área de influencia, en la que se considere una integración regional de las redes de medición con una estratificación de niveles de monitoreo de detección con fines preventivos, de investigación y de evaluación y seguimiento.

### 3.5.1 Zona de Estudio – Calidad del Agua

Respecto al tema de la calidad del agua es necesario extender el alcance geográfico del estudio para incorporar como parte de su área de influencia tanto las cuencas hidrológicas en donde se ubican las fuentes de abastecimiento que están fuera del ámbito geográfico de la propia Cuenca del Valle de México, como son el sistema de pozos Lerma y el sistema de presas del Cutzamala (Figura 16:), desde donde se importan volúmenes importantes de agua superficial y subterránea para satisfacer la demanda de agua potable, como la cuenca hidrológica del Valle del Mezquital, hacia donde se transfieren las descargas aguas residuales que se generan en el área metropolitana que está dentro del Valle de México (Figura 17:)

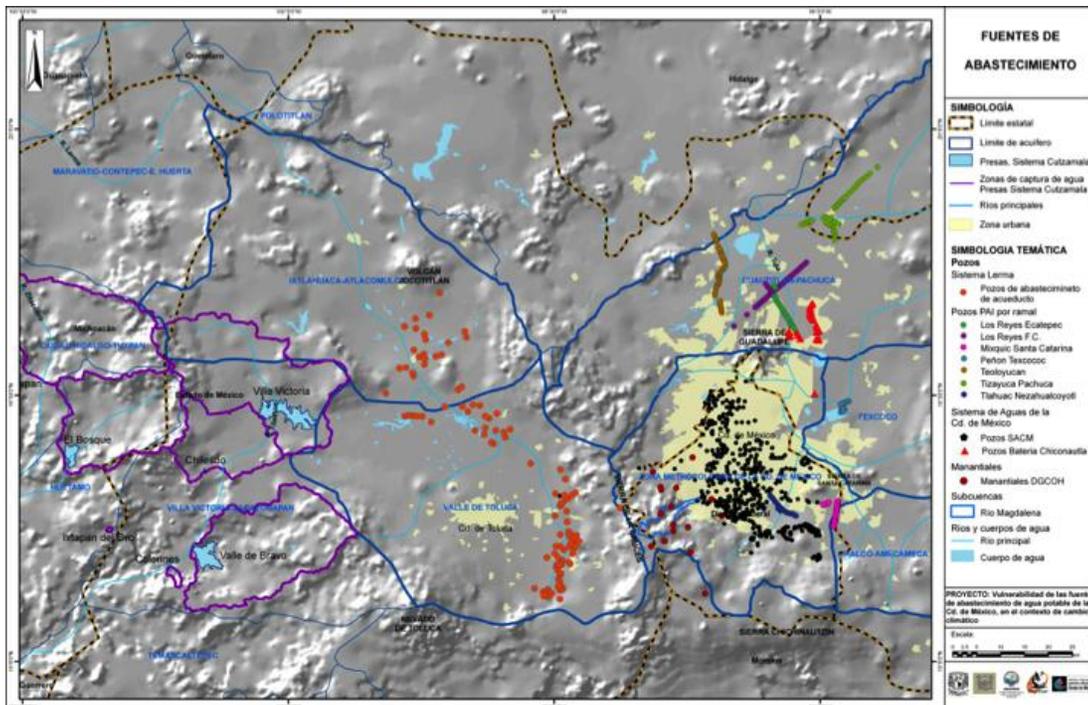


Figura 16: Fuentes de Abastecimiento de la Cuenca del Valle de México.

Fuente: 2009, Escolero, et al.

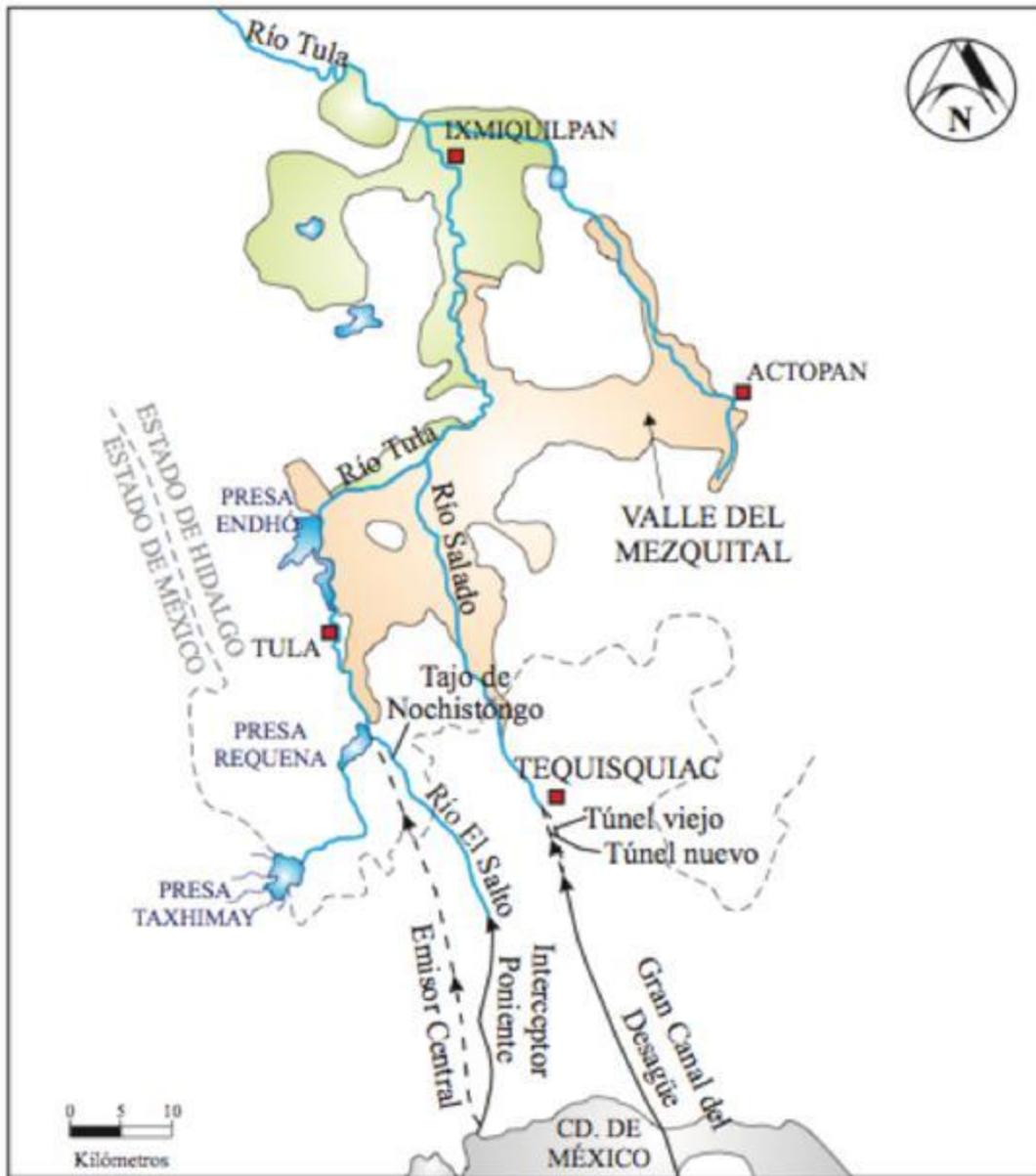


Figura 17: Flujo de las descargas de aguas negras de la Ciudad de México hacia el Valle del Mezquital

Fuente: 2011, Lesser C. L. E., et al.

### 3.5.2 Problemática

Es común que el concepto de calidad del agua se le considere sólo como un atributo definido socialmente en función de su uso (SEMARNAT, 2005). Lo anterior a partir de que cada uso requiere un determinado estándar de calidad, el cual generalmente se define dentro de un marco internacional de referencia, que en el caso de la calidad del agua, por sus implicaciones en la génesis de enfermedades a las que se les asocia a un origen hídrico, está muy vinculado a la salud pública, en donde las Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMM) son una directriz normativa fundamental. No obstante, como se mencionó con anterioridad, el concepto

de calidad del agua tiene muchas implicaciones que conviene tener en cuenta para los objetivos del estudio, comprendiendo desde la captación en las fuentes de abastecimiento hasta la descarga y el eventual reúso directo o indirecto de las aguas residuales, así como sus características hidrogeológicas y lo que representan respecto a su origen y tipo de familia de aguas.

En México, el estándar de la calidad del agua para consumo humano lo norma el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Salud (SSA) conforme se establece en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 de “Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe someterse el Agua para su Potabilización”, la cual establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional (SSA, 1995). Es decir, quienes están obligados a cumplir esta norma son los organismos o entidades que proporcionan directamente el servicio de agua potable a la población. No obstante, respecto al cumplimiento o incumplimiento de esta norma la información es muy escasa por lo que en términos prácticos la verificación que con fines preventivos se realiza respecto de la calidad del agua que se proporciona a la población “lo único que se mide en el agua de suministro municipal es el contenido de cloro residual y en ocasiones, mucho menos frecuentes, la densidad de coliformes fecales” (Jiménez, 2008).

Otras normas que están relacionadas de forma más directa con la calidad del agua son:

- La Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, que establece requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
- La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

La verificación del cumplimiento de estas normas corresponde a la CONAGUA y está enfocada principalmente a la prevención de la contaminación de las aguas nacionales, tanto superficiales como subterráneas.

Respecto a la calidad del agua que se suministra como agua potable en el Valle de México se

debe considerar que en la zona de estudio este servicio es proporcionado directamente por diversas instancias que incluye a los organismos operadores municipales de los municipios de las tres Entidades Federativas (México, Hidalgo y Tlaxcala) además del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que corresponde al organismo operador en el Distrito Federal, y que estos organismos operan con fuentes propias dentro y fuera del Valle de México (el Sistema de Pozos del Río Lerma se localiza en el Valle de Toluca, Estado de México y es operado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México), pero que también reciben agua en bloque a través del Sistema Cutzamala que es operado por la CONAGUA, que es una entidad del Gobierno Federal que es coadyuvante de la SSA en la vigilancia del cumplimiento de la NOM-127-SSA1-1994.

Por otra parte, la captación y extracción del agua en las fuentes de abastecimiento se lleva a cabo en un contexto en donde se tiene que uno de los principales problemas ambientales que se enfrenta a nivel nacional es la descarga directa de aguas contaminadas de origen doméstico, industrial y agrícola en cuerpos de agua en donde se tiene que el tratamiento de las aguas residuales sigue siendo una de las áreas de oportunidad por resolver, encontrándose que conforme al estudio: “Calidad del Agua en el Valle de México” (Vázquez, 2001) se reporta que 11 de las 34 cuencas hidrológicas del país están fuertemente contaminadas por descargas de aguas residuales, fundamentalmente, urbanas e industriales. Y en donde para el año 2001 en el que se realizó en el citado estudio se estimó que el 91% de la carga contaminante se generaba en 31 cuencas. Teniéndose que en 4 de ellas (Lerma, Pánuco, San Juan y Balsas), se recibían aproximadamente la mitad de las aguas residuales de todo el país (Vázquez, 2001), siendo una de ellas (Lerma) en donde se localiza una de las principales fuentes de agua potable del Valle de México.

En este mismo tenor se tiene que por varios años en México, para evaluar la calidad del agua de los principales cuerpos de agua, se empleó un índice: el Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada 18 parámetros fisicoquímicos (entre los que se encuentran la demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, coliformes, fosfatos, pH y sólidos suspendidos) y en donde se denota el deterioro de la calidad del agua (SEMARNAT, 2005). Este índice considera valores en una escala de 0 a 100, donde a mayor valor, mejor calidad. Ahora bien, se tiene que de acuerdo con los resultados del ICA en 2003, la región hidrológica administrativa con mayores problemas de contaminación era la de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, con 55% de sus cuerpos de agua monitoreados altamente contaminados. (SEMARNAT, 2005).

Por otra parte también se tiene que en la evaluación de la calidad del agua se debe considerar que, aunque el agua reúna las condiciones de potabilidad al ingresar al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor, ya sea por contaminación del mismo sistema de distribución o por manejo intradomiciliario deficiente, el cual se agrava por el almacenamiento en cisternas, tinacos u otros depósitos. (Vázquez, 2001).

### 3.5.2.1 Aguas subterráneas.

#### Acuífero de la Ciudad de México.

La principal fuente de agua subterránea en el Valle de México es el acuífero de la Ciudad de México. En el Estudio “Calidad del Agua en el Valle de México”, realizado en el año 2001 por Vázquez O. J. y Domínguez M. E. de la CONAGUA, se reportan los resultados del monitoreo que se realizó en 200 pozos profundos ubicados en los ramales: Tláhuac- Netzahualcóyotl, Mixquic- Sta. Catarina, Zona Conurbada al Distrito Federal, Ecatepec, Los Reyes Ferrocarril, Teoloyucan, Peñón- Texcoco y Tizayuca-Pachuca. En donde básicamente todos estos puntos de monitoreo se encuentran dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México (Figura 18:).

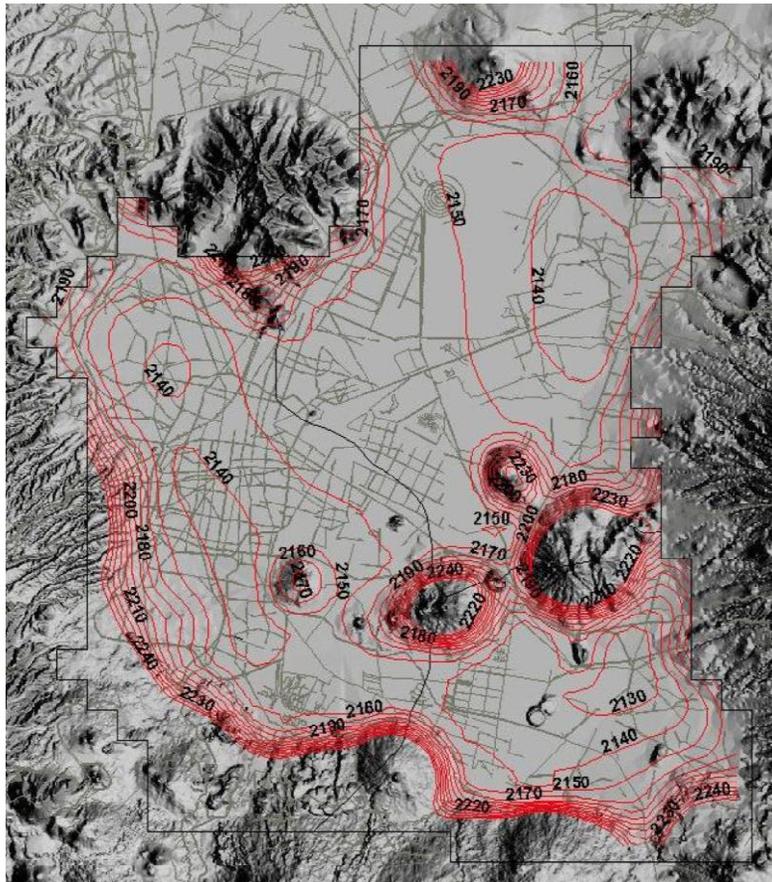


Figura 18: Zona del acuífero de la Ciudad de México.

Fuente: 2012, C. Cruickshank., et al.

Como resultado de esta campaña de monitoreo se encontraron evidencias de un cierto grado de dureza en el agua con concentraciones moderadas (300 ppm) en pozos de los Ramales Tláhuac y Sta. Catarina Mixquic. También en estos ramales se encontraron pozos con concentraciones ligeramente por arriba de lo que marca la normatividad en cuanto a los parámetros de Hierro y Manganeso. Esta situación también se refleja en los valores de pH y en la conduc-

tividad y están relacionados con las características hidro-geo-químicas del propio acuífero y no se asocian a una contaminación de tipo antropogénico.

En la Sierra Chichinautzin, al sur de la ciudad de México, una de las áreas de recarga más importante del acuífero, el avance de la urbanización, junto con la “falta de servicios de drenaje en los asentamientos ilegales favorece la infiltración directa de aguas residuales a través de las fracturas del subsuelo”, lo que estaría afectando la calidad del agua del acuífero (Escolero et al, 2009).

Los pozos de Chiconautla se localizan al norte de la Ciudad de México, por el Municipio de Ecatepec. Estos pozos que operan desde 1957 y que se ubican cerca de fuentes de contaminación importantes como son el basurero municipal de Chiconautla y un área de evaporación solar para la producción de sosa, han presentado problemas de calidad del agua por plomo, coliformes y otros organismos. Estas evidencias se detectaron en un pozo que está a un kilómetro del basurero (Escolero et al, 2009). En tanto, en el área de evaporación se tienen identificados una cantidad importante de pozos abandonados sin sello, por lo que representan un riesgo de infiltración de agua salobre hacia el subsuelo.

En términos generales se puede señalar que para este acuífero la mayor problemática en cuanto a la calidad del agua se encuentra al oriente y sur de la Ciudad de México (Iztapalapa, Tlahuac y Xochimilco) en donde, por la infiltración de agua de mala calidad por la falta del servicio de drenaje y por el exceso de extracción del agua del acuífero profundo podría estar induciendo el flujo vertical de agua de mala calidad del acuífero superior hacia el acuífero profundo, lo que estaría generando un proceso gradual de degradación en la calidad de las aguas subterráneas.

### **Pozos del Plan de Acción Inmediata (PAI)**

En la misma zona acuífera, y como parte de los mismos pozos, se pueden diferenciar los pozos del llamado El PAI que inició su operación en el año 1970 por medio de 9 baterías de pozos (Figura 19:).

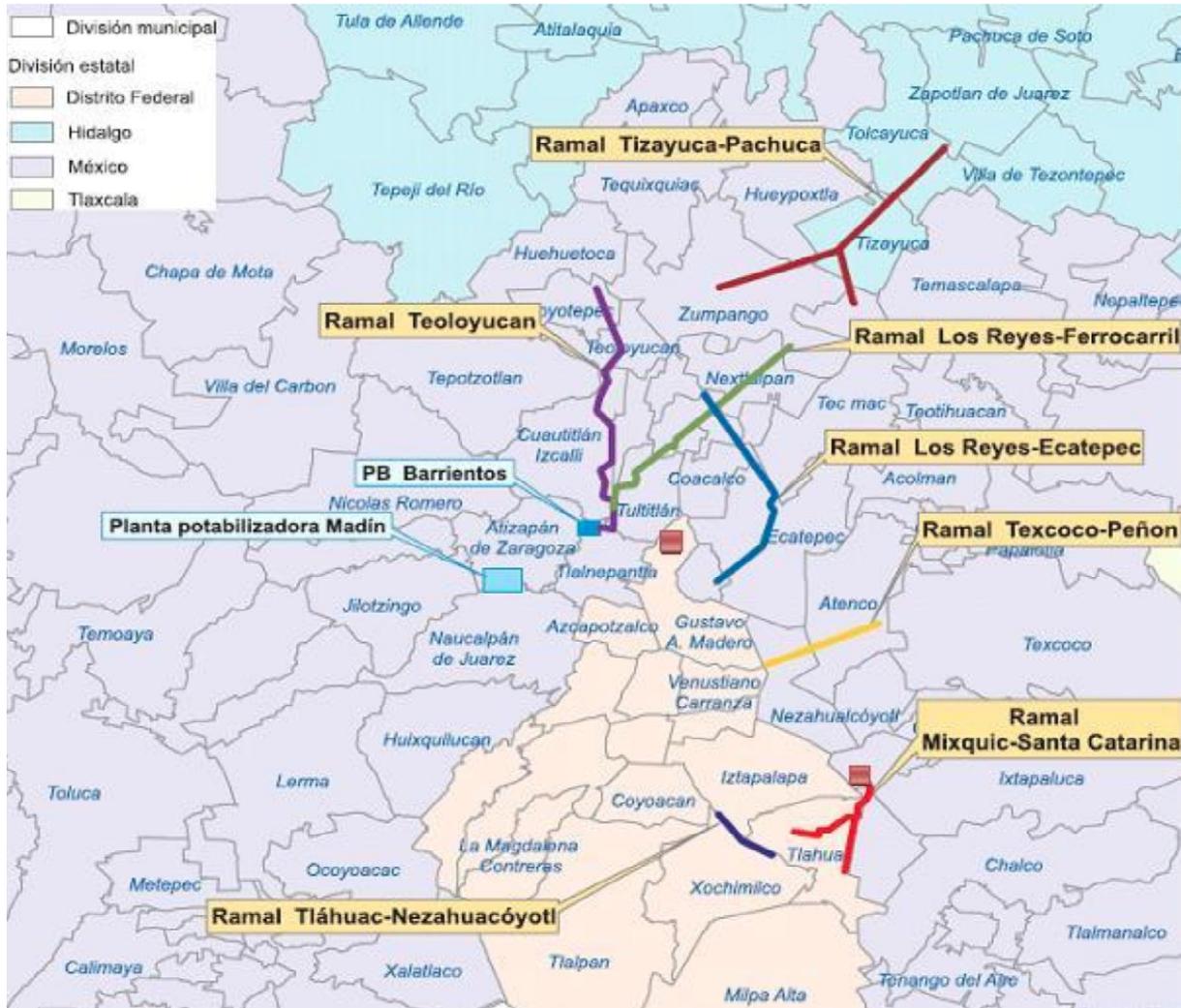


Figura 19: Pozos del Sistema PAI.

Fuente: 2009, Escolero., et al.

La calidad del agua que se presenta en este sistema es la siguiente:

En el Ramal Los Reyes-Ecatepec, que se ubica al noreste siguiendo la trayectoria del Gran Canal de Desagüe del Sistema de Drenaje de la Ciudad de México, se han encontrado concentraciones altas de sodio, cloro y SDT (Escolero et al, 2009). Ninguno de estos parámetros refleja una contaminación asociada a las aguas residuales que conduce el Gran Canal de Desagüe. De hecho, los pozos de los ramales del norte del PAI se ha encontrado que se caracterizan por altos niveles de sodio, cloro, bicarbonato, dureza y SDT, incluso por arriba de los límites que establece la NOM-127 (Escolero et al, 2009), lo que es un indicativo del carácter alcalino de las aguas subterráneas de esta zona, condición que se confirma en los pozos del ramal Tizayuca-Pachuca. De igual forma en el ramal Teoloyucan en algunos pozos cercanos a la laguna Zumpango se presentan altas concentraciones en sodio y cloro. Lo mismo pasa en los ramales Los Reyes-Ferrocarril y Los Reyes-Ecatepec. Esta situación se ha considerado que se debe a condi-

ciones del patrón de flujo del agua subterránea en la zona que podría estar en comunicación con la antigua zona de descarga del Lago de Texcoco (Escolero et al, 2009).

En el ramal Tláhuac-Nezahualcóyotl se han detectado altas concentraciones de manganeso que sobrepasan la norma NOM-127, principalmente en los pozos del norte de este ramal, que son los pozos más productivos. En este caso el origen del problema se ha atribuido a que la extracción excesiva de agua de estratos profundos podría estar induciendo el drenaje de capas sobreyacentes de arcillas, que proveen agua rica en hierro y manganeso.

En donde si se han detectado evidencias de una posible contaminación por infiltración de aguas residuales es en los pozos del ramal Mixquic-S. Catarina, en donde la mayoría de los pozos tiene contenidos de nitrógeno amoniacal por encima de la NOM-127, además de valores dispersos de sodio, cloro y hierro (Escolero et al, 2009). El nitrógeno, específicamente el amoniacal, está directamente asociado al proceso de descomposición de materia orgánica, por lo que también podría asociarse a los depósitos lacustres.

### **Sistema de pozos Lerma.**

Otra de las fuentes importantes de agua subterránea para el Valle de México son los pozos del Alto Río Lema que se ubican en los acuíferos del valle de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco (Figura 20:).

Aún cuando en este caso no se contó con información sobre la calidad del agua en los pozos que abastecen de agua potable a la Ciudad de México, por el contexto de contaminación que prevalece en la zona por las descargas de aguas residuales municipales e industriales, y por la presencia de una gran cantidad de basureros a cielo abierto cerca del área en la que se encuentran las baterías de pozos, se identifica un importante riesgo de contaminación para las aguas subterráneas de la zona.

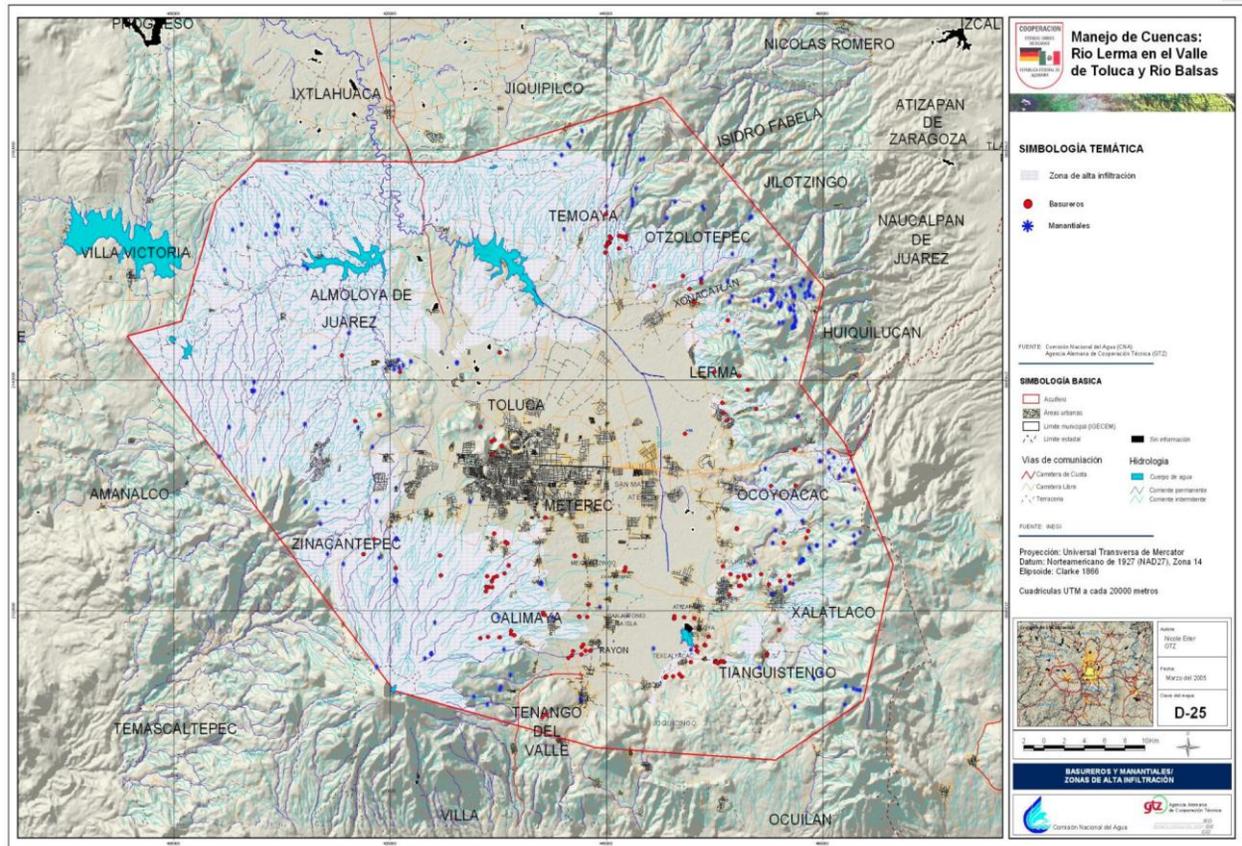


Figura 20: Pozos del Sistema Lerma (ubicación de manantiales y basureros).

Fuente: 2009, Escolero., et al.

### 3.5.2.2 Aguas superficiales

Dentro del Valle de México todavía se cuentan 18 manantiales que aportan cerca de 800 l/s para el abastecimiento de agua potable (Escolero et al, 2009), en algunas zonas de la Ciudad de México, en donde se tiene que algunos de ellos se encuentran dentro de la zona urbana de la ciudad, por lo que están expuestos a sufrir una cierta contaminación.

La principal fuente de abastecimiento de agua potable de aguas superficiales del Valle de México es el Sistema de Presas Cutzamala. De este sistema la Presa Valle de Bravo es la que en términos de calidad del agua ha llamado más la atención debido a que por las altas concentraciones que se han reportado en nitrógeno total y por la “generación de brotes de micromalezas acuáticas, infestación de hidrófitas como *Eichornia crassipes*, mortandad de peces, espuma, malos olores” (Escolero et al, 2009), se tiene que “según la clasificación de la OCDE (en donde se tiene en cuenta la concentración de clorofila para hacer esta clasificación) el embalse pasó de un estado eutrófico (hasta el año 2000), a un estado hipertrófico. El deterioro es atribuido a la presencia de nutrientes en los sedimentos y a las descargas excesivas de nitrógeno y fósforo procedentes de los ríos” (Escolero et al, 2009). Esta situación representa una amenaza real para la disponibilidad, en cuanto a la calidad del agua, de esta importante fuente

de abastecimiento, en donde la CONAGUA (citado por Escolero et al, 2009) ha reportado en los sedimentos del lago concentraciones de metales pesados (aluminio y plomo) que han resultado que en los bioensayos de toxicidad en estos sedimentos hayan evolucionado de “no tóxicos” en 2002 a “levemente tóxicos” en 2003 (Escolero et al, 2009).

### **Valle del Mezquital. Zona de descarga de las aguas residuales.**

Desde hace casi un siglo las aguas residuales y pluviales que se generan y captan en la zona urbana de la Ciudad de México son enviadas al Valle del mezquital en la cuenca del Río Tula, Se estima que el sistema de drenaje sanitario y pluvial de la Ciudad de México descarga actualmente cerca de 32 m<sup>3</sup>/s de agua residual y 20 m<sup>3</sup>/s de agua pluvial en el Valle del Mezquital (Escolero et al, 2009), los cuales se aprovechan para riego de 84 500 has de tierra agrícola y benefician a más de 50 000 productores (Escolero et al, 2009).

En un estudio reciente (Lesser et al, 2011) se encontró que en 65 pozos que fueron muestreados y en los que se realizaron análisis químico del agua subterránea, el sodio y los sólidos totales disueltos se presentan con concentraciones por arriba del límite máximo permisible para agua de uso y consumo humano. Otros parámetros fueron detectados por arriba de este límite fueron los fluoruros, plomo y arsénico, además en cerca de 30 de 75 pozos que fueron analizados se detectaron coliformes, incluyendo en algunos casos coliforme fecales (Lesser et al, 2011) (Figura 21:).

De acuerdo a los resultados obtenidos por este estudio se observa que en la zona se presenta un deterioro generalizado en la calidad del agua y el medio ambiente, producto de la transferencia de las aguas residuales de la Ciudad de México que se ha realizado durante muchos años.

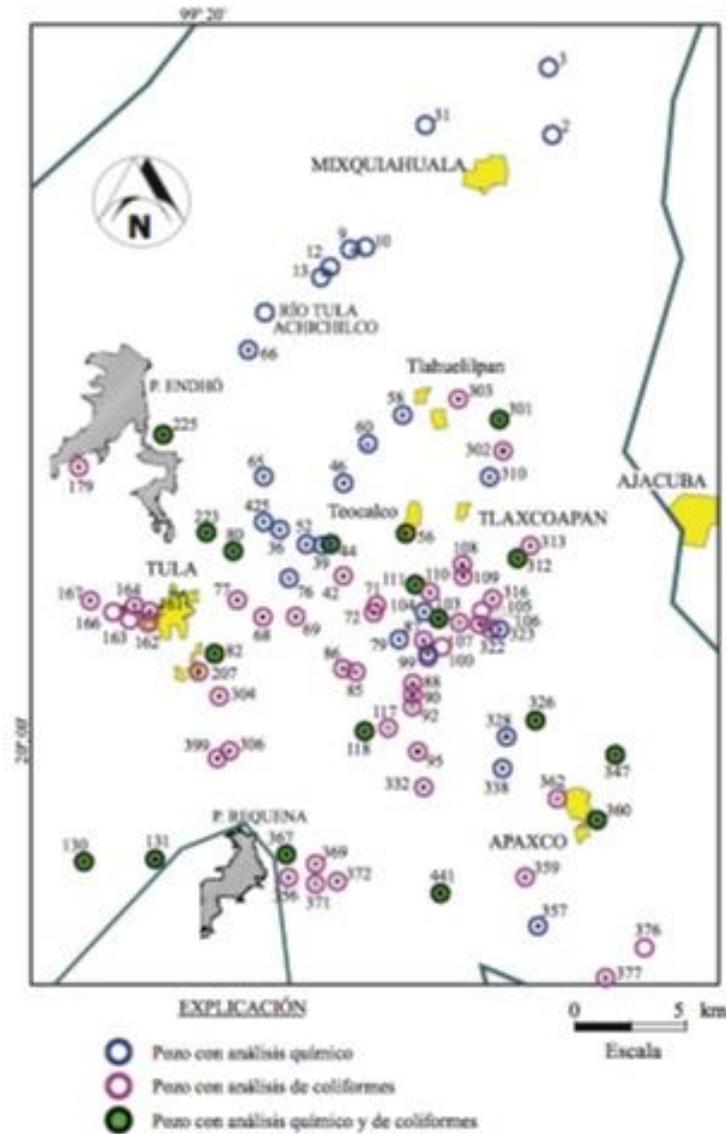


Figura 21: Localización de aprovechamientos muestreados para la caracterización hidrogeoquímica y de calidad el agua.

Fuente: 2011, Lesser., et al.

### 3.5.3 Avances y perspectivas

Las acciones y estudios que se han venido realizando por parte de las instancias del sector público en el Valle de México y el área de influencia respecto a la calidad del agua indican que este concepto se ha abordado primordialmente con objetivos de verificación respecto a los estándares normativos, aún cuando la información al respecto es escasa, principalmente para el caso del cumplimiento de la NOM 127 que norma la calidad del agua para consumo humano.

Así mismo se tiene que el monitoreo de la calidad del agua que realiza principalmente la CO-NAGUA , el SACMEX, la Comisión del Agua del Estado de México y la Comisión del Agua del

Estado de Hidalgo, se realiza sin considerar una coordinación efectiva interinstitucional que permita además del intercambio de información, su interpretación para fines pragmáticos y programáticos.

Por parte de la academia se han realizado estudios importantes que revelan una situación de deterioro ambiental importante que establece un contexto de alta exposición y riesgo de contaminación de las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas.

Se tiene en marcha un programa de recarga artificial de agua residual con tratamiento avanzado con pozos de absorción en la zona sur de la ciudad en el que habría que dar seguimiento puntual a la evolución de la calidad del agua, sobre todo porque está ubicado en una de las principales áreas de recarga del acuífero.

### **3.5.4 Conclusiones**

Sin duda, la concurrencia en la preservación de la calidad del agua, ha sido un escenario optimo para el control de las descargas de aguas residuales de origen público – urbano. En ese sentido, la correlación normativa de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, vinculada a las responsabilidades que otorga la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, con apoyo de la NOM-001-SEMARNAT-1996, y que para desestimular incumplimientos se apoya en la Ley Federal de Derechos, ha sido la herramienta idónea para lograr los avances que se han logrado en la recuperación de la calidad de las aguas residuales de origen público urbano, la cual ha avanzado hasta el 42% de las que se generan en el país y casi el 9% de las que se generan en el Valle de México.

Si a ello se le suman los estímulos federales a los Estados y Municipios, traducidos en participaciones federales y en los Programas de Prosanear y Protar, que estimulan la construcción y la operación de plantas de tratamiento, bajo el estímulo adicional de cancelar los créditos fiscales que se generaron por incumplimiento de la Ley Federal de Derechos, puede asegurarse que el camino es correcto, pero ha sido insuficiente en el tema de las aguas residuales que se producen y se tratan.

Para ello se requiere establecer acciones mas coercitivas hacia los diferentes sectores de usuarios, e inclusive hacia los Estados y Municipios materia del presente análisis, para permear la importancia del tratamiento de las aguas residuales y el beneficio que se traduce al contar con mayor disponibilidad de aguas, aunque sea para un segundo uso.

Realignar los Programas Federalizados es un tema que coadyuvará en el incremento de los sistemas de tratamiento construidos y operados, para la preservación del recurso en materia de calidad.

En la aplicación de las disposiciones legales, la Comisión Nacional del Agua tiene jerarquía sobre la Procuraduría del Medio Ambiente, en materia de control de las descargas de aguas re-

siduales de origen público – urbano.

La vigilancia, control, permisos de descarga y aplicación de las sanciones, es de la exclusiva competencia de la Comisión Nacional del Agua, quien la ejerce directamente o a través de los Organismos de Cuenca y de las Direcciones Locales asignadas.

Con la información recopilada se identifican problemas de deterioro en la calidad del agua que indican una gestión inadecuada de este concepto en la zona de estudio y su área de influencia. Es necesario impulsar la integración y sistematización del monitoreo de la calidad del agua, y a partir de las evidencias identificadas establecer estrategias de atención específicas a los problemas que ya se tienen identificados, dándoles un seguimiento a los resultados de las acciones que se adopten.

#### Aspectos claves de Calidad del Agua

La calidad del agua en el Valle de México indica evidencias de un proceso gradual de deterioro ambiental que podría afectar la disponibilidad del recurso, tanto de las fuentes de aguas superficiales como de las subterráneas.

No se cuenta con la información necesaria para caracterizar adecuadamente en la zona de estudio y su área de influencia la evolución espacial y temporal de la calidad del agua, lo que permitiría establecer con mayor precisión el estatus actual vigente de la calidad del agua y su posible evolución.

Hay en el Sistema Cutzamala (Presa Valle de Bravo) evidencias de un proceso de eutrofización que se tendría que detener para garantizar la disponibilidad del recurso de esta fuente.

En el caso de los pozos del Lerma el aprovechamiento se realiza en un contexto de deterioro ambiental que eventualmente podría afectar su disponibilidad por una contaminación del manto acuífero.

En el Valle del Mezquital es necesario desarrollar un proceso de restauración regional que restablezca las condiciones ambientales originales previas a la descarga de las aguas residuales, sobre todo si se considera que las aguas subterráneas de la zona representan una alternativa futura de abastecimiento de agua potable.

### 3.6 Hundimiento del terreno causado por la sobreexplotación

En este apartado se presenta un análisis de la información que fue recopilada respecto al hundimiento del terreno que se ha venido presentando desde hace varias décadas en el área metropolitana de la Ciudad de México dentro del Valle de México, y que en gran medida se ha asociado, casi de forma exclusiva, a la sobreexplotación que se ha hecho de las aguas subterráneas de la zona.

El hundimiento que ha afectado el área metropolitana de la Ciudad de México ha alcanzado en ciertas zonas más de 12 metros en relación al relieve original de las antiguas zonas fluvio-lacustres (Carrión, 2011). Este fenómeno se ha visto acompañado con el surgimiento de frac-

turas en el terreno que preferentemente ocurren en donde se combinan las condiciones geológicas fluvio-lacustres y volcánicas características del Valle de México con factores de tipo antropogénico que activan y desarrollan los mecanismos asociados con el fracturamiento del subsuelo, provocando afectaciones a la infraestructura urbana, incluyendo el sistema de alcantarillado y drenaje sanitario (Lesser - Cortés, 1998).

### **Definición**

En principio habría que tener en cuenta que actualmente se ha reconocido que el hundimiento y el surgimiento de fracturas del terreno es un fenómeno multifactorial y multiescalar (Carrión, 2011) y que “considerar que el fracturamiento es sólo debido al abatimiento de los niveles piezométricos del agua subterránea implica una simplificación del fenómeno” (Carrión *et al*, 2006), por lo que si bien es cierto que el hundimiento regional de la ciudad de México guarda una relación importante con la sobreexplotación a la que ha estado sujeto el acuífero del subsuelo del valle de México, y que esta relación ha sido ampliamente estudiada y explicada desde la publicación en 1948 del artículo sobre la influencia de los pozos artesianos en el hundimiento de la Ciudad de México por el científico mexicano Nabor Carrillo, a quien se le ha reconocido como el primero que explicó “el mecanismo que regula la formación de grietas en el Valle de México”, también habría que tener en cuenta que la “subsistencia en la Ciudad de México fue reportada incluso antes de iniciarse la extracción intensiva del agua subterránea” (Carrión, 2006) en un reporte hecho por el Ing. Gayol en 1929 sobre el sistema de drenaje de la ciudad, lo que plantea la conveniencia de considerar otros factores cuya participación en el fenómeno también son importantes, sobre todo porque el reflejo institucional para atender su problemática, tendría no sólo que involucrar otras instancias gubernamentales, académicas y de investigación (como ya está ocurriendo en cierta forma en la práctica), sino que incluso habría que evaluar si resultaría más provechoso mover el centro gravitatorio de atención institucional del problema hacia la protección civil, ya que quizás fue que por su origen hidráulico que se le encargó su atención en 1954 a la Comisión Hidrológica del Valle de México, institución que es un antecedente directo de la ahora Gerencia Regional del Valle de México de CONAGUA (Figuroa – CAVM), y desde entonces se ha identificado al sector hidráulico como el directamente responsable de su atención, de tal forma que corriendo este centro gravitatorio institucional hacia el área de protección civil facilitaría una coordinación interinstitucional mayormente enfocada a la prevención y a la regulación normativa de los procesos constructivos y de operación y mantenimiento de las edificaciones que se ubiquen en aquellas áreas en las que la cartografía de peligro señale como mayormente expuestas a sufrir algún tipo de afectación.

### **Metodología**

Se busca acotar lo mejor posible las condiciones que impone este fenómeno al aprovechamiento sustentable del recurso, así como precisar hasta qué punto una reducción significativa

y selectiva de la extracción de las aguas subterráneas del Valle de México, favorecería el control en el futuro desarrollo del hundimiento del terreno, y permitiría detener o reducir el surgimiento de las fracturas que acompañan a este fenómeno con las afectaciones que se deriva en la infraestructura urbana y en la población en general.

Se identifican y discuten las diferentes acciones y medidas que se han venido implementando, sus resultados y avances, así como las perspectivas que plantean respecto a los objetivos del presente estudio, incluyendo la necesidad de poder medir los beneficios que se obtendrían de su instrumentación.

### **3.6.1 Zona de Estudio – hundimientos**

El Valle de México forma parte del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), también conocido como Faja o Eje Volcánico Transmexicano (Figura 22:) cuya formación se caracteriza por una interacción de fallamiento regional, procesos fluvio-lacustre y una actividad Plio-Cuaternaria (Carrión, 2011). De esta forma el CVM y sus características y dinámica geológica establece el marco regional en el que está inserta la zona de estudio, en tanto que desde un enfoque local, ésta se localiza totalmente dentro del Valle de México porque la ubicación de las zonas afectadas guardan una fuerte relación con el área que comprendían los antiguos lagos que conformaban el valle, que es en donde de acuerdo a la información recopilada se han identificado los sitios en los que este hundimiento se ha presentado de forma más acentuada, situación por la que su problemática se ha relacionado precisamente con el origen geológico de tipo lacustre-volcánico del Valle de México (Figura 23:).

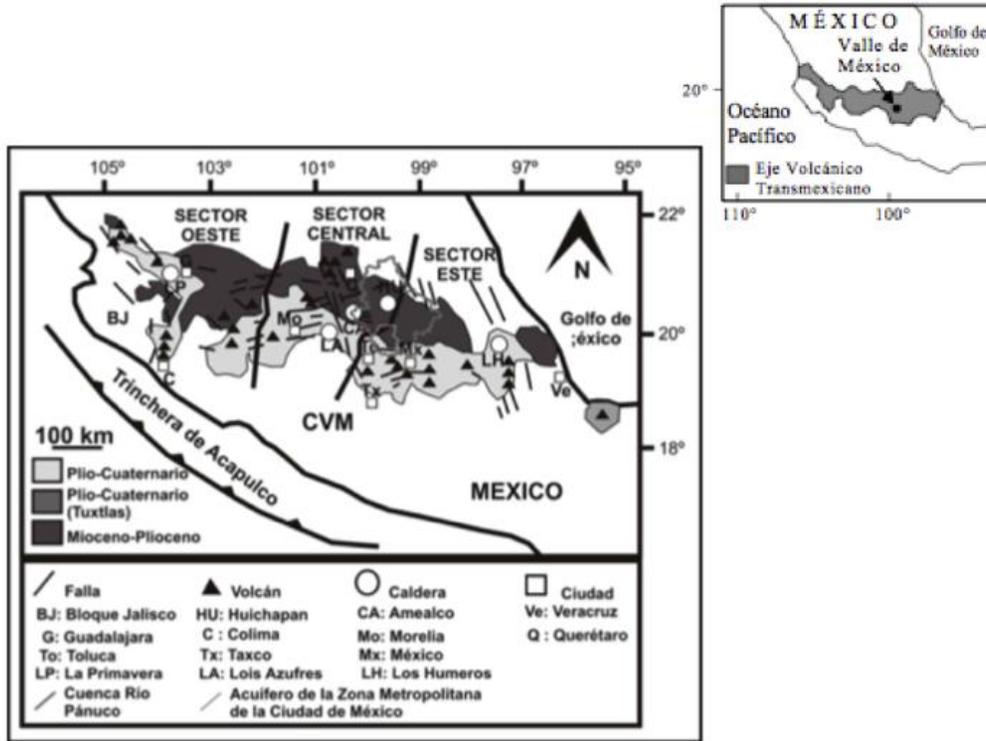


Figura 22: Cinturón Volcánico Mexicano (Faja o Eje Volcánico Transmexicano). Fuentes: Leyva S. E. 2010 y Carrión F. D. ,2006..

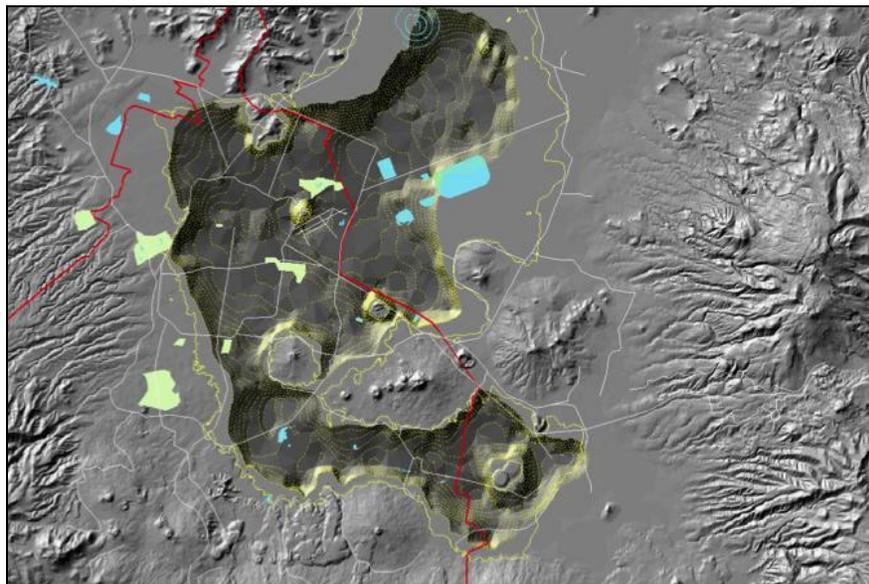


Figura 23: Ubicación de los antiguos lagos del Valle de México. Fuente: 2012, Auvinet G.

### 3.6.2 Problemática

En la literatura especializada sobre el tema se reportan casos similares al de la Ciudad de México en diferentes partes del mundo. Así se tienen eventos en Arizona, Idaho, California, Texas y Nevada en los Estados Unidos, mismos que fueron presentados durante simposios interna-

cionales del (IASH) sobre hundimientos del terreno en los años 1969, 1976, 1984 y 1991 (Carrión, 2006). Hay referencias de publicaciones que datan desde 1984 que reportan el surgimiento de grietas que llegan a tener longitudes desde unas decenas de metros hasta varios kilómetros (Figueroa – CAVM).

En México este fenómeno también se ha presentado, además del área metropolitana de la Ciudad de México, en diferentes partes de la República Mexicana, entre los que se mencionan los casos de la ciudad de Aguascalientes, Querétaro y otras ciudades como Toluca, Morelia, Puebla, San Luis Potosí, León, Celaya y Guadalajara, entre otras (Carreón, F. D., 2011) que se ubican principalmente en la zona centro del país entorno a la provincia fisiográfica del Cinturón Volcánico Mexicano CVM (Figura 22:) que se caracteriza por presentar un vulcanismo predominantemente de tipo calco-alcalino, con variaciones en su composición de basáltico a riolítico y con una mayor abundancia de rocas de composición intermedia.

Se ha señalado que desde 1891 se sabía ya de este hundimiento regional del terreno en la Ciudad de México (Díaz-Rodríguez J. A., 2005), refiriendo que en ese tiempo la velocidad de hundimiento del terreno variaba entre 3 a 5 cm/año, misma que se fue incrementando paulatinamente llegando a ser de 15 a 30 cm/año en la década de los 50's (1947), velocidad que para la actual década se reportan valores de 5 a 7 cm/año.

Se sabe que originalmente el abastecimiento de la Ciudad de México se hacía a través de una gran cantidad de manantiales (Lesser, 1998) que había dentro y alrededor de la ciudad. El siguiente paso para cubrir la demanda de agua de la ciudad fueron los pozos someros o norias. Se ha señalado que para el año de 1886 habría más de mil norias dentro de la ciudad (Lesser, 1998), y que por nivelaciones de esas fechas (entre 1891 y 1895) se habrían tenido hundimientos del terreno en la ciudad del orden de los 5 cm/año (Lesser, 1998), En tanto, con la perforación de los primeros 93 pozos profundos, entre 1936 y 1944 el hundimiento del centro del terreno de la ciudad se incremento a 18 cm/año (Lesser, 1998).

En el año de 1960 se inicia la reducción de extracción del agua subterránea en el centro de la ciudad y se inicia simultáneamente la explotación de la zona acuífera de Xochimilco – Chalco a sur de la ciudad. Este cambio se reflejó en un cambio de tendencias en el hundimiento del terreno en la zona centro de la ciudad como se muestra en la Figura 24:..

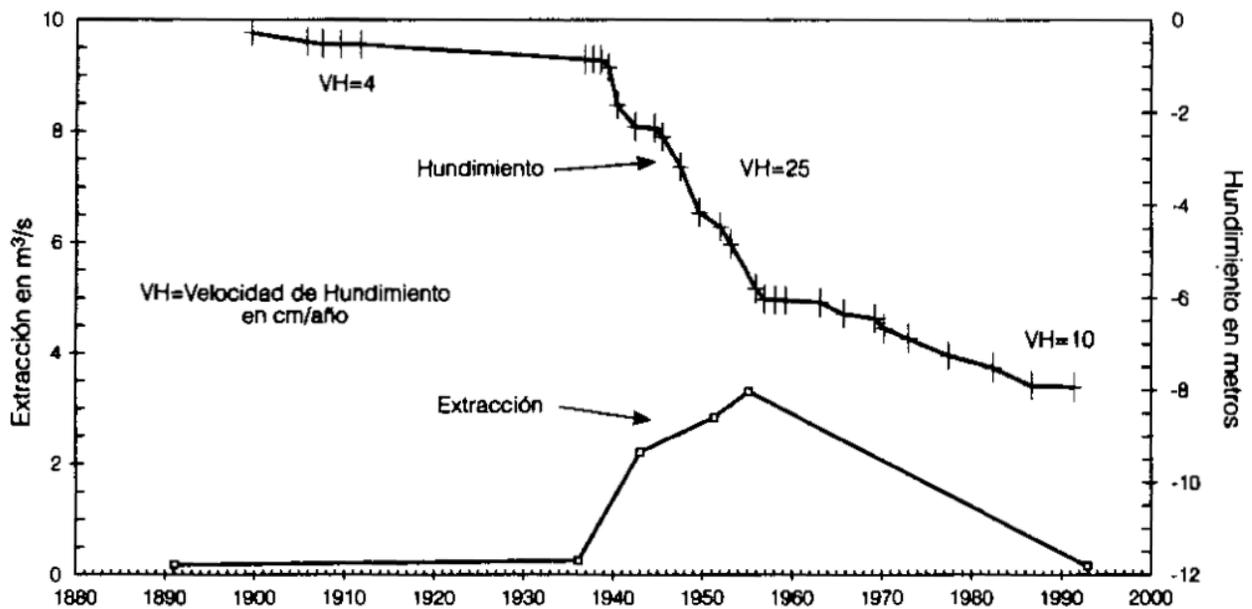


Figura 24: Correspondencia entre la extracción de agua subterránea y el hundimiento de terreno en la zona centro de la Ciudad de México; Fuente Lesser, 1998

En tanto, por el contrario, en la zona sur de la ciudad se observa precisamente para el mismo periodo el surgimiento de un incremento en el hundimiento poco tiempo después de haber iniciado el aprovechamiento de las aguas subterráneas, como se muestra en la Figura 25:..

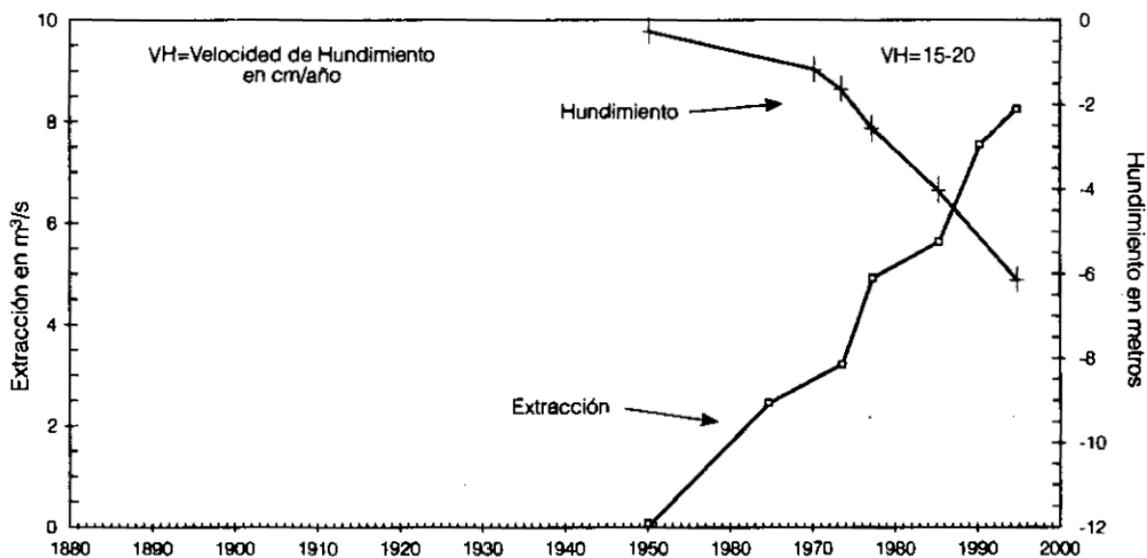


Figura 25: Correspondencia entre la extracción de agua subterránea y el hundimiento de terreno en la zona sur de la Ciudad de México; Fuente Lesser, 1998

Respecto de lo que se muestra en las dos gráficas anteriores, habría que tener en cuenta que hay una diferencia de tipo hidrogeológico entre el tipo acuífero que se tiene en la zona centro

de la ciudad y el que hay en la zona de Xochimilco – Chalco, que está al pié de monte de la Sierra Chichinautzin, una de las principales entradas de recarga del acuífero, que aún cuando si se menciona en el artículo, en cambio no se discute a la luz de la evolución de los niveles reportados, y es que el acuífero de la zona centro en sus primeras etapas de aprovechamiento estaría funcionando como un acuífero semiconfinado, precisamente por el paquete arcilloso (acuitardo) al que se le atribuye el proceso de consolidación asociado al hundimiento del terreno en esa zona de la ciudad. En tanto el acuífero de la zona Xochimilco – Chalco, aún cuando también presenta características lacustres, éste está ubicado en una zona de transición entre los lagos y los estratos de depósito de materiales piroclásticos de origen volcánico. Esta diferencia marca un proceso de consolidación de las arcillas con un comportamiento diferente, por lo que su correspondencia no puede ser tan lineal como aparece en las graficas. No obstante, ambas son un referente importante para evaluar la respuesta del acuífero ante políticas distintas de aprovechamiento, lo que constituye un antecedente de gran utilidad para el futuro.

Por otra parte, respecto a la evolución temporal y espacial del hundimiento del terreno que se ha sufrido en la Ciudad de México, en la siguientes figuras (Figura 26:, Figura 27:, Figura 28:) se presenta el registro histórico del hundimiento para diferentes puntos de la Ciudad de México y el hundimiento acumulado en diferentes zonas de la Ciudad, en donde es posible observar la correspondencia que hay en la ubicación de estas zonas con la zona de los exlagos que formaban parte de la cuenca del Valle de México, y en donde se destaca lo siguiente (Lesser, 1998).

Se identifican 3 etapas en el hundimiento:

1ª .- De 1898 a 1937 con un comportamiento casi lineal con 4 cm/año.

2ª .- De 1937 a 1947 con un comportamiento casi lineal con 14 cm/año

3ª.- De 1947 a 1996 con un comportamiento que varía de 40 cm/año a 10 cm/año.

En el periodo 1891 a 1994 los mayores hundimientos se registraron en la zona centro de la ciudad (poco más de 10 metros); le sigue la zona del Aeropuerto Internacional Benito Juárez (6 – 7 metros); los hundimientos tienden a desaparecer hacia la zona de mayores elevaciones (Sierra de las Cruces al poniente; Sierra Chichinautzin al sur; Cerro de la Estrella y Sierra Sta. Catarina al centro-oeste).

En el periodo 1983 – 1992 se contó con una mayor precisión en las nivelaciones diferenciales y el mayor hundimiento se presentó en la zona oriental por el aeropuerto (150 – 250 cm)

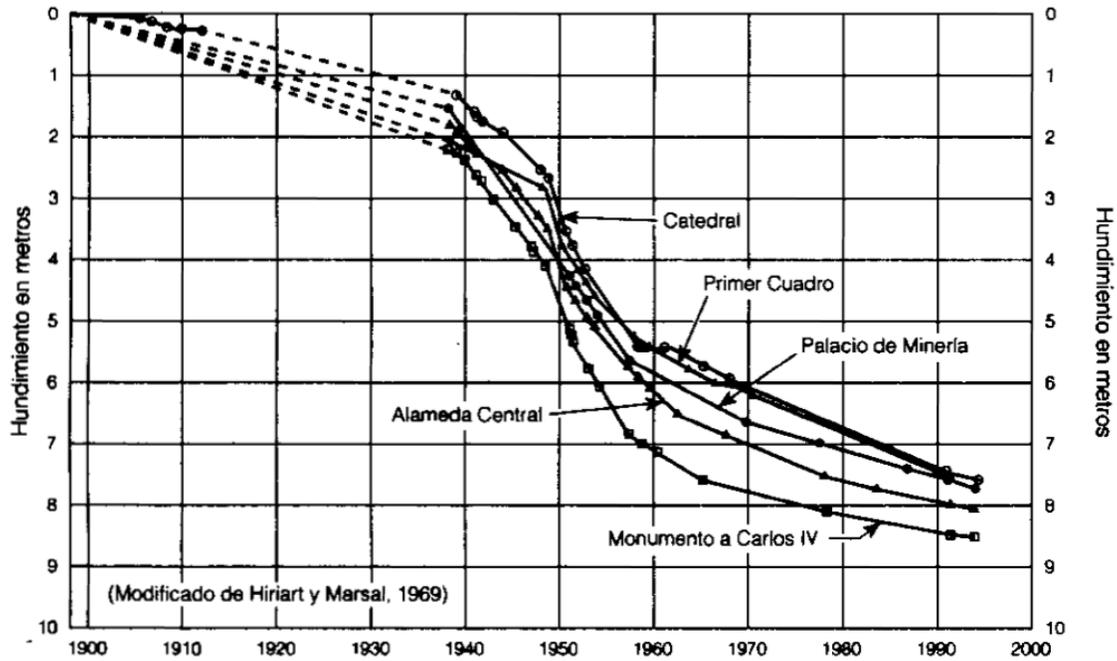


Figura 26: Registro histórico del hundimiento del terreno en varios puntos de la Ciudad de México.

Fuente: Lesser, 1998

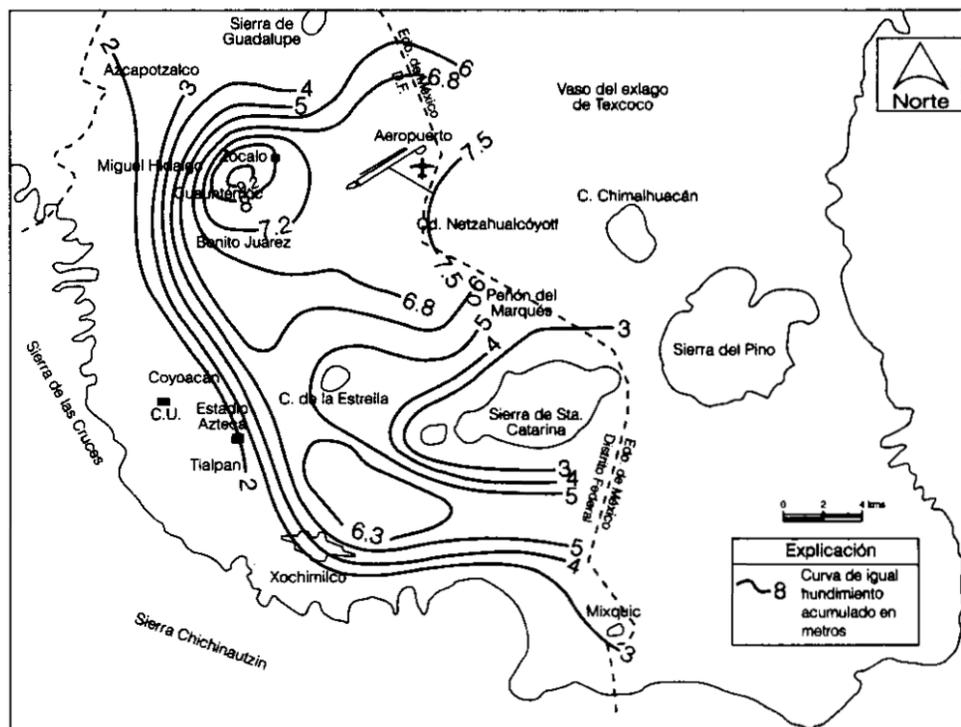


Figura 27: Hundimiento del terreno en la Ciudad de México 1891 -1994.

Fuente Lesser, 1998

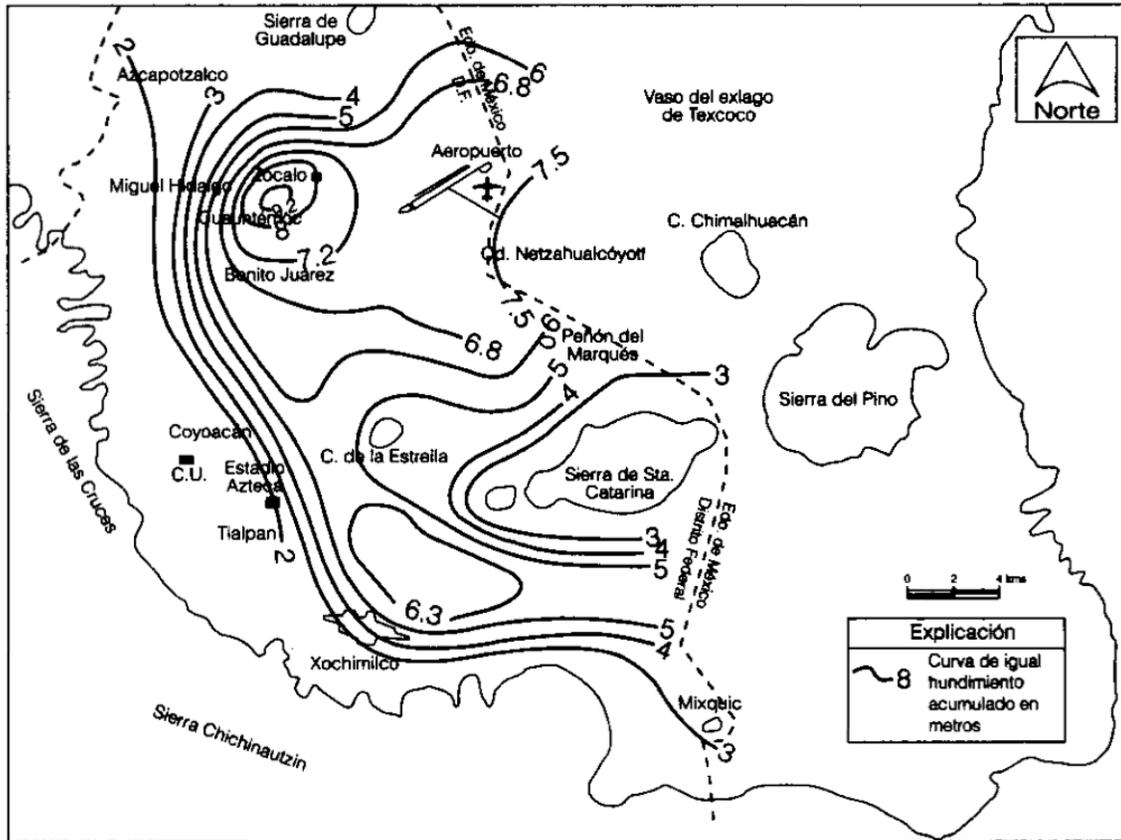


Figura 28: Hundimiento del terreno en la Ciudad de México 1983 -1992.

Fuente Lesser, 1998

Por otro lado se tiene que habría que considerar dos enfoques distintos para abordar la problemática del hundimiento del terreno, uno es el que se refiere al ámbito regional o global, que tendría que ver fundamentalmente con la respuesta en conjunto del sistema, como el que se presenta en los párrafos anteriores, y en donde queda claro que la sobreexplotación de las aguas residuales representa un factor de alta relevancia; pero hay otro que tendría que ver con un ámbito más local, y que es el que está estrechamente vinculado al surgimiento de las fracturas y las afectaciones en la infraestructura urbana, y es en este ámbito en donde actualmente se ha establecido una práctica de trabajo que ha vinculado a las instituciones del sector público con las instituciones académicas y de investigación.

### 3.6.3 Avances y perspectivas

Aún cuando existen diferencias conceptuales entre los especialistas sobre los factores y mecanismos que intervienen y el grado de relevancia que tienen entre ellos en los procesos que ocurren en torno a las fracturas, hay una tendencia común entre los especialistas en el desarrollo del conocimiento y su práctica al respecto, y en cada uno de sus trabajos se alcanzan avances en función del trabajo que la comunidad científica y los profesionales van desarrollando con la implementación de sus conocimientos en su aplicación concreta en estudios de

caso reales y no hipotéticos. Destaca el trabajo desarrollado entre los grupos de trabajo los del Centro de Geociencias de la UNAM (Querétaro) y el del Instituto de Ingeniería, también de la UNAM, en donde ambos grupos han partido de los trabajos previos realizados desde lo que fue la Comisión de Aguas del Valle de México (ahora Gerencia Regional de Aguas del Valle de México de CONAGUA) y la Comisión del Lago de Texcoco.

De manera representativa, la estructura esquemática que representa a una cuenca fluvial y lacustre en un contexto de origen volcánico, como es el caso de la cuenca del Valle de México, se propone en la siguiente figura (Figura 29:), en donde se representa el paquete arcilloso semiconfinante interdigitado por estratos de rocas volcánicas. Esta composición marca la alta heterogeneidad que caracteriza la zona de estudio (Carrión, 2006) y explica su dinámica y comportamiento geológico de gran complejidad, en donde se tiene que el fracturamiento de sedimentos obedece a la interacción que se establece entre factores geológicos, que condicionan sus propiedades, y ciertos “factores disparadores que rompen el equilibrio mecánico del sistema” (Carrión, 2006).

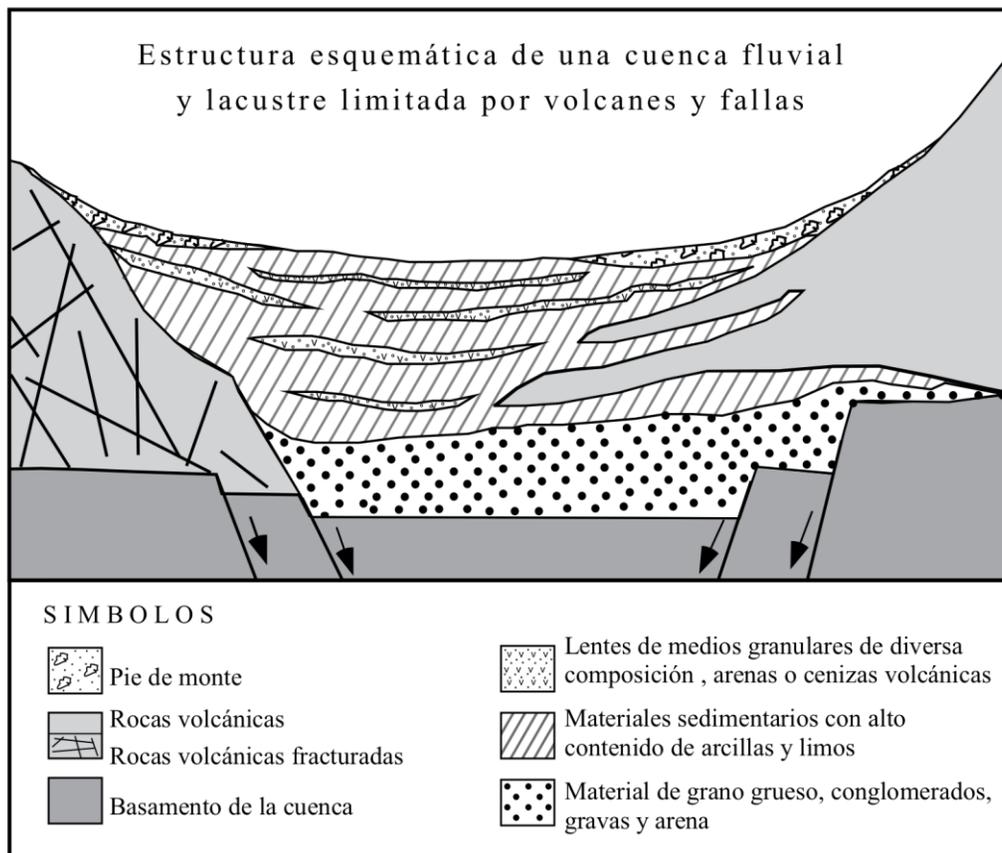


Figura 29: Esquema conceptual de sedimentación fluvio lacustre en una cuenca cerrada de origen volcánico, con actividad contemporánea a la sedimentación como es el caso de la Cuenca del Valle de México (Carrión, 2006)

Ahora bien, se ha identificado que el principal factor que opera como disparador de fracturas

en cuencas como la del valle de México es el desequilibrio mecánico.

“Fenómenos naturales como la actividad sísmica y las inundaciones causadas por lluvias torrenciales también actúan como mecanismos disparadores de fracturas”, no obstante, los mecanismos que son más relevantes para el desarrollo de las fracturas son de origen antropogénico, como es el caso del que es “inducido por sobrecarga estática (capacidad de carga para construcción) y dinámica (fatiga de los materiales en vías terrestres) y la despresurización del medio geológico debido a la extracción de los recursos naturales del subsuelo” (Carrión, 2006), como es el caso de la sobreexplotación de las aguas subterráneas que se presenta en los acuíferos del Valle de México, en donde por su naturaleza fluvial y lacustre, se debe considerar que las variaciones en el descenso piezométrico también pueden ser causadas por “heterogeneidades a diferentes escalas: mineralógicas, estratigráficas o estructurales” (Carrión, 2006).

Por otra parte, se tiene que la afectación debida al fracturamiento del terreno tiene repercusiones importantes en la infraestructura hidráulica urbana, en especial en lo que se refiere a las fugas en las redes de agua potable y en el drenaje sanitario.

A este respecto se tienen que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (antes Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica) ha venido realizando diferentes acciones y estudios con el propósito de identificar la problemática que representa el hundimiento y fracturamiento del terreno en las principales estructuras hidráulicas del sistema de drenaje de la ciudad, para prevenir y programar su atención. En la siguiente figura se presenta el registro histórico y la predicción del hundimiento del fondo del Gran Canal del Desagüe, que es uno de los principales recolectores y emisores de aguas residuales y pluviales del valle.

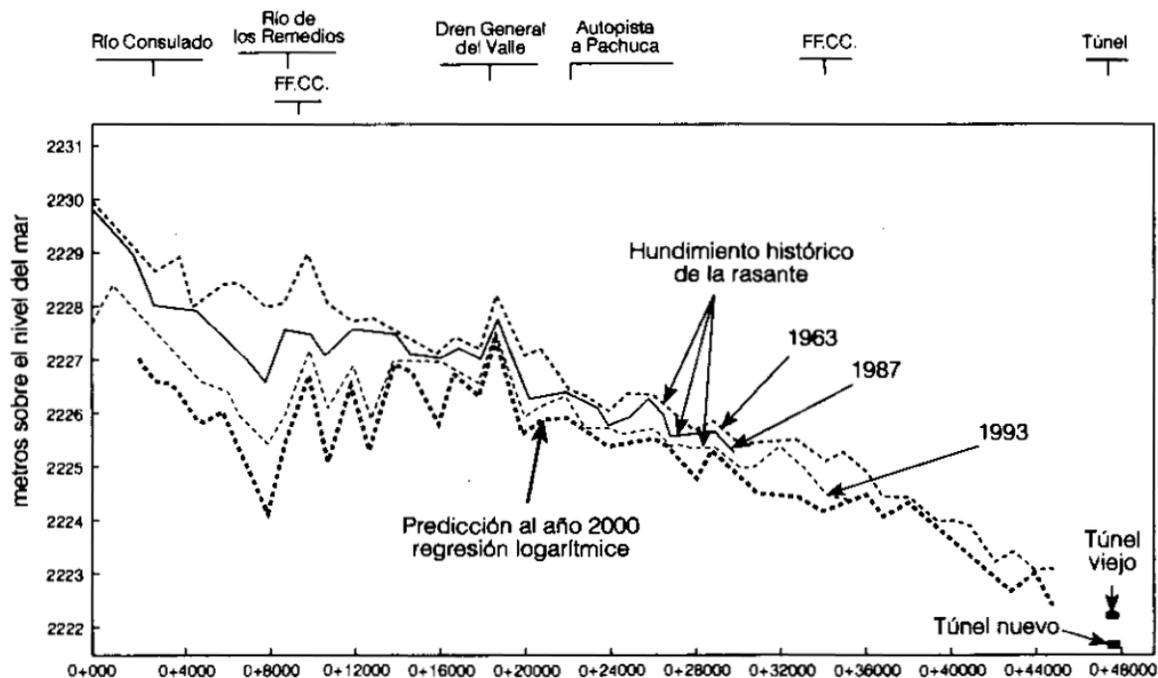


Figura 30: Registro histórico y predicción del hundimiento del fondo del Gran Canal del Desagüe.

Fuente Lesser, 1998

## Conclusiones

La sobreexplotación de las aguas subterráneas del valle fue el principal factor disparador del proceso de hundimiento de la ciudad a nivel regional, en donde el contexto geológico fluvial-lacustre y volcánico del valle propició una dinámica de fracturación en diferentes áreas dentro del valle que se encuentran ubicadas preferentemente entorno a la zona de los ex-lagos que formaron parte de la cuenca endorreica del Valle de México.

La reducción en la extracción del agua subterránea en la zona centro de la ciudad en el año 1960 se reflejó en una reducción y estabilización del proceso de hundimiento del terreno de esa zona. Por el contrario, el inicio de la extracción de agua subterránea en la zona sur Xochimilco – Lago de Chalco propició el surgimiento de un proceso de desestabilización geológica que detonó el hundimiento y surgimiento de fracturas que actualmente se presenta en esa zona.

En las condiciones actuales la sobreexplotación del agua subterránea ya no explica por si sola el hundimiento y menos el surgimiento de las fracturas, por lo que se requiere analizar otros factores, principalmente de tipo antropogénico, para cada caso en específico, de tal forma que se obtenga la información necesaria para formular una cartografía de peligro asociada al hundimiento del terreno.

En un inicio fue una institución del sector hidráulico la instancia que estuvo a cargo del regis-

tro y dar atención y seguimiento a la problemática relativa al hundimiento del terreno. Esto condicionó a que, sin tener las atribuciones necesarias (como las de seguridad y protección civil) el sector hidráulico estuviera a cargo.

Actualmente participan y coadyuvan cada vez más instituciones académicas y de investigación en el estudio y atención de la problemática, no obstante resulta conveniente hacer una evaluación y definir el perfil institucional que esté a cargo y coordine y dirija los esfuerzos que hagan los diferentes actores involucrados, en donde su medición y su sistematización se desarrolle más para dar el apoyo que se requiere no sólo en la profundización del conocimiento de la fenomenología del problema, sino también en la práctica y regulación normativa.

#### Aspectos claves del hundimiento del terreno

La problemática del hundimiento de terreno y el surgimiento de fracturas en la ciudad de México se concentra preferentemente en áreas alineadas en torno a la zona de los ex-lagos del Valle de México, en donde factores naturales por sus características geológicas fluvio – lacustres y volcánicas se combinan con factores antropogénicos como la sobreexplotación de las aguas subterráneas rompiendo el equilibrio geodinámico previo a que se iniciara la extracción intensiva del recurso subterráneo.

Actualmente la sobreexplotación del agua subterránea no explica por si sola la problemática, sobre todo en el ámbito local, que es actualmente en donde se están requiriendo de alternativas pragmáticas de solución, mismas que difícilmente se van alcanzar con la mera suspensión de la extracción del agua subterránea.

Se requiere analizar la conveniencia de trasladar fuera del ámbito institucional hidráulico la responsabilidad y coordinación del seguimiento, evolución y atención de la problemática, y considerar que esta función recaiga en una instancia vinculada a la seguridad y protección civil con atribuciones para recomendar y sancionar aspectos normativos relativos a los procesos constructivos y de operación y mantenimiento de las edificaciones localizadas dentro de las zonas críticas.

No se cuenta con la sistematización de información necesaria para evaluar los resultados y beneficios derivados de las inversiones que se hagan en torno a la atención de la problemática. Se debe dar prioridad a esta función para poder contar con los indicadores que se requiere para realizar una evaluación acertada.

Se están instrumentado en la zona aplicaciones científicas en estudios de caso en donde interactúan el sector público con el académico y de investigación, que permiten derivar protocolos y metodologías para la detección, seguimiento y evaluación de estos casos. Es necesario apoyar este tipo de trabajos interinstitucionales y propiciar su vinculación con los procesos de definición de normas técnicas al respecto.

### 3.7 Servicios de abastecimiento de agua

El agua es un derecho humano según la Organización de las Naciones Unidas y un derecho constitucional en México, por lo que el análisis de la situación de los servicios de abastecimiento que proveen a la población de este derecho es fundamental.

## Definición

Se conoce abastecimiento de agua potable al proceso mediante el cual se provee a los usuarios de servicios de agua potable, ya sea en el ámbito de la vivienda o en llaves públicas.

## Metodología

La descripción de los servicios de agua potable se ha realizado partiendo de las distintas fuentes de información oficiales disponibles, diferenciándolos en dos grandes bloques:

- El primero, las **fuentes de abastecimiento**, considerando como tales las grandes infraestructuras de extracción y captación de las que se abastece la Región. Los sistemas Cutzamala y PAI proveen la denominada **agua en bloque** y son gestionados por CONAGUA a través de la OCAVM. El Sistema Lerma es gestionado por SACMEX y se considera una fuente de abastecimiento a la ZMVM.
- El segundo bloque lo forma la **distribución de agua potable**, que es la red que entrega el agua a los usuarios. Esta infraestructura está gestionada por los operadores estatales y municipales.

### 3.7.1 Fuentes de abastecimiento

La oferta de agua para el abastecimiento del Valle de México está compuesta, tal como ya se ha descrito en el balance hídrico, por los recursos propios de la región y por las importaciones de otras cuencas, las cuales son imprescindibles desde hace años para mantener el equilibrio entre oferta y demanda de agua en la zona.

En el caso de los recursos hídricos de la propia cuenca se aprovechan a través de las captaciones y pozos explotados por los propios operadores estatales y municipales de agua, complementados con un sistema de pozos denominado Plan de Acción Inmediata (PAI) que opera OCAVM.

En cuanto a las importaciones, las infraestructuras que las hacen posibles son el Sistema Cutzamala y el Sistema Lerma, que llevan agua a la zona metropolitana de México.

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de volúmenes captados de las distintas fuentes.

Consumo de Agua Potable en la ZMVM		
Tipo de Fuente	Aportación	Competencia
<b>Fuentes internas</b>		
Pozos	53%	G.D.F., E. México, Operadores Municipales
Plan de Acción Inmediata	12%	CONAGUA
Manantiales	2%	G.D.F.

Consumo de Agua Potable en la ZMVM		
Tipo de Fuente	Aportación	Competencia
Fuentes externas		
Sistema Cutzamala	25%	CONAGUA
Sistema Lerma	8%	SACMEX
Total	100%	

Tabla 34: Fuentes de suministro de agua potable en la ZMVM.

En los siguientes epígrafes se describen, por orden cronológico de construcción, las principales infraestructuras que proporcionan agua potable al Valle, es decir, el Sistema Lerma, el PAI, y el Sistema Cutzamala, por ser las más representativas. No se analizan, sin embargo, el resto de pequeñas infraestructuras de captación y extracción, ya que, pese a representar en su conjunto el mayor porcentaje de las fuentes de abastecimiento, no se dispone de información rigurosa sobre cada una de las mismas y su análisis individual no aportaría información adicional a la que el análisis global proporciona.

### 3.7.1.1 Sistema Lerma

El Sistema Lerma abastece agua a la Ciudad de México y al Valle de Toluca desde la cuenca del Lerma, siendo la primera infraestructura de importación de agua de otras cuencas que se construyó.

Fue construido en dos fases, la primera entre 1942 y 1951 y la segunda entre 1965 y 1975.

- La primera fase se basó en la captación de agua superficial de Almoloya del Río, Texcalteango y Alta Empresa en el Estado de México. Se destaca la construcción de cinco pozos con profundidades entre 50 y 380 metros, así como la construcción de un acueducto subterráneo de 62 km, el cual atravesaba la Sierra de las Cruces a través del túnel Atarasquillo-Dos Ríos, y finalizó con un sistema de distribución por gravedad para la zona Norte y Sur-Poniente de la ciudad de México.
- En la segunda fase del Sistema Lerma se construyeron 230 pozos, ampliándose la zona de extracción a Ixtlahuaca y Jocotitlán. El suministro de agua era por entonces de 14 m<sup>3</sup>/s.

Se ha producido una constante clausura de pozos, desde los 8 en 1997 a 39 en 2008. Los principales motivos de estos cierres han sido la extracción de arenas en Ixtlahuaca; pozos suspendidos para no afectar a la estabilidad de las presa Álzate y Ramírez, y pozos suspendidos por mala calidad del agua subterránea. Sin embargo, la causa más importante del cierre, la reposición y rehabilitación de pozos del sistema, es su antigüedad.

En cuanto al consumo energético es, en general, bajo, ya que el agua fluye aprovechando el

desnivel del terreno.

Por otra parte, existen fuentes potenciales de contaminación, que incluyen:

- Los cuerpos de agua superficial altamente contaminadas por descargas de aguas residuales.
- Fuentes puntuales en las zonas industriales (parte del Sistema Lerma se ubica en el corredor industrial Toluca-Lerma).
- Una gran cantidad de basureros ubicados en áreas de alta infiltración.

En la actualidad el Sistema Lerma ha visto reducido el caudal de trasvase al Valle de México debido a la sobreexplotación del acuífero del Lerma, así, en 2010 se importó un caudal de 4.21 m<sup>3</sup>/s y, como puede apreciarse en la figura, el caudal suministrado se ha mantenido en el entorno de los 4 m<sup>3</sup>/s en los últimos diez años.

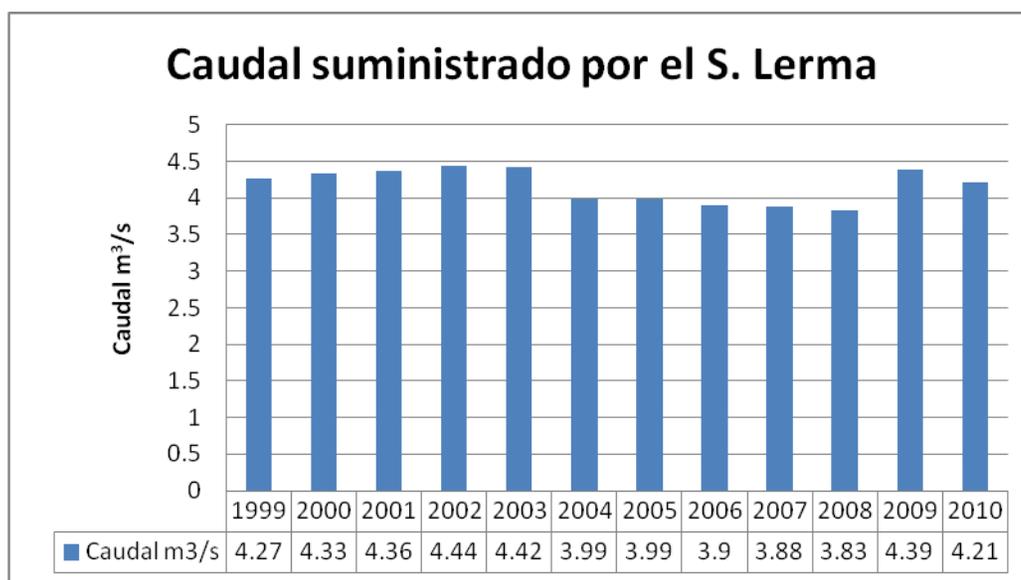


Figura 31: Caudal suministrado por el S. Lerma.

### 3.7.1.2 Plan de Acción Inmediata (PAI)

El PAI se inició en 1970 y se llevó a cabo en dos etapas, la primera para proveer agua entre 1973 y 1980 y la segunda para el periodo comprendido entre 1980 y 2020.

- La primera fase arrancó con la captación de agua a través del Sistema de Pozos del Sur. El objetivo era extraer agua de manera **transitoria y racional** de aquellas zonas menos explotadas y que gozaban de una mayor recarga del acuífero y disponibilidad. El sistema se puso en funcionamiento en 1974 y, debido al aumento de la demanda, no cumplió con el objetivo para el que fue diseñado, es decir, para hacer un aprovechamiento transitorio, pero en

la actualidad sigue en funcionamiento.

- La segunda fase se diseñó con el objetivo de captar volúmenes de agua excedentes de cuencas externas, se trata de las cuencas de Tecolutla y del Balsas.

En la actualidad la infraestructura del PAI está formada por siete baterías de pozos que suman un total de 218, ubicados en el Distrito Federal y en los Estados de México e Hidalgo, ocho acueductos con una longitud total superior a 200 km, la presa y la planta potabilizadora Madín y seis plantas de rebombeo.

El 95% del agua suministrada por el sistema PAI corresponde a aguas subterráneas, mientras que el 5% restante, proviene de aguas superficiales procedentes de la planta potabilizadora Madín.

### **Baterías de pozos**

Las siete baterías de pozos mencionadas se denominan Ramales, y se presentan en la siguiente tabla, junto con el número de pozos que los componen y el gasto medio. A estos ramales se conectan las correspondientes redes de distribución de los operadores.

Caudal suministrado por ramales del sistema PAI			
No.	Ramal	No. De pozos	Gasto m <sup>3</sup> /s
1	Tizayuca-Pachuca	34	1.29
2	Teoloyucan	48	1.38
3	Los Reyes-Ferrocarril	49	1.67
4	Reyes-Ecatepec	34	1.05
5	Tláhuac-Nezahualcóyotl	20	0.52
6	Mixquic-Santa Catarina	19	0.33
7	Tecoco-Peñón	14	0.58
<b>Total</b>		<b>218</b>	<b>6.82</b>

Tabla 35: Caudal suministrado por ramales del sistema PAI, año 2010.

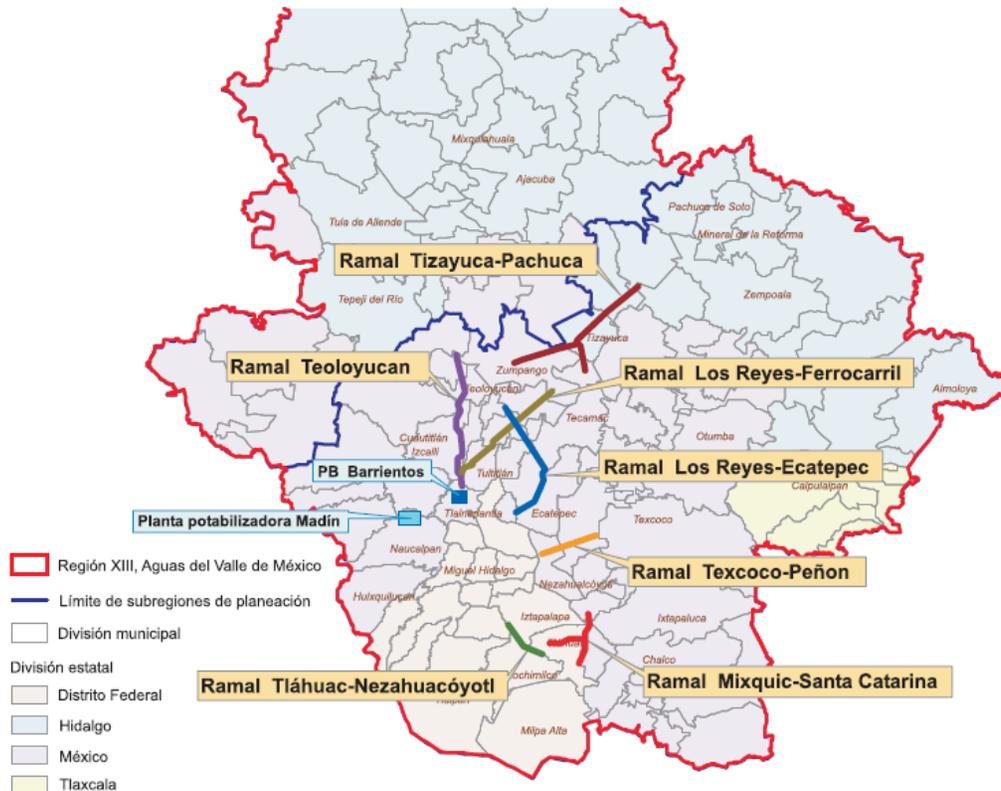


Figura 32: Distribución de los ramales del Sistema PAI.

Fuente: CONAGUA

### Planta Potabilizadora Madín

La planta potabilizadora Madín (PP Madín), sirve de complemento a los pozos del sistema PAI, al potabilizar parte del volumen de agua almacenado en la presa del mismo nombre, en el municipio Naucalpan, en el Estado de México. Además, esta presa sigue cumpliendo en la actualidad con el objetivo para el que fue diseñada, esto es, la regulación de avenidas del río Tlalnepantla.

La planta tiene una capacidad de 500 l/s y emplea los métodos de clarifloculación, filtración y desinfección en su proceso de potabilización, aportando unos 0,5 m<sup>3</sup>/s al sistema PAI.

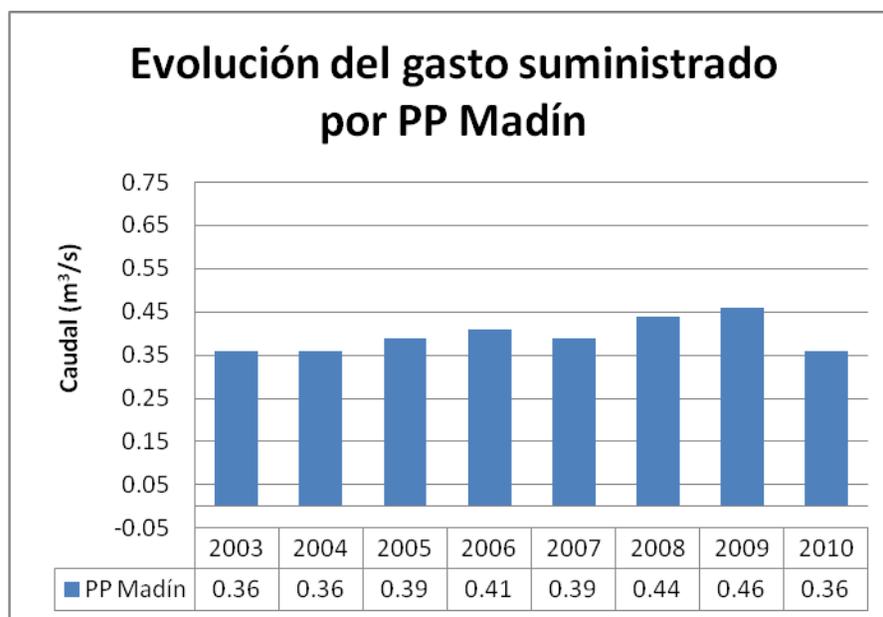


Tabla 36: Evolución del gasto suministrado por la Planta Potabilizadora Madín.

En lo relativo a los costos del sistema, aproximadamente el 77% de los mismos son debidos a costos energéticos necesarios para la extracción y bombeo de agua.

Algunos de los principales problemas identificados en el sistema PAI son:

- El abatimiento promedio entre 1 y 2 m del nivel estático en todos los ramales.
- El efecto de la interferencia entre pozos construidos a poca distancia.
- Problemas de calidad del agua que requieren la mezcla y dilución.
- Afectaciones a los pozos por hundimientos diferenciales en el subsuelo.

Debe tenerse en cuenta que, aunque la calidad del agua de los pozos es dispar entre los distintos ramales, hay diversos parámetros que no cumplen con los umbrales fijados por la NOM-127<sup>20</sup>, lo cual tiende a ir empeorando con el paso del tiempo y requiere el uso de plantas de tratamiento.

En la tabla siguiente se recogen los 27 municipios y delegaciones a los que entrega agua el PAI. Como se puede observar la mayoría de ellos están situados en el Estado de México.

<sup>20</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

Delegaciones y municipios que reciben agua del PAI					
No.	Distrito Federal	No.	Estado de México	No.	Estado de México
1	Azcapotzalco	1	Atizapan de Zaragoza	11	Nextlalpan
2	Gustavo A. Madero	2	Chicoloapan	12	Nezahualcóyotl
3	Iztapalapa	3	Coyotepec	13	Tecámac
4	Venustiano Carranza	4	Cuautitlán	14	Teoloyucan
5	Tláhuac	5	Cuautitlán Izcalli	15	Tequixquiac
		6	Ecatepec	16	Tlalnepantla
No.	Hidalgo	7	Hueyoxtla	17	Tultepec
1	Tizayuca	8	Jaltenco	18	Tultitlan
2	Tocayuca	9	La Paz	19	Valle de Chalco Sol
		10	Naucalpan	20	Zumpango

Tabla 37: Delegaciones y municipios beneficiarios del PAI.

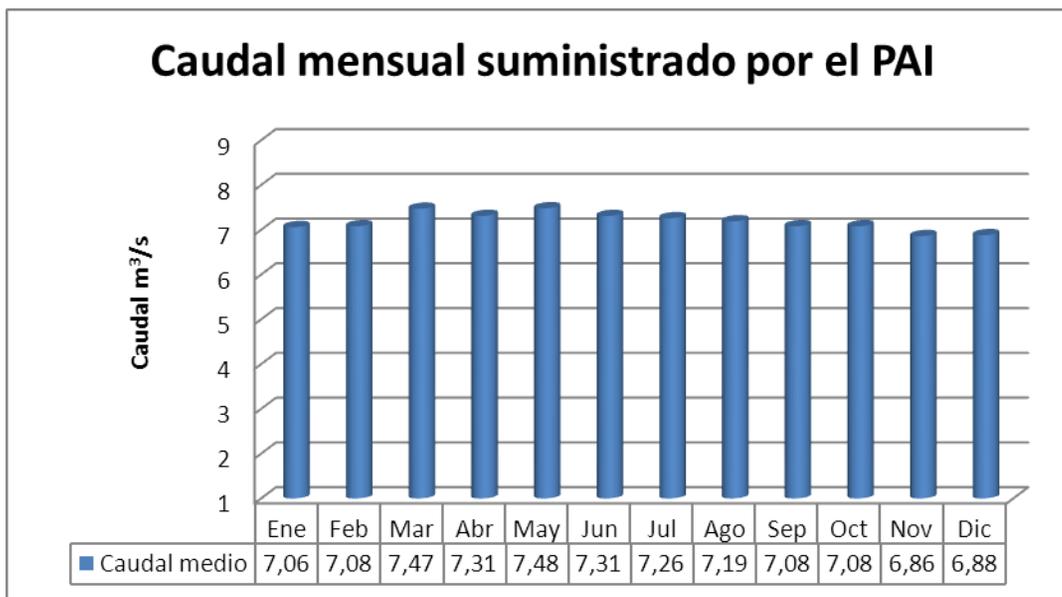


Figura 33: Caudal suministrado por el PAI mensualmente, año 2010.

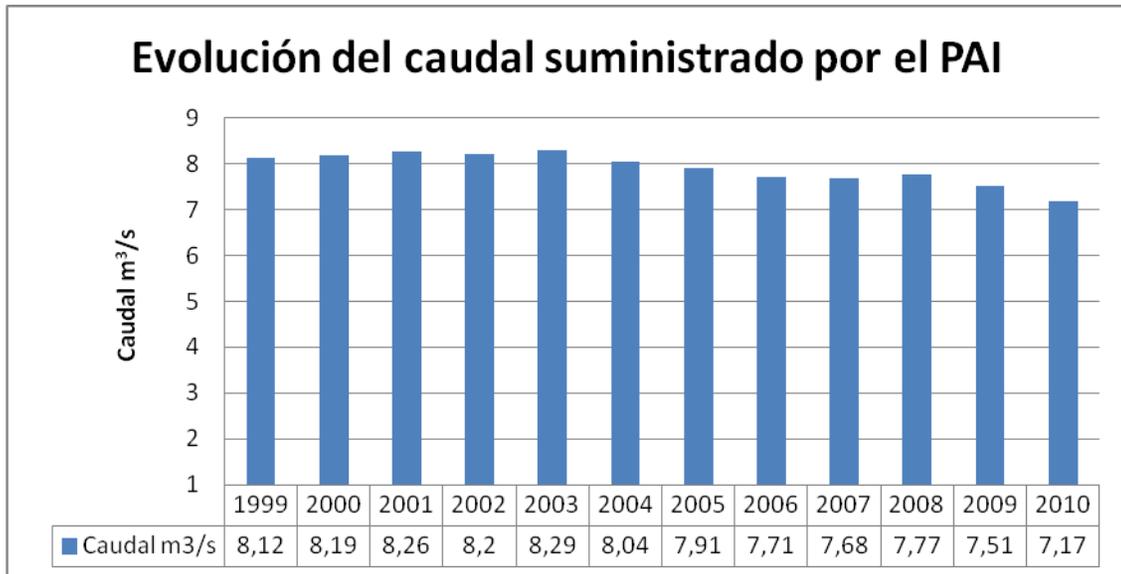


Figura 34: Evolución del caudal suministrado por el PAI.

A partir de 1995 el caudal suministrado por el sistema PAI disminuyó, debido a que se transfirieron desde OCAVM 84 pozos al Distrito Federal y 70 al Gobierno del Estado de México. En 1997 se transfirieron 18 pozos al Gobierno del Estado de Hidalgo. Como puede apreciarse en la figura, este sistema sigue aportando más de 7 m<sup>3</sup>/s, pese a ser ideado como una solución provisional.

### 3.7.1.3 Sistema Cutzamala

El proyecto del Sistema Cutzamala se inicia en los años setenta. Su objetivo, al igual que el Sistema Lerma, es importar agua superficial de cuencas externas a la Ciudad de México y Toluca. La construcción del proyecto se desarrolló en tres etapas.

- La primera fase se puso en operación en 1982 con un caudal de 4.0 m<sup>3</sup>/s. Se capta el agua de la presa Villa Victoria y se conduce por gravedad a la planta potabilizadora de Los Berros. Se construyó la planta de bombeo No. 5 y la torre de oscilación situada a 2700 msnm, entre otras infraestructuras.
- La segunda fase entró en funcionamiento en 1985 aumentando el caudal hasta 10.0 m<sup>3</sup>/s. Se captaba el agua de la presa Valle del Bravo y se construyeron las plantas de bombeo No. 2, 3 y 4, se construyó también la conducción hasta la planta potabilizadora Los Berros, incluyendo el túnel Agua Escondida.

Para llevar el agua a la Ciudad de México se construyeron los túneles Analco-San José para atravesar la Sierra de Las Cruces.

- La tercera fase comenzó a operar en 1993 con 9.0 m<sup>3</sup>/s adicionales. Capta el agua de las presas Chilesdo y Colorines. Para la captación en Chilesdo se construyó la planta de bom-

beo No. 6 así como la conducción a la planta de Los Berros. Para la presa Colorines se construyó la planta de bombeo No. 1

- La cuarta fase considera la captación de las aguas del río Temascaltepec, y supondrían un aumento de 4.5 m<sup>3</sup>/s adicionales, pero no se han podido iniciar las obras por conflictos sociales en la región.

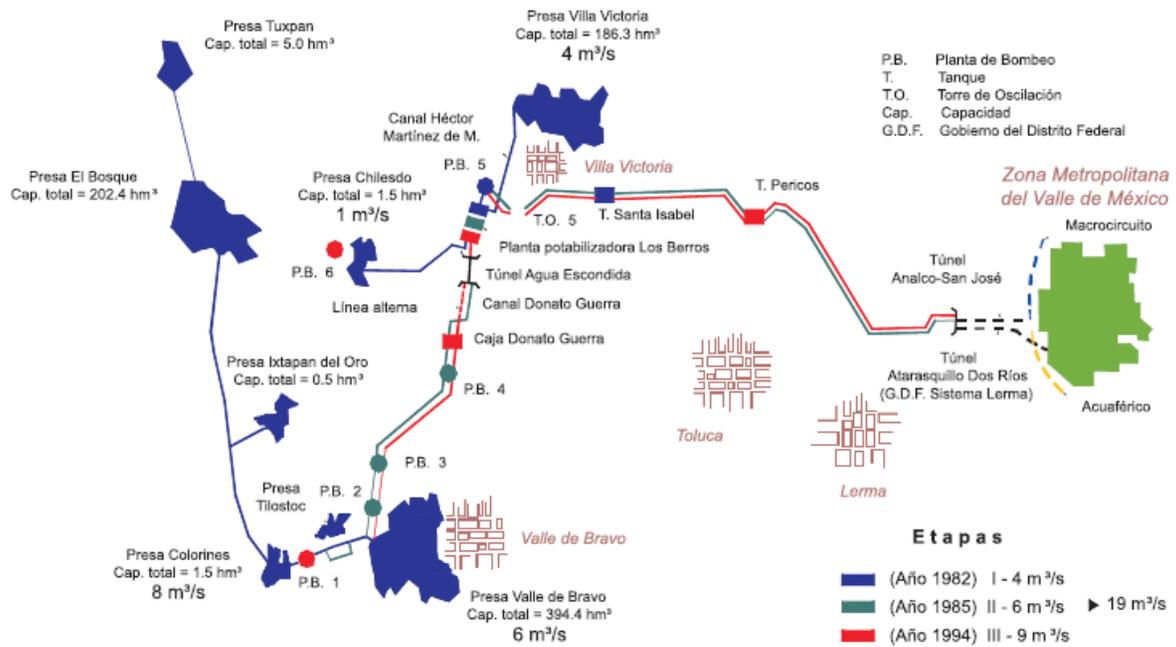


Figura 35: Esquema del desarrollo del S. Cutzamala por fases.

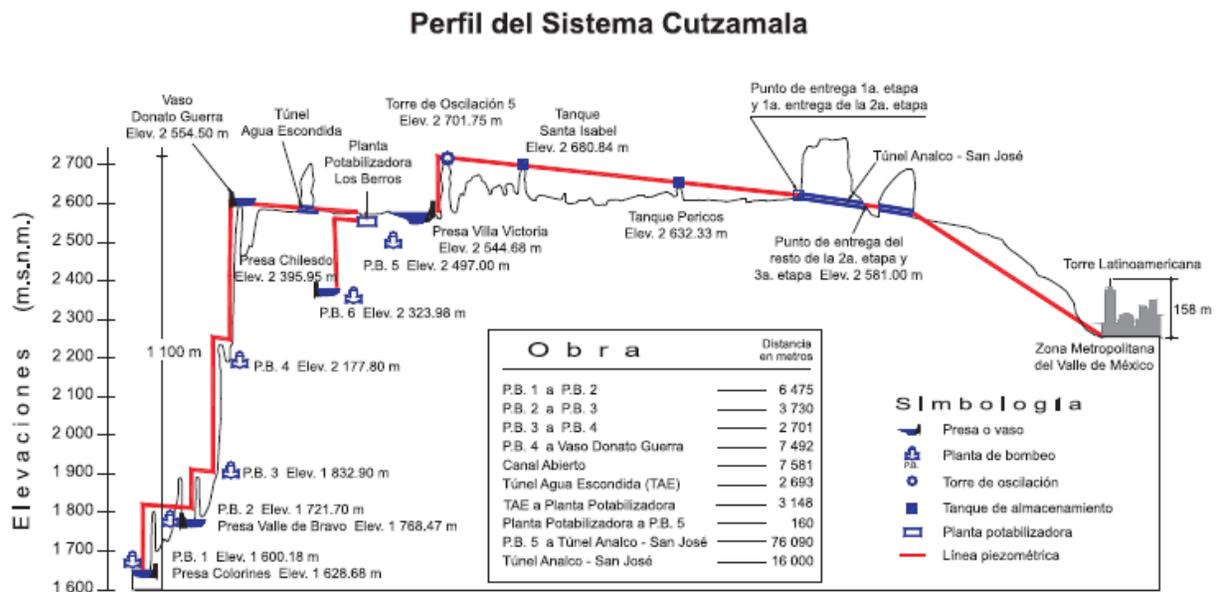


Figura 36: Perfil del S. Cutzamala.

## Infraestructura

Las principales infraestructuras que componen el sistema son:

- Siete presas – tres de almacenamiento y cuatro derivadoras, todas ellas almacenan agua del río Cutzamala excepto la presa Chilesdo que aprovecha el agua del río Malacatepec.

Presa	Tipo	Ubicación	Aprovechamiento
Villa Victoria	Derivación	Estado de México	Cutzamala
Valle del Bravo	Almacenamiento	Estado de México	Cutzamala
Chilesdo	Derivación	Estado de México	Malacatepec
Colorines	Derivación	Estado de México	Cutzamala
Ixtapan del Oro	Derivación	Estado de México	Cutzamala
El Bosque	Almacenamiento	Michoacán	Cutzamala
Tuxpan	Almacenamiento	Michoacán	Cutzamala

Tabla 38: Presas suministradoras del Sistema Cutzamala.

- Seis macroplantas de bombeo – se tiene que elevar el agua desde 1600 msnm hasta 2700 msnm.
- La planta potabilizadora de Los Berros – formada por cinco módulos de 4000 l/s cada uno.
- Un acueducto de 205.70 km, un túnel de 43.99 km y 72.55 km de canal abierto.
- Macrocircuito y Acuaférico: El objetivo de esta infraestructura es distribuir el agua procedente del Sistema Cutzamala a los municipios conurbados del Estado de México y a la Ciu-

dad de México. Se compone de dos ramales, los cuales tienen su punto de partida a la salida del túnel Analco-San José.

- ⊕ El Ramal Sur o Acuaférico de Distribución – abastece al Distrito Federal, tiene una longitud de 33 km, se inicia en la lumbrera No. 3 del túnel Analco-San José y finaliza su recorrido en el poblado de San Francisco de Tlalnepantla, en la delegación de Xochimilco.
- ⊕ Acueducto del Macrocircuito Ramal Norte – abastece a los municipios del Estado de México, tiene una longitud total<sup>21</sup> de 91.83 km, iniciándose en la lumbrera No. 3 y finalizando en el tanque de La Caldera en el municipio de La Paz. Se desarrolló en cuatro fases, la primera entró en funcionamiento en 1994 y la última en 2008.

En el año 2010 se destinó el 61.6% del agua importada al Ramal Sur y el 38.4% al Ramal Norte.

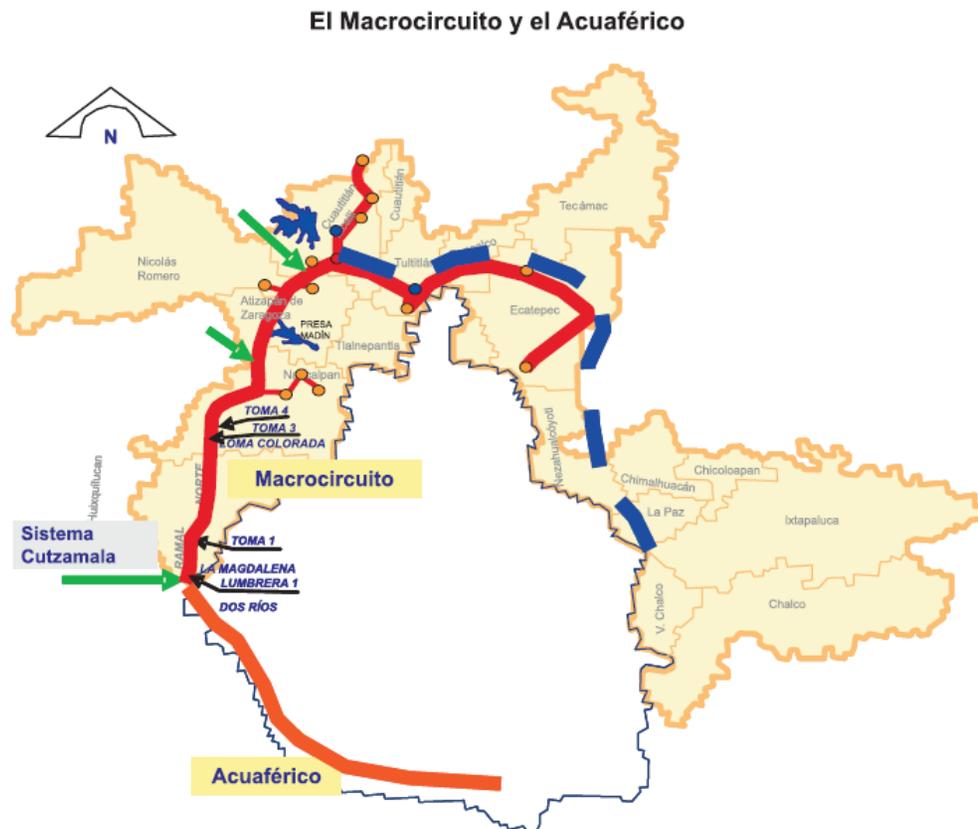


Figura 37: Esquema del Macrocircuito y Acuaférico.

Fuente: CONAGUA

<sup>21</sup> Previsión de construcción en 2008, según “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México”

En el análisis del sistema se aprecian ciertos aspectos que es muy importante considerar, estos son, principalmente:

- Los costos de operación del sistema suponen un total aproximado de 1705 millones de pesos. De los cuales aproximadamente un 21 % se corresponden a costos de personal y el tratamiento de agua.

Sin embargo, debido a los bombeos necesarios para salvar los grandes desniveles del sistema, la mayor parte de los costos son debidos al consumo energético. Así, son necesarios aproximadamente 1787 millones de kWh para operar el sistema, lo que se traduce en más de 1300 millones de pesos, es decir el 79% restante de los costos de operación. Como muestra de su importancia, estos equivaldrían al gasto de una ciudad de unos 8 millones de habitantes, equivalente a las zonas metropolitanas de Monterrey y Guadalajara juntas.

- El mantenimiento no está teniendo la importancia que requiere, así, por ejemplo, existe el problema del azolve de las presas que disminuye su capacidad de almacenamiento y regulación. Son comunes en el sistema los agrietamientos y filtraciones, corrosión en compuertas y válvulas entre otros.
- La contaminación de las presas que dotan de agua al Sistema Cutzamala va en aumento, esto es fundamentalmente debido a vertidos incontrolados y la alta erosión hídrica que afecta a la calidad del agua y a la capacidad de almacenamiento de los embalses provocado por el azolve de las presas:
  - Valle de Bravo - La presa Valle de Bravo presenta un deterioro significativo en la calidad del agua. Teniendo en cuenta las concentraciones de nitrógeno total y la frecuencia de manifestaciones relacionadas con ésta, se clasifica al embalse con un grado de eutrofización moderadamente alto a muy alto.
  - Las principales fuentes de contaminación que afectan la Presa Valle de Bravo se agrupan en descargas de agua residual, desechos orgánicos y nutrientes provenientes de la acuacultura, agua de retorno agrícola, desechos sólidos y erosión del suelo.
  - Villa Victoria – La presa tiene problema de contaminación por aguas de desecho de origen doméstico, erosión del suelo y arrastre de fertilizantes e insecticidas empleados en la agricultura.
  - El Bosque - Tiene problemas en cuanto a contaminación por aguas de desecho de origen doméstico, erosión del suelo y arrastre de fertilizantes e insecticidas utilizados en la agricultura.
- Las captaciones ilegales son un problema importante en el sistema. Así, existe un incremento en las captaciones ilegales principalmente destinadas al riego agrícola, especial-

mente en el tramo "El Bosque-Ixtapan del Oro-Colorines".

- Los conflictos sociales se originan por la escasez de agua para las poblaciones de la región donde se toma el agua del Sistema Cutzamala. De este modo, aproximadamente 8 de cada 10 familias de la zona de la presa de Villa Victoria no cuentan con agua en el domicilio, y el agua que se toma es de mala calidad. Un ejemplo de esta conflictividad fue la toma de la potabilizadora Los Berros.

Por otra parte, los asentamientos humanos irregulares en las cercanías de los embalses dificultan la capacidad de operación de los mismos. Estos asentamientos se presentan en las presas de Valle de Bravo, El Bosque, Colorines, Tuxpan e Ixtapan del Oro.

En cuanto al suministro, actualmente el Sistema Cutzamala provee agua a la ciudad de Toluca y a 24 delegaciones y municipios de la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM), los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Delegaciones y municipios que reciben agua del S. Cutzamala			
No.	Distrito Federal	No.	Estado de México
1	Álvaro Obregón	1	Atizapán de Zaragoza
2	Azcapotzalco	2	Coacalco
3	Benito Juárez	3	Cuautitlán Izcalli
4	Coyoacán	4	Ecatepec
5	Cuajimalpa	5	Huizquilucan
6	Cuauhtémoc	6	Lerma
7	Iztacalco	7	Naucalpan
8	Iztapalapa	8	Nezahualcóyotl
9	Magdalena Contreras	9	Nicolás Romero
10	Miguel Hidalgo	10	Ocoyoacac
11	Tlalpan	11	Tlalnepantla
		12	Toluca
		13	Tultitlán

Tabla 39: Delegaciones y municipios beneficiarios del Sistema Cutzamala.

A continuación se presentan los volúmenes y caudales servidos por el Sistema Cutzamala al Valle de México.

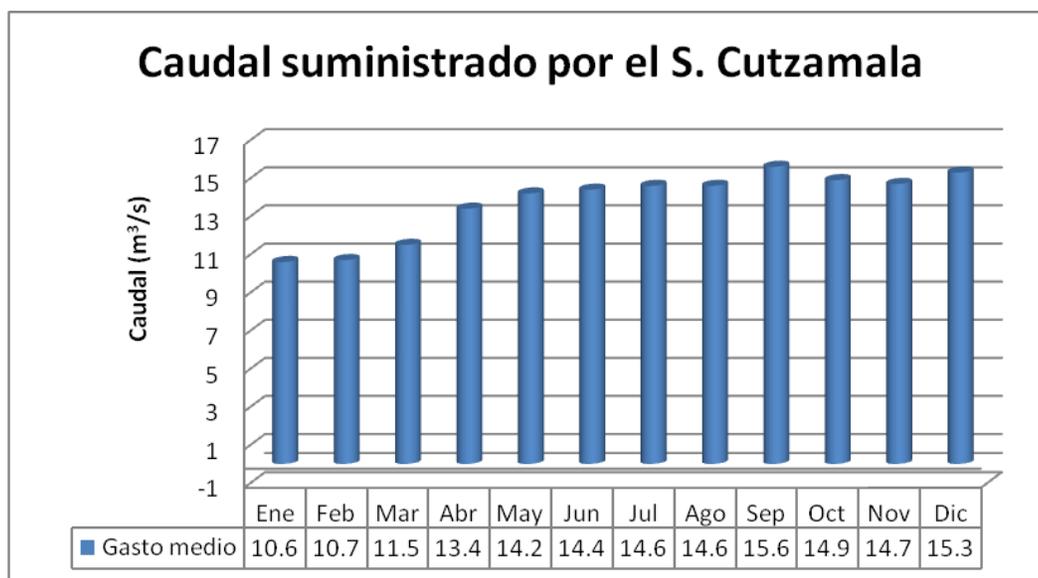


Figura 38: Caudal suministrado por el S. Cutzamala, 2010.

Volúmenes y caudales suministrados por el S. Cutzamala						
Año	Distrito federal		Estado de México		Total	
	Volumen hm³/año	Gasto medio m³/s	Volumen hm³/año	Gasto medio m³/s	Volumen hm³/año	Gasto medio m³/s
1998	313.07	9.93	141.64	4.49	454.71	14.42
1999	319.30	10.12	159.45	5.06	478.75	15.18
2000	306.70	9.73	176.55	5.60	483.25	15.32
2001	303.14	9.61	173.35	5.50	476.49	15.11
2002	303.66	9.63	175.99	5.58	479.65	15.21
2003	310.70	9.85	185.23	5.87	495.93	15.73
2004	310.67	9.85	177.73	5.64	488.40	15.49
2005	310.39	9.84	182.80	5.80	493.19	15.64
2006	303.53	9.62	177.26	5.62	480.79	15.25
2007	303.90	9.64	174.56	5.54	478.46	15.17
2008	306.25	9.71	179.47	5.69	485.72	15.40
2009	244.60	7.76	155.38	4.93	399.98	12.68
2010	266.85	8.46	165.84	5.26	432.69	13.72

Tabla 40: Volúmenes suministrados por el S. Cutzamala.

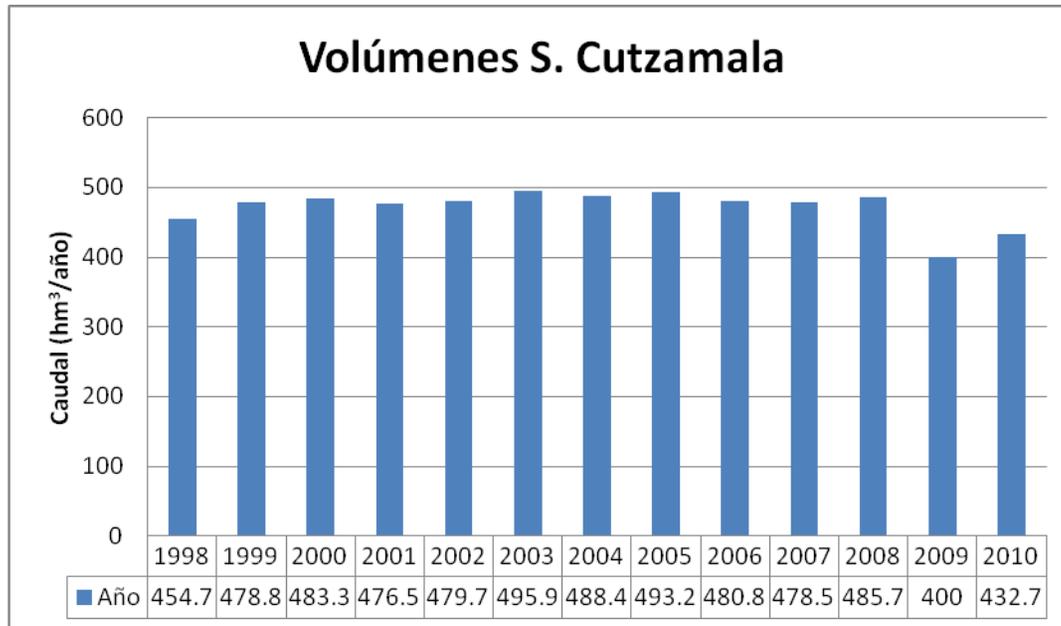


Tabla 41: Evolución del caudal suministrado por el S. Cutzamala.

Puede apreciarse que los volúmenes se han mantenido más o menos constantes en los últimos años, si bien hay una disminución en los años 2009 y 2010, debidos a problemas de escasez en el estiaje y realización de mantenimientos en el sistema. Esta debe ser una cuestión a analizar, ya que la escasez puede prolongarse si se da una disminución de las aportaciones en determinados periodos, debido a la influencia del cambio climático.

### 3.7.2 Distribución de agua potable

El agua procedente de las distintas infraestructuras de captación y extracción debe ser tratada convenientemente, almacenada en depósitos y, finalmente, entregada, a través de las redes de distribución, a los usuarios urbanos y domésticos en forma de agua potable.

En este segundo bloque del epígrafe sobre abastecimiento de agua se describe la situación de esta parte de la infraestructura que distribuye el agua y la pone a disposición del usuario final. Para ello, se analizan fundamentalmente tres apartados que pueden servir de indicadores del estado de este servicio. Estos son:

- Potabilización.
- Cobertura del abastecimiento.
- Pérdidas de agua potable.

#### 3.7.2.1 Potabilización

El agua bruta, dependiendo de su calidad, debe ser sometida a distintos procesos de desinfección y potabilización que la convierten en apta para el consumo humano o para su utilización

en aquellos usos en que sea exigible su potabilización. Para ello, existen plantas de potabilización que cumplen con este propósito.

En la Región del Valle de México hay instaladas 49 plantas de potabilización, con capacidad instalada para 6 800 l/s, y un caudal potabilizado medio de 4 462 l/s. Estas plantas benefician a una población total de 2 356 360 habitantes.

Plantas potabilizadoras en la Región XIII, Diciembre 2010				
Entidad federativa	No. Plantas en operación	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)	Población beneficiada
D.F.	44	5 320	3 235	1 863 360
Estado de México	2	200	120	10 000
Hidalgo	3	1 280	1 107	483 000
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>6 800</b>	<b>4 462</b>	<b>2 356 360</b>

Tabla 42: Plantas potabilizadoras de la Región.

La siguiente gráfica muestra los procesos de potabilización empleados en las plantas de la Región. Como se puede observar, se emplean principalmente los métodos de adsorción con un 32% y el de osmosis inversa con un 25% de las aguas.

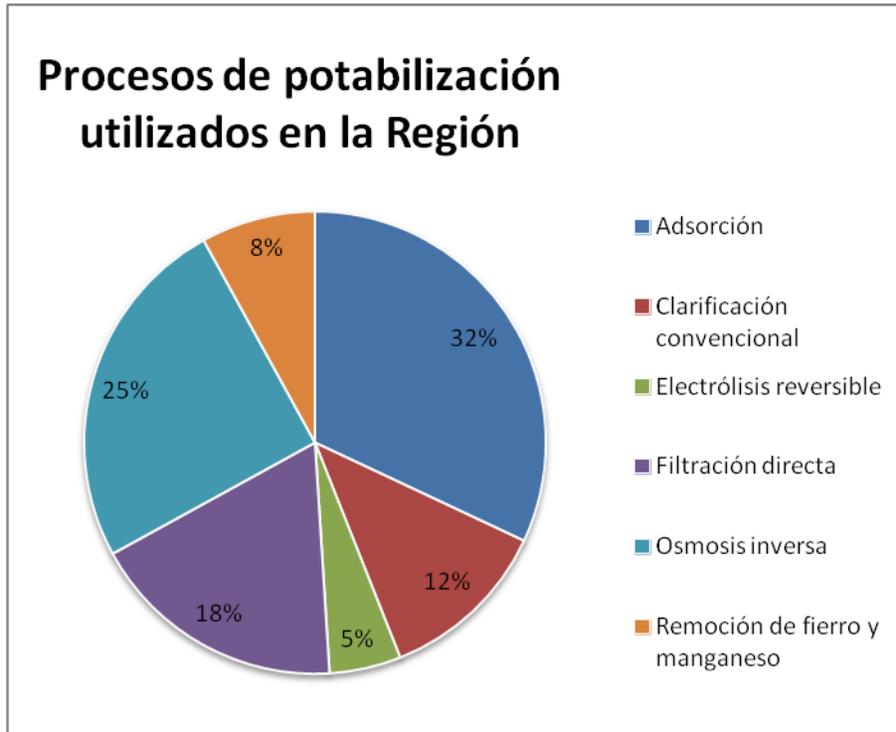


Figura 39: Procesos de potabilización utilizados en la Región.

## Los Berros

La planta de Los Berros es la planta potabilizadora del Sistema Cutzamala, se trata de la planta con mayor capacidad del país. A pesar de estar situada fuera de la región del Valle de México, se encarga de potabilizar el agua que se lleva desde el Sistema Cutzamala a la ZMVM y Toluca.

Nombre de la planta	Estado	Municipio	Proceso de potabilización	Capacidad instalada (L/s)	Caudal potabilizado (L/s)	Población beneficiada
Los Berros	E. México	Villa de Allende	Clarificación convencional	20 000	15 186	4 100 220 habitantes de la Zona Metropolitana de las ciudades de Toluca y México

Tabla 43: Características principales de la planta Los Berros.

La capacidad máxima de la planta es de 20 000 l/s, con un caudal potabilizado medio de 15 186 l/s. Del volumen de agua potabilizado, aproximadamente el 95% se destina al abastecimiento de la ZMVM y el 5% restante abastece a la ciudad de Toluca.

Con todo ello, se tiene que la capacidad anual de potabilización es de unos 600 hm<sup>3</sup>, mientras que solamente los volúmenes concesionados para abastecimiento público urbano y doméstico suponen 2 134.83 hm<sup>3</sup>, es decir, estas infraestructuras estarían potabilizando un 28%.

### 3.7.2.2 Cobertura del abastecimiento

La mayor o menor cobertura del abastecimiento es uno de los mejores indicadores sobre el cumplimiento del derecho humano al agua, por tanto su análisis permite dar una idea clara sobre la situación de una región en cuanto a este aspecto, si bien no tiene por qué ser indicativo de otros aspectos relevantes del servicio como su calidad o sostenibilidad.

Se entiende que existe cobertura de abastecimiento cuando el agua llega al usuario final, bien en el ámbito de la vivienda o bien por acarreo:

- Se considera agua entubada en el **ámbito de la vivienda**, cuando se dispone de abastecimiento de agua dentro de la vivienda, o fuera de la vivienda pero dentro del terreno.
- Se considera agua entubada **por acarreo**, cuando se dispone de abastecimiento de agua a través de una llave pública, hidrante o bien de otra vivienda.

La siguiente imagen muestra la cobertura de agua potable en la región, especificando el método de acceso a la distribución según la clasificación anterior. La cobertura de agua potable es del 96.79% en la Región, correspondiendo el 95.21% a agua en el ámbito de la vivienda y el 1.58% a agua por acarreo.

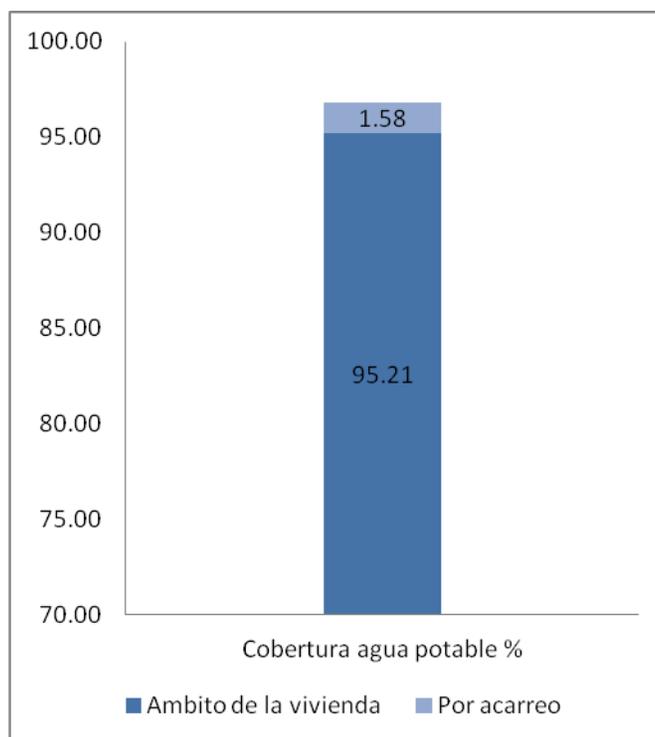


Figura 40: Cobertura de agua potable en la Región (2010).

La cobertura de agua en el ámbito de la vivienda en la subregión del Valle de México es del 95.63% mientras en la subregión de Tula es del 88.18%. En relación a los estados, Tlaxcala es el que mayor cobertura de agua en el ámbito de la vivienda dispone con un 97.27%, seguido del Distrito Federal con un 96.70%, les siguen los Estados de México e Hidalgo con un 96.11% y un 93.02% respectivamente. En cuanto a abastecimiento por acarreo el Estado de Hidalgo tiene el mayor porcentaje con un 3.60% y el Distrito Federal el menor con un 0.98%.

Entidad federativa	Población en vivienda particular (habitantes)	Población con servicio de agua potable					
		Habitantes			% respecto a población en vivienda particular		
		Ámbito de la vivienda	Por acarreo	Total	Ámbito de la vivienda	Por acarreo	Total
D.F.	8 588 972	8 305 420	83 846	8 389 266	96.70	0.98	97.67
Estado México	11 163 038	10 531 913	197 105	10 729 018	96.11	1.77	96.11
Hidalgo	1 520 918	1 414 728	54 713	1 469 441	93.02	3.60	96.62
Tlaxcala	75 140	73 092	961	74 053	97.27	1.28	98.55
<b>Total</b>	<b>21 348 068</b>	<b>20 325 153</b>	<b>336 625</b>	<b>20 661 778</b>	<b>95.21</b>	<b>1.58</b>	<b>96.79</b>

Entidad federativa	Población en vivienda particular (habitantes)	Población con servicio de agua potable					
		Habitantes			% respecto a población en vivienda particular		
		Ámbito de la vivienda	Por acarreo	Total	Ámbito de la vivienda	Por acarreo	Total
<b>Subregión de planeación</b>							
Valle de México	20 128 530	19 249 733	268 480	19 518 213	95.63	1.33	96.97
Tula	1 219 538	1 075 420	68 145	1 143 565	88.18	5.59	93.77
<b>Total</b>	<b>21 348 068</b>	<b>20 325 153</b>	<b>336 625</b>	<b>20 661 778</b>	<b>95.21</b>	<b>1.58</b>	<b>96.79</b>

Tabla 44: Población en vivienda particular con servicio de agua potable.

Cobertura de agua potable en la Región			
Entidad federativa	Cobertura urbana %	Cobertura rural %	Cobertura total %
D.F.	97.92	44.89	97.67
Estado México	96.85	82.6	96.11
Hidalgo	97.8	94.34	96.62
Tlaxcala	99.14	95.96	98.55
<b>Total</b>	<b>97.36</b>	<b>86.75</b>	<b>96.79</b>
<b>Subregión de planeación</b>			
Valle de México	97.41	80.96	96.97
Tula	95.63	91.91	93.7
<b>Total</b>	<b>97.36</b>	<b>86.75</b>	<b>96.79</b>

Tabla 45: Cobertura de agua potable por entidad federativa y subregión.

Del mencionado 96.79% de la población que dispone de agua potable en la vivienda, se tienen los porcentajes reflejados en la figura siguiente, los cuales hacen referencia al modo en que disponen del agua los usuarios. Se observa la diferencia entre zonas rurales y urbanas, disponiendo estas últimas en mayor medida de agua en la vivienda, un 81.7% frente al 42.5% de las zonas rurales. En términos generales en la región el agua en la vivienda alcanza un porcentaje del 79.8%.

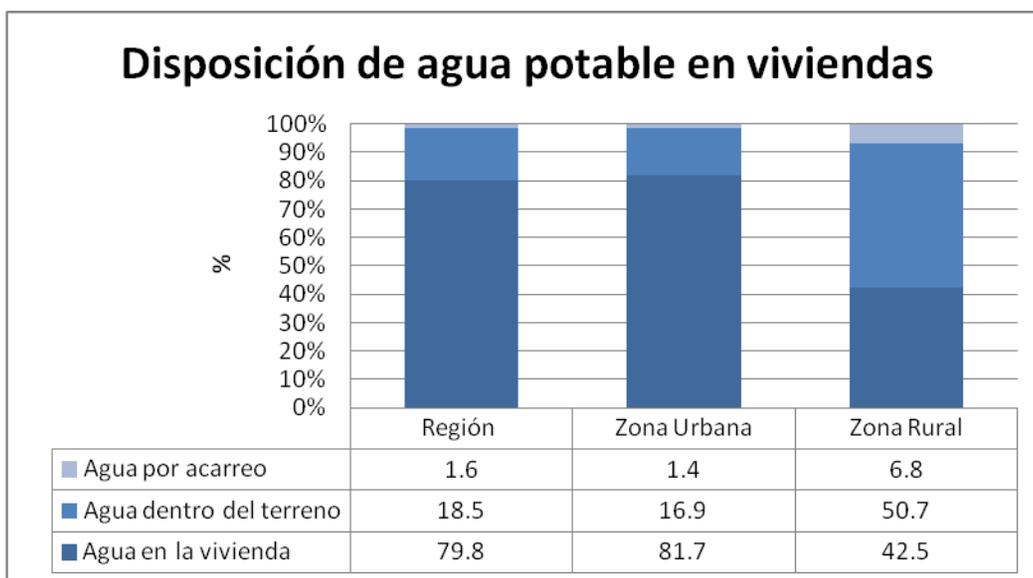


Figura 41: Disposición de agua potable en las viviendas.

Si bien la Organización de las Naciones Unidas considera que existe acceso al agua potable cuando los servicios de abastecimiento de agua están, al menos, en las cercanías o a una distancia razonable del hogar, no es menos cierto que una conexión doméstica a una red de suministro conlleva una serie de ventajas sobre todo en cuanto a regulación y control de la calidad del agua.

En este punto, es fundamental destacar que aunque el 96.79% de la población de la Región dispone de abastecimiento de agua potable, no toda ella se abastece a través de una conexión doméstica. Así, existe un 20.2% que no tiene acceso a agua potable en el interior de su vivienda, correspondiéndose con los casos de agua dentro del terreno y por acarreo.

Por otra parte, la intermitencia del suministro de agua a través de la red puede ser causa de contaminación, puesto que la caída de presión que se produce al interrumpirse o reducirse el suministro puede provocar la absorción de otros líquidos que se encuentren en las inmediaciones de las tuberías a través de cualquier orificio. En este sentido, a pesar de no disponer de datos oficiales sobre la continuidad en el servicio de abastecimiento del Valle de México, se tiene conocimiento, a través de las entrevistas, de la existencia de intermitencias frecuentes en el mismo. Este aspecto junto al abastecimiento por conexión doméstica, son aspectos a tener en cuenta en la Región.

Al hilo de lo anterior, es decir, con respecto a los problemas de cobertura e intermitencia, es conveniente hacer notar la existencia de una distribución no oficial de agua a través de cisternas o pipas que trata de rentabilizar esas carencias, tal como también han manifestado algunos de los entrevistados. De este modo, ante las crecientes demandas de agua, algunos particulares realizan un tráfico de agua que venden como potable, cuando ha sido obtenida de fuentes desconocidas y, en ocasiones, procedentes de otros usos como el agrícola, con lo que

su calidad no está ni mucho menos garantizada.

Un aspecto a considerar, es el descontrolado crecimiento urbanístico, para el cual no se tiene en cuenta la disponibilidad y cobertura de agua potable para abastecer a mayores poblaciones.

Cobertura de agua potable 1990-2010				
Año	Población total	Población en vivienda particular	Población con servicio	
			Habitantes	%
1990	16 565 576	16 436 668	15 206 696	92.52
1995	18 432 234	18 382 081	17 659 135	96.07
2000	19 603 264	18 995 522	18 399 705	96.86
2005	20 541 585	19 666 112	18 984 431	96.53
2010	21 815 315	21 348 068	20 661 778	96.79

Tabla 46: Evolución en la cobertura de agua potable.

Observando los valores absolutos de la tabla anterior, se aprecia la existencia de una tendencia constante de crecimiento en el número de habitantes con servicio de agua potable. En valores relativos, se observa un pronunciado crecimiento entre 1990 y 1995, y entre 1995 y 2010 una ligera tendencia alcista, que no logra superar un punto porcentual.

### 3.7.2.3 Pérdidas de agua potable

La consideración de las pérdidas de agua potable es un tema crucial a nivel de eficiencia del sistema. Estas pérdidas se producen en las redes de distribución, en las tomas domiciliarias y también son debidas al agua desperdiciada por los usuarios. Las causas de este problema son fundamentalmente, la antigüedad de las tuberías, la profundidad de las mismas, el tipo de material empleado y la falta de concienciación social respecto al uso del agua.

Se recoge en la siguiente tabla las estimaciones de pérdidas, de acuerdo al análisis realizado en el documento "Revisión de la Disponibilidad de Aguas Superficiales en las Cuencas del Valle de México y Tula".

Las pérdidas en las redes de distribución se estiman en el 38% y en el 40% para la Ciudad de México y para los municipios conurbados del Estado de México respectivamente. Para el resto de localidades se ha realizado una aproximación en función de la población de dichas localidades.

Pérdidas %	Pérdidas en las redes de distribución			
	Distrito Federal	Edo. México	Resto de localidades	
		Municipios conurbados	Población > 2500 habitantes	Población < 2500 habitantes
	38%	40%	45%	50%

Tabla 47: Porcentaje de pérdidas por poblaciones.

Un volumen importante de pérdidas como el que se da es debido a los problemas de la infraestructura que no se resuelven con un adecuado mantenimiento. Así, se consideran relevantes los siguientes aspectos:

- **Localización del suministro de agua:** La red de distribución actual se basa en el transporte del recurso hídrico desde el punto de extracción o captación a zonas concretas. Sin embargo, carece de la flexibilidad para el abastecimiento desde diferentes fuentes según la disponibilidad puntual de éstas y las necesidades de las zonas de suministro. Asimismo, los distintos sistemas de distribución no se encuentran interconectados.
- **Sistema de distribución de difícil mantenimiento:** La característica de localización del suministro de agua explicada en el punto anterior y la incapacidad de intercambio del recurso hídrico entre distintas redes, dificulta la realización de cortes en el servicio de abastecimiento para la ejecución de acciones de mantenimiento, ya que estos cortes conllevarían la falta de suministro hídrico para los consumidores durante largos periodos de tiempo. Ello provoca el siguiente punto de deficiencia.
- **Sistema de distribución obsoleto:** La dificultad en el mantenimiento de la red de distribución debido a los problemas que se originarían en el suministro del recurso hídrico imposibilita el mantenimiento de las infraestructuras de abastecimiento de agua potable, lo que favorece la aparición de fallos, averías, y el deterioro de las redes y, consecuentemente, las pérdidas en las canalizaciones.
- **Contaminación del agua potable:** Las averías, fugas o en general mal estado de la infraestructura de suministro se ven afectadas por sustancias contaminantes presentes en la cercanía de las redes de distribución. Estas sustancias contaminantes del agua potable provienen, por ejemplo, de inundaciones o de las pérdidas en la red de saneamiento. Por tanto, las fugas, averías o el estado defectuoso de las canalizaciones conllevan la contaminación del agua potable, principalmente al entrar en contacto con agentes contaminantes presentes en las inmediaciones de la red de suministro.

La mejorable sectorización de la red se ve agravada con la ausencia de medidores, tanto en la propia red como en las tomas domiciliarias, trae consigo una ineficiencia en la gestión que dificulta la obtención de información importante sobre las pérdidas y tomas ilegales, o sobre

los consumos de los usuarios.

La resolución de estos aspectos requiere de una importante inversión donde, además, estarían implicadas varias entidades, por existir competencias municipales, estatales y federales.

#### Algunas claves del abastecimiento de agua

Las grandes infraestructuras de abastecimiento PAI y Cutzamala son responsabilidad de la CONAGUA y del Organismo de Cuenca. No obstante, existen captaciones y/o extracciones que son responsabilidad de las entidades y organismos estatales y municipales. La más destacada de estas últimas es el Sistema Lerma, operado por SACMEX.

Las importaciones de agua a la Región se realizan a través de los sistemas Lerma y Cutzamala y suponen el 57% de las aguas superficiales captadas en la subregión del Valle de México.

El consumo energético, sobre todo del sistema Cutzamala, supone la mayor parte de los costos de operación de los sistemas.

El sistema PAI extrae agua subterránea de los acuíferos del Valle de México, estas aguas son empleadas en la propia Región. Fue concebido para ser empleado de manera transitoria entre 1973 y 1980, sin embargo en la actualidad se sigue empleando debido a la gran demanda de agua.

La capacidad anual de potabilización en la Región tan solo supone el 28% del agua concesionada para los usos doméstico y público urbano.

El deterioro de calidad del agua es un problema que va en aumento, tanto por la sobreexplotación de los recursos subterráneos como por la presión sobre los recursos superficiales internos y externos a la región.

La cobertura de agua potable es del 96.7%, es decir 20 661 778 habitantes. Sin embargo, un 20.2% de la población abastecida (4 173 679 habitantes), no dispone de una conexión doméstica. Es reseñable la existencia de intermitencias en el servicio.

Los problemas de cobertura e intermitencia fomentan el crecimiento de un mercado ilegal de pipas que ofrece agua para abastecimiento de una calidad no contrastada.

La eficiencia en las redes de distribución es baja, así sus pérdidas se estiman entre el 38% y el 50%.

El mantenimiento y renovación de las redes de distribución es muy necesario y requiere de una importante inversión y el acuerdo entre varias entidades.

La ausencia de medidores y modelos de simulación supone una carencia de información que dificulta la gestión de los servicios.

### 3.8 Saneamiento de aguas residuales

En este apartado se analiza y describe la situación relativa al sistema de saneamiento de aguas

residuales. El saneamiento en el Valle de México se realiza desde principios del siglo XX, conjuntamente con el sistema de drenaje de aguas pluviales<sup>22</sup>.

### **Definición**

Las aguas residuales son desechos líquidos provenientes de multitud de actividades (humanas o animales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo propios.

En el sistema de alcantarillado se consideran todas las estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas residuales (alcantarillado sanitario) o aguas de lluvia (alcantarillado pluvial), desde el lugar que se generan hasta el sitio en que se vierten al sistema de drenaje, cauce o planta de tratamiento.

Y por otro lado, el sistema de drenaje o desagüe, es el conjunto de obras (colectores, emisores, canales y túneles) que permiten el desalojo de las aguas residuales y pluviales que se reciben de los sistemas de alcantarillado, hacia el exterior de un área urbanizada.

### **Metodología**

En la descripción del presente apartado se ha seguido una metodología de análisis de las fuentes anteriormente citadas, con el objetivo de describir la infraestructura presente, determinar el acceso de la población al servicio público de alcantarillado y conocer los volúmenes de agua tratados en la cuenca.

El esquema seguido para la realización del análisis responde a la siguiente estructura:

- En primer lugar se describe la infraestructura de drenaje y el servicio de alcantarillado.
- Se profundiza, en tercer lugar, en el tratamiento que se da a las aguas residuales, tanto municipales como industriales
- Por último se describe el destino final de las aguas residuales no tratadas.

#### **3.8.1 Servicio de alcantarillado y drenaje**

Un aspecto importante a tener en cuenta, es que parte de las infraestructuras son compartidas entre el sistema de saneamiento y el de drenaje de aguas pluviales, dado que el sistema de evacuación de aguas urbano es un sistema combinado, pluvial y de agua residual, con los problemas que ello conlleva. Se destacan los siguientes:

---

<sup>22</sup> Las infraestructuras construidas a tal efecto se presentan con detalle en el apartado 3.9 “Inundaciones y medidas de mitigación”, de este mismo informe

- El uso de infraestructuras como el Emisor Central, Gran Canal, Emisor Poniente, etc., que inicialmente fueron diseñadas para el desalojo de aguas pluviales y que en la actualidad se usa para la evacuación de aguas residuales y pluviales. El hecho de que se encuentren permanentemente evacuando agua, hace que las obras de reparación y mantenimiento sean muy complicadas de realizar.
- El uso compartido del sistema de drenaje provoca que en ocasiones de lluvias extraordinarias, la capacidad de evacuar aguas pluviales sea insuficiente, con el consiguiente riesgo de inundaciones, tema que se aborda con detalle en el apartado 3.9 de este informe.



Figura 42: Vista aérea del Gran Canal.

Fuente: El gran reto del agua en la ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo. SACMEX.

Por otra parte, es necesario resaltar que la red de canalizaciones y tuberías está complementada con un sistema de bombes que permite salvar la pendiente existente, pero que lleva aparejado unos importantes costos de operación.

En la figura siguiente se presenta un esquema de la red de drenaje y de colectores existente en la zona metropolitana del Valle de México, la cual se describe en profundidad en el epígrafe

relativo a inundaciones y medidas de mitigación.

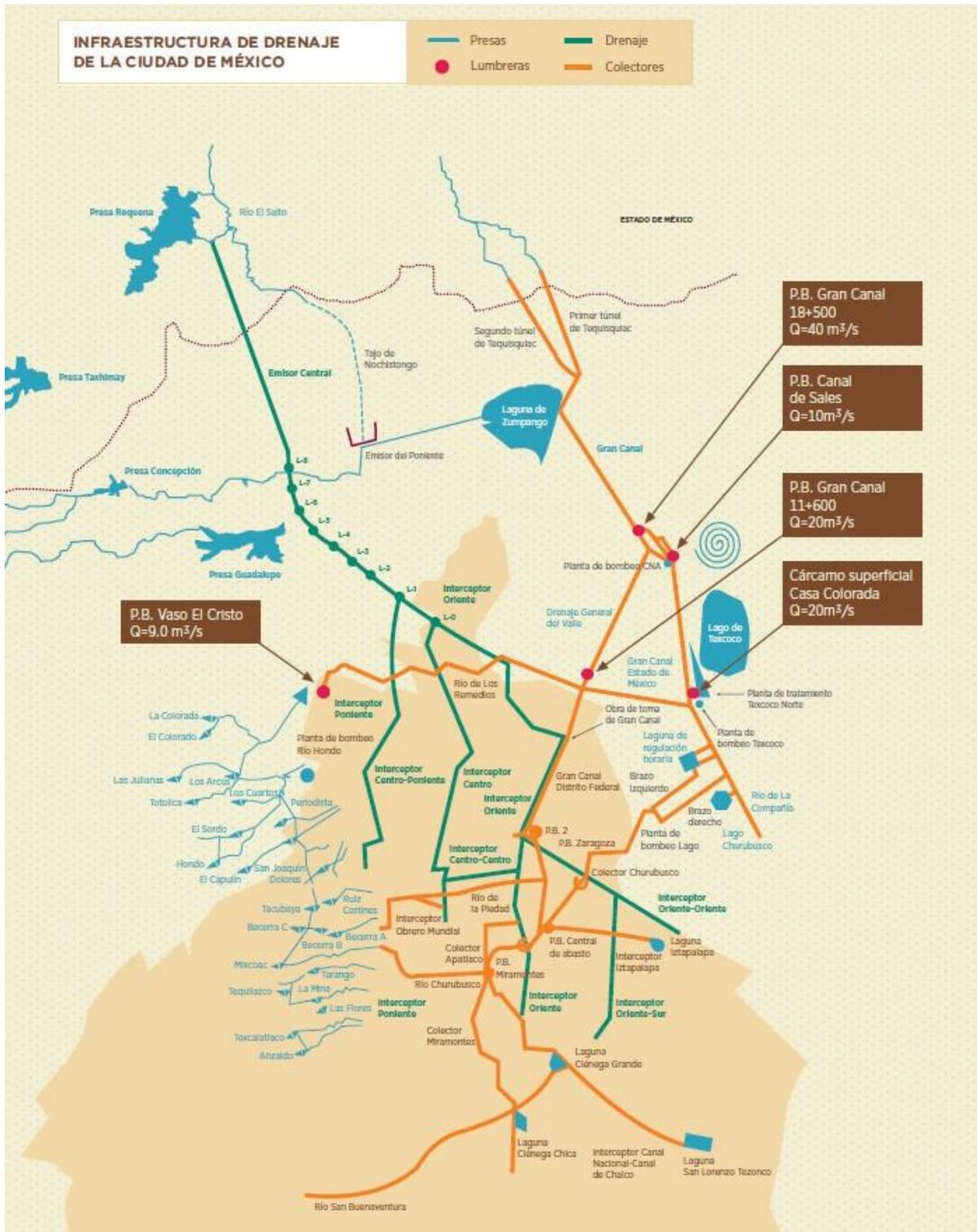


Figura 43: Infraestructura de drenaje en la Ciudad de México

Fuente: El gran reto del agua en la ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo. SACMEX.

Por su parte, el servicio de alcantarillado, pese a ser un servicio básico, tiene una cobertura mucho menor en relación con la de las redes de agua potable, lo cual genera importantes problemas sanitarios. Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o delegaciones estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado.

Se muestra a continuación una tabla que resume el número de habitantes en vivienda particular que gozaba del servicio de alcantarillado en el año 2010<sup>23</sup>.

Entidad Federativa	Población en vivienda particular (habitantes)	Población con servicio de alcantarillado							
		Habitantes				Porcentaje respecto a población en vivienda particular <sup>24</sup>			
		Total	Conectado a la red	Fosa séptica	Descarga, barranca, río, grieta	Total	Conectado a la red	Fosa séptica	Descarga, barranca, río, grieta
Distrito Federal	8 588 972	8 508 774	7 982 564	476 322	49 888	99.07	92.94	5.55	0.58
Hidalgo	1 520 918	1 422 511	1 178 710	216 315	27 486	93.53	77.50	14.22	1.81
México	11 163 038	10 877 661	9 832 812	847 061	197 788	97.44	88.08	7.59	1.77
Tlaxcala	75 140	73 322	70 089	1 191	1 242	97.58	94.34	1.59	1.65
<b>Totales</b>	<b>21 348 068</b>	<b>20 882 268</b>	<b>19 064 975</b>	<b>1 540 889</b>	<b>276 404</b>	<b>97.82</b>	<b>89.31</b>	<b>7.22</b>	<b>1.29</b>
<b>DISTRIBUCIÓN POR SUBREGIÓN DE PLANEACIÓN</b>									
Valle de México	20 128 530	19 859 577	18 339 600	1 219 838	240 139	98.66	91.41	6.06	1.19
Tula	1 219 538	1 022 691	665 375	321 051	36 265	83.86	54.56	26.33	2.97
<b>Totales</b>	<b>21 348 068</b>	<b>20 882 268</b>	<b>19 064 975</b>	<b>1 540 889</b>	<b>276 404</b>	<b>97.82</b>	<b>89.31</b>	<b>7.22</b>	<b>1.29</b>

Tabla 48: Población en vivienda particular con servicio de alcantarillado en la región.

Se hace notar el alto porcentaje de población en Valle de México que se encuentra conectado a la red pública de alcantarillado (91.41%), no así para el caso de Tula en el que tan sólo un 54.56% de la población goza de conexión a la red de saneamiento, existiendo un porcentaje reseñable (26.33%) de desalojo a fosa séptica exclusivamente.

<sup>23</sup> Según datos de "Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI"

<sup>24</sup> Estos porcentajes fueron realizados en base a la población en viviendas, en materia de servicios de agua potable y alcantarillado de acuerdo al Censo de Población y Vivienda realizado por INEGI en 2010.

Se detallan a continuación los datos de evolución de diferentes variables relacionadas con el servicio de desalojo de aguas residuales:

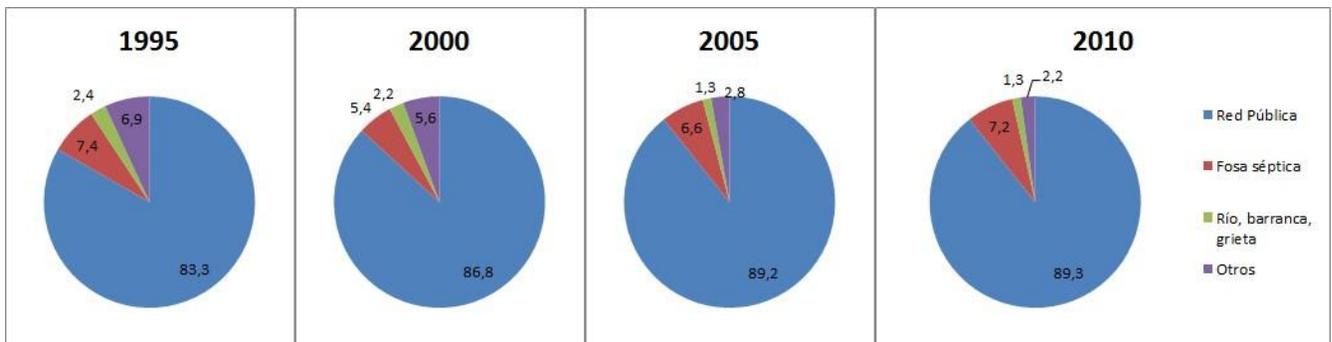


Figura 44: Evolución de las zonas de descarga de agua residual.

Hay un aumento del número de conexiones de viviendas con la red pública, pasando de un 83.3% a un 89.3%. Esto supone que la población que habita en viviendas particulares que se conectaron a la red pública ha aumentado en un 6%, lo que se traduce en un crecimiento absoluto de las descargas residuales en alguna zona conocida de un 4.7%.

A nivel de entidad federativa se poseen los siguientes datos:

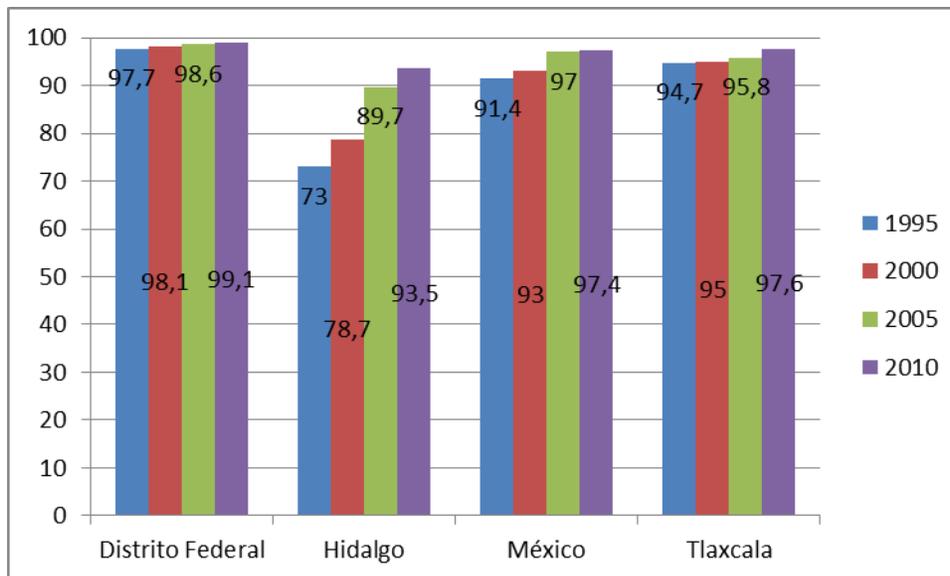


Figura 45: Evolución del porcentaje de la cobertura de alcantarillado por entidad federativa.

Se desprende de este gráfico el aumento progresivo de cobertura para el periodo 1995-2010 de todos los Estados. Cabe destacar que el Estado de Hidalgo aumentó su cobertura muy significativamente en un 20.5%.

Para el estudio por subregiones se conocen los siguientes datos:

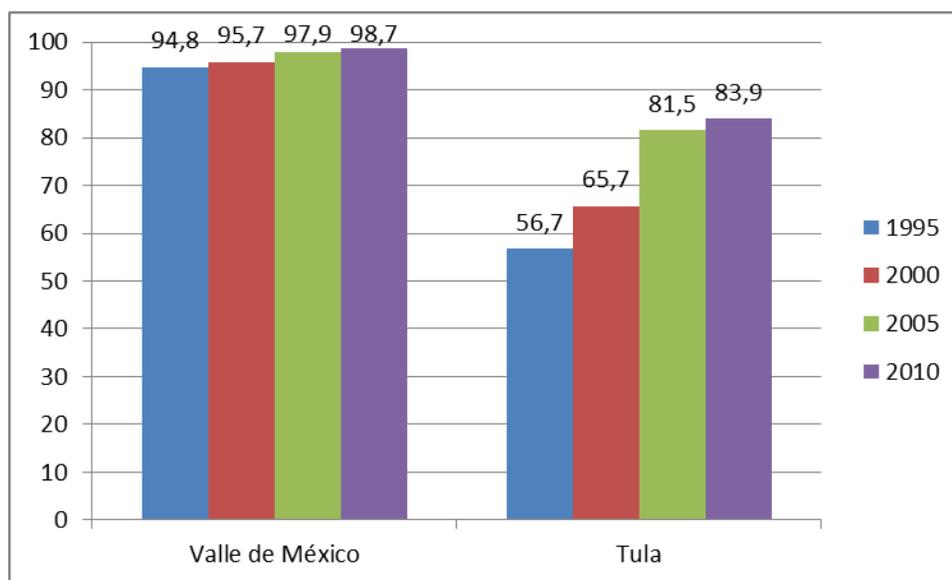


Figura 46: Evolución del porcentaje de la cobertura de alcantarillado por subregión.

En términos porcentuales, la subregión de Tula presentó un incremento superior en la cobertura de alcantarillado comparado con el del Valle de México. Sin embargo, en cuanto a población, el Valle de México se benefició en más de 2 000 000 de habitantes mientras que en Tula representa sólo unos 365 000 habitantes.

### 3.8.2 Tratamiento

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango convenientes para su disposición o reúso.

Cabe mencionar la diferencia que existe entre el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, como se expone a continuación, ya sea en el número total de plantas y volúmenes de agua finalmente tratados, como en el marco competencial de los Organismos Operadores encargados de la gestión de dichas plantas.

#### 3.8.2.1 Tratamiento de aguas residuales municipales

En la Región del Valle de México, las competencias sobre el saneamiento de aguas residuales recaen en los Organismos Operadores municipales, existiendo 102 plantas operativas en la actualidad.

Entidad Federativa	Número total de plantas	Número total de plantas en operación	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)
Distrito Federal	25	20	5 484.00	2 376.5
Hidalgo	9	6	311.5	184.5
Estado de México	84	71	4 962.4	3 502.9
Tlaxcala	9	5	117.88	37.48
<b>TOTALES</b>	<b>127</b>	<b>102</b>	<b>10 875.78</b>	<b>6 101.38</b>

Tabla 49: Plantas de tratamiento de agua residual según Entidades Federativas en 2010.

De las 102 plantas de tratamiento, se trata un volumen de 6 101.38 l/s, solamente un 56.10% de la capacidad total instalada.

Puede comprobarse que el estado de México es el que más plantas de tratamiento posee, seguido del Distrito Federal y por último Hidalgo y Tlaxcala con un número mucho más reducido.

Asimismo, el D.F. pese a tener una capacidad de saneamiento instalada mayor que el Estado de México, en la práctica es este último el que más agua residual trata.

De las 102 plantas de tratamiento, 10 están tratando caudales de entre 100 y más litros por segundo:

Nombre de la planta	Entidad Federativa	Delegación / Municipio	Proceso de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reuso	Organismo operador
Cerro de la Estrella	DF	Iztapalapa	Lodos activados	4 000	1 678	Áreas verdes, industrial, zona agrícola de Xochimilco y Tláhuac	SACM
Lago de Texcoco I "Texcoco"	México	Chimalhuacán	Lodos activados	1 000	1 000	Riego agrícola y llenado de lagos	OCAVM
Lago de Texcoco II Ing. Ramón Grijalva	México	Chimalhuacán	Lagunas facultativas	500	500	Riego agrícola y llenado de lagos	OCAVM
San Juan de Aragón	DF	Gustavo A. Madero	Lodos activados convencional	500	206	Áreas verdes y llenado de lagos	SACM

Nombre de la planta	Entidad Federativa	Delegación / Municipio	Proceso de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reuso	Organismo operador
Termoeléctrica Valle	México	Ecatepec	Lodos activados y Desinfección	500	350	Colector Municipal	CFE
Papelera San Cristóbal	México	Ecatepec	Lodos activados	350	260	Colector Municipal	IP
Coyoacán	DF	Coyoacán	Lodos activados	400	116	Áreas verdes, y reuso industrial y comercial	Concesionada
Ciudad Deportiva	DF	Iztacalco	Lodos activados convencional	230	97	Áreas verdes, y reuso industrial y comercial	SACM
Hacienda Ojo de Agua	México	Tecámac	Lodos activados y desinfección	150	100	Colector municipal	Odapas
Valle de Bravo	México	Valle de Bravo	Lodos activados	100	100	Río Tilostoc	OCAVM/APAS
<b>TOTALES</b>				<b>7 730</b>	<b>4 407</b>		

Tabla 50: Plantas de tratamiento más significativas de agua residual municipal.

De los 6 101.38 l/s de agua residual tratada en toda la región, 10 plantas tratan el 72.22% de la cantidad total.

El gran problema a valorar es la baja cantidad que del total de aguas residuales generadas son tratadas por las plantas de tratamiento. En 2010 se trataron tan solo un 10% del agua residual colectada en los sistemas municipales de alcantarillado de la región.

Es decir, de los aproximadamente 61 000 l/s de aguas negras generadas al año, tan sólo 6101.38 l/s fueron tratadas.

El resto de agua sin tratar, unos 55 000 l/s, se redirigen hacia la subcuenca del Río Tula, donde serán aprovechadas en el riego de miles de hectáreas de superficie agrícola<sup>25</sup>.

La presión que ejerce el crecimiento poblacional en forma de desarrollos urbanísticos poco sostenibles, sobre todo en la Zona Metropolitana de Valle de México, requieren de medidas de gran magnitud y complejidad.

<sup>25</sup> Se detalla este proceso en el punto 3.8.3 "Reúso del agua residual"



Figura 47: Proceso de inspección en el cárcamo de la planta de bombeo de agua residual 18+500.

Fuente: 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. SACMEX.

### 3.8.2.2 Tratamiento de aguas residuales industriales

Cada fábrica presente en la región deberá pedir una concesión a la CONAGUA para el vertido de agua residual como consecuencia de sus procesos industriales. Una vez otorgada dicha concesión, se exigirá que el agua vertida cumpla unos requisitos mínimos de calidad marcados en la LFD “Ley Federal de Derechos. Abril 2012” y en las normas oficiales, tal como se expone en el apartado 3.5 Calidad del agua.

La responsabilidad del correcto tratamiento de esas aguas residuales industriales recae sobre la propia empresa, propietaria de ese derecho otorgado por CONAGUA. Por tanto los Organismos Operadores Municipales no poseen competencias en esta materia.

En el año 2010 se registraron 350 plantas en operación para el tratamiento de aguas residua-

les industriales.

Entidad Federativa	Número total de plantas	Número total de plantas en operación	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)
Distrito Federal	165	154	555.91	555.48
Hidalgo	39	30	1 023.35	949.08
Estado de México	169	162	2 631.01	1 769.34
Tlaxcala	6	4	23.99	23.27
<b>TOTALES</b>	<b>379</b>	<b>350</b>	<b>4 234.25</b>	<b>3 297.17</b>

Tabla 51: Plantas de tratamiento de agua residual industrial según Entidades Federativas.

De las 350 plantas en operación, se tratan anualmente 3 297.17 l/s, lo que supone un 77.87% de la capacidad total instalada que de manera potencial podrían asumir.

De estas 350 plantas de tratamiento, 8 están tratando caudales de entre 100 y más litros por segundo:

Nombre de la planta	Entidad Federativa	Delegación / Municipio	Proceso de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Tipo de Industria
Aguas tratadas de Tula S. de R.L. de C.V.	Hidalgo	Tula de Allende	Tratamiento de agua residual industrial	757	288	Tratamiento de agua residual industrial
CFE "Francisco Pérez Ríos"	Hidalgo	Atitalaquia	Lodos activados	700	600	Generación de energía eléctrica
CFE Termoeléctrica Valle de México	México	Ecatepec	Lodos activados	500	456	Termoeléctrica
Compañía Mexicana de Aguas S.A. de C.V.	México	Cuautitlán Izcalli	Lodos activados y desinfección	400	150	Alimenticia
Lechería	México	Cuautitlán Izcalli	Lodos activados	400	150	Alimenticia
Papelera San Cristóbal	México	Ecatepec	Lodos activados	350	260	Papelera
CFE Central Termoeléctrica	México	Acolman	Lodos activados	175	175	Generación de energía eléctrica

Nombre de la planta	Entidad Federativa	Delegación / Municipio	Proceso de tratamiento	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Tipo de Industria
Cervecería Modelo S.A. de C.V.	México	Miguel Hidalgo	N/D	135	135	Cervecería
<b>TOTALES</b>				<b>3 417</b>	<b>2 214</b>	

Tabla 52: Plantas de tratamiento más significativas de agua residual industrial.

De los 3 297.17 l/s de agua residual tratada en toda la región, 8 industrias tratan el 67.15% de la cantidad total.

### 3.8.3 Reúso de agua residual

Como ya se indicó en el apartado 3.8.2.1, el nivel de tratamiento de las aguas residuales en la Zona Metropolitana del Valle de México es muy bajo. De las aproximadamente 61 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales que se captan por el sistema combinado de alcantarillado en un año, sólo unos 6.1 m<sup>3</sup>/s reciben tratamiento, lo que representa aproximadamente un 10%.

#### Cuál es el destino de todas esas aguas sin tratar

Los grandes volúmenes de agua sin tratar son enviadas, a través del Sistema de Drenaje, hacia los cuerpos receptores del Río El Salto, Río Tula y la Presa Endhó, donde son utilizadas en unas 90 000 hectáreas de riego para la producción agrícola.



Figura 48: Distritos de riego en Tula.

Fuente: CONAGUA.

Como consecuencia de ello, se genera un grave problema de contaminación hídrica, con serias implicaciones sobre la salud humana, la ecología, la calidad de vida de las personas y la producción agrícola.

Los principales afectados por el contacto con las aguas servidas de la Ciudad de México son los habitantes de los distritos de riego en el Valle de Mezquital en el estado de Hidalgo, a donde van a parar esas “aguas negras”, así como los grandes segmentos de población aledaña a los canales a cielo abierto y en general toda la población del Valle de México por el riesgo de consumir alimentos contaminados que se introducen a los mercados locales.

No sólo es de interés primordial el problema de salubridad, sino que hay que añadir que las condiciones actuales generan un entorno ambiental completamente degradado y degradante para los habitantes de la zona como consecuencia de los malos olores y el impacto visual generado por los canales abiertos que transportan agua sucia.

Existe, no obstante, una doble visión en este tema. Por un lado son innegables los problemas que se han descrito sobre riesgo para la salud, pero por otro lado, los productores de las tierras agrícolas consideran que disponer de esta agua es un derecho fundamental.

Esta visión por parte de los productores atiende a, entre otras cosas, la existencia de grandes

dosis de materia orgánica presente, que les beneficia en el hecho de mantener cierto nivel de productividad sin necesidad de recurrir a la compra de fertilizantes.

Debido a una explosión de cólera en la zona regable en 1992, el Gobierno obligó a que la producción de estos distritos se limitara sólo a dos cultivos: maíz y alfalfa. Esto provocó el descontento de los productores, que se organizaron para que, en caso de existir un tratamiento futuro de las aguas que ahora gestionan y de esta manera ampliar la cantidad de los cultivos, los niveles de nutrientes presentes ahora en las aguas no disminuya y, por tanto, les permita mantener los rendimientos actuales.

#### Algunas claves del saneamiento de aguas residuales

Las infraestructuras que fueron diseñadas para el desalojo de aguas pluviales, son actualmente usadas para la evacuación de aguas residuales y pluviales al mismo tiempo.

Un 91.41% de la población de la Subregión del Valle de México se encuentra conectada a la red pública de alcantarillado.

Un 54.56% de la población de la Subregión de Tula se encuentra conectada a la red pública de alcantarillado.

En 2010 tan solo un 10% del agua residual colectada en los sistemas municipales fue tratada en alguna planta operadora.

Elevados volúmenes de agua sin tratar (aproximadamente 55 000 l/s son transportados desde la cuenca del Valle de México hasta la cuenca del Río Tula, donde es usada para regadío.

El desarrollo urbanístico descontrolado supone un grave problema en relación a las descargas de aguas residuales.

### 3.9 Inundaciones y medidas de mitigación

Las inundaciones recurrentes en la Región del Valle de México son uno de los principales problemas a los que se enfrenta la población de la zona año tras año. Por ello en este epígrafe se aborda la importancia de este fenómeno periódico.

#### Definición

Se entiende por inundación la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, debido a desbordamiento de ríos, lluvias torrenciales o deshielo.

Es importante diferenciar entre avenidas o crecidas e inundaciones, ya que una buena gestión de las primeras puede llegar a evitar o minimizar la afección de las segundas.

## **Metodología**

Partiendo de las fuentes habituales de información se realiza una descripción de la problemática asociada a los eventos de inundación intermitentes, pero persistentes en el tiempo, dentro del Valle de México.

Para ello, en primer lugar se analizan los antecedentes históricos de la zona, así como la frecuencia e importancia de estos episodios extremos hasta la fecha y en el actual contexto de cambio climático.

En segundo lugar, se analizan los medios con que se ha dotado al Valle de México para eliminar o mitigar las afecciones de las inundaciones, principalmente constituidas por la infraestructura de evacuación de las aguas sobrantes (sistema de drenaje).

Finalmente, dado que la citada infraestructura es operada por diversas entidades, se describe el protocolo que debe seguirse en caso de fenómeno extremo de inundación, explicando las competencias que cada Organismo posee y qué método operativo se ha de seguir.

### **3.9.1 Antecedentes y situación en el actual contexto de cambio climático**

#### **Antecedentes**

La Cuenca del Valle de México era una depresión cerrada (cuenca endorreica) en origen, con grandes áreas lacustres en la parte baja.

Desde que se iniciaron los primeros asentamientos en el Valle de México, los primeros pobladores han luchado con la falta de agua potable y con las constantes inundaciones debidas al desbordamiento de los lagos.

La estrategia usada históricamente para controlar las inundaciones en el Valle de México ha sido drenar las aguas residuales y pluviales fuera de la cuenca, abriendo salidas artificiales. Esto supuso una modificación perpetua del Sistema Hidrológico del Valle de México.

En orden cronológico, las grandes infraestructuras construidas han sido:

- Tajo de Nochistongo: Formado por una cadena de ríos, arroyos y canales ubicado sobre lo que fuera el antiguo lago de Texcoco. Se realizó a cielo abierto entre los siglos XVII y XVIII, quedando inaugurado en 1788.
- Gran Canal de Desagüe (Túnel de Tequixquiac): Con una longitud de 47.5 kilómetros, fue la primera infraestructura construida para llevar las aguas pluviales y residuales de la Ciudad de México hasta el estado de Hidalgo. Fue inaugurado en el año 1900.
- Emisor poniente (Nuevo Túnel de Tequixquiac): Con una longitud de 32.3 kilómetros, se construyó para interceptar los escurrimientos de las montañas del poniente, tanto del Dis-

trito Federal como del Estado de México, para conducir las hacia el río Cuautitlán y el Tajo de Nochistongo. Entró en operación en el año 1964.

- Emisor Central: Con una longitud de 50 kilómetros, se diseñó para evacuar las aguas de lluvia que afectaban la zona centro de la ciudad de México hasta el estado de Hidalgo. Fue inaugurado en 1975.

La desecación del área lacustre aceleró el crecimiento de la mancha urbana en el Valle de México, incrementándose la demanda de agua potable, e iniciándose la explotación de los mantos acuíferos de la cuenca.

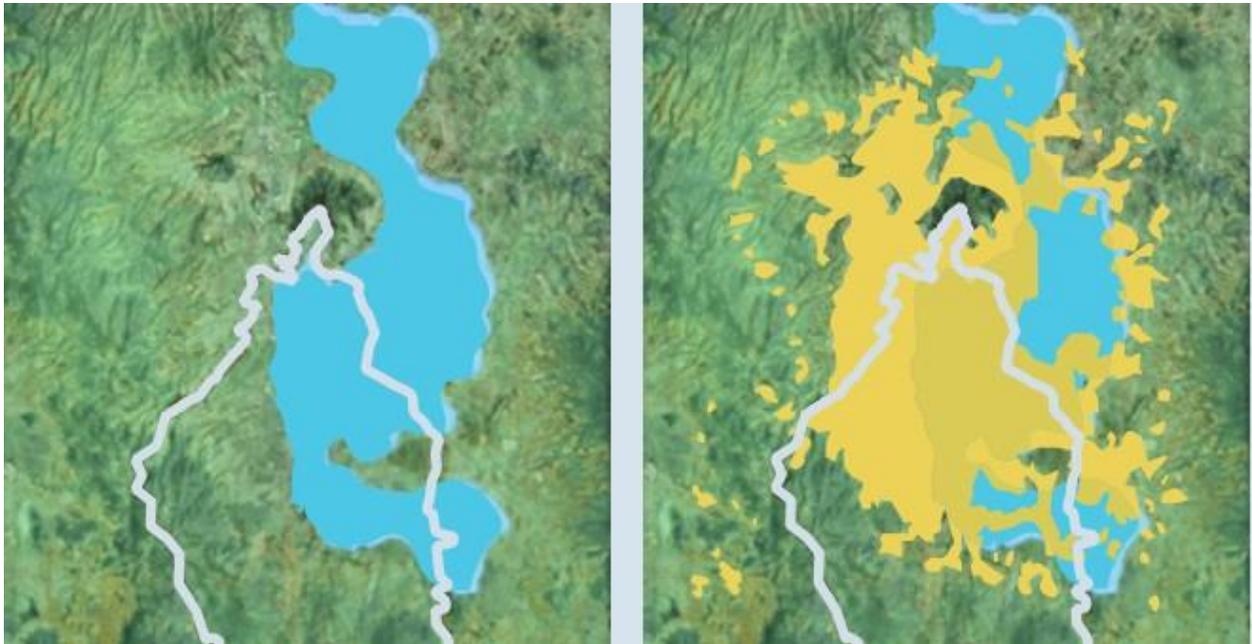


Figura 49: Crecimiento de la mancha urbana sobre los lagos del Valle de México

Durante la década de 1930 se hizo evidente que las fuentes subterráneas no serían suficientes para abastecer la demanda de miles de nuevos habitantes, por lo que se comenzó a estudiar la posibilidad de traer agua de cuencas externas, cuestión fundamentada, en gran medida, por el hundimiento de la ciudad, consecuencia de la extracción de agua del subsuelo. Esto aumentó aun más las aguas totales a evacuar y, por tanto, el problema.

Por tanto, todas estas obras, construidas con la finalidad de drenar las aguas residuales y pluviales de la cuenca, pretenden evitar los problemas de inundaciones y aprovechar los volúmenes de agua desalojados para abastecer los distritos de riego ubicados en la cuenca del Río Tula. No obstante, la capacidad de evacuación es insuficiente, como consecuencia del hundimiento de la ciudad de México y la consiguiente pérdida de pendiente que tenía su diseño inicial, con lo que ha tenido que recurrirse a equipos de bombeo para compensar la operación por gravedad original.

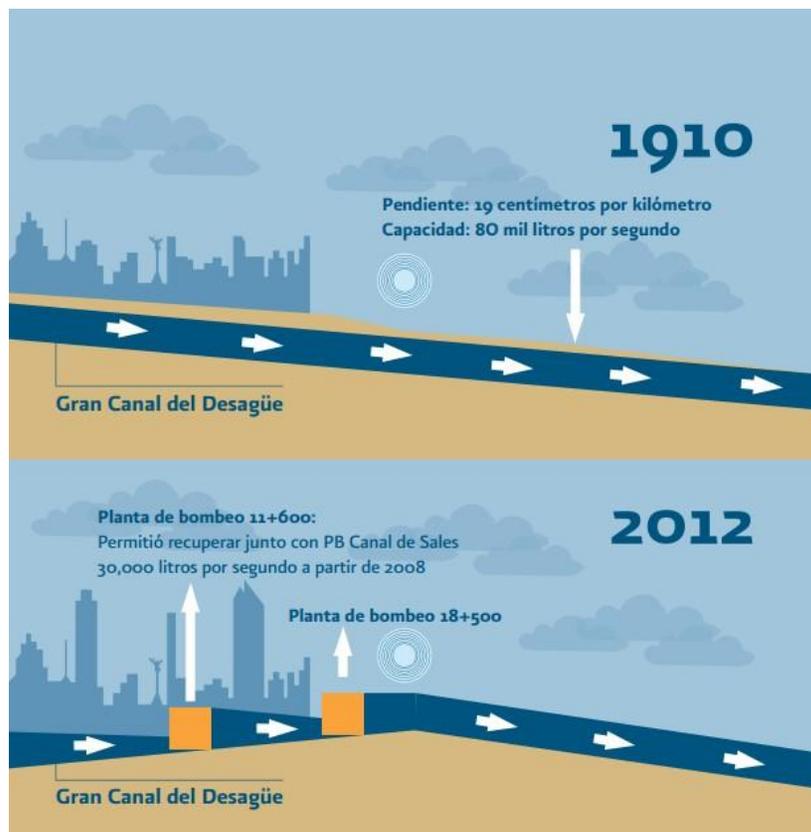


Figura 50: Gráfico que refleja el hundimiento de la Ciudad de México.

### Situación en el actual contexto de cambio climático

Como ya se ha destacado, los episodios de crecidas e inundaciones son un fenómeno recurrente en el Valle de México y, principalmente, en su zona metropolitana. Así, como muestra de su magnitud, se indican en la siguiente tabla algunos de los más virulentos, contabilizados desde el año 1974 hasta la actualidad<sup>26</sup>.

Fecha del evento	Zona o municipio afectado	Daños producidos
11/09/1979	Ecatepec	60 colonias afectadas gravemente, unas 700 000 personas y 300 fábricas.
24/06/1986	Chimalhuacán	400 000 habitantes afectados.
04/05/1990	Milpa Alta	El agua y lodo llegan a los 1.5 metros de altura. 22 000 habitantes afectados.
10/09/1998	Distrito Federal	Hasta 50 centímetros de altura de la lámina de agua. Afectado todo el D.F.
21/07/2004	Distrito Federal	La zona más afectada fue el sur, donde el río san Francisco, ubicado en la delegación de Tlalpan, se desbordó.

<sup>26</sup> Datos extraídos de las “Estadísticas del Agua en la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2011”

Fecha del evento	Zona o municipio afectado	Daños producidos
06/09/2009	Tlanepantla y Atizapán de Zaragoza	Daños en más de 2 000 casas, 3 muertos, comercios y automóviles afectados, debido a una intensa precipitación sumada a la ruptura de la tubería del Emisor Poniente.
05/02/2010	Nezahualcóyotl, Ecatepec y Distrito Federal	Debido a intensas precipitaciones que marcaron récords históricos para un mes de febrero, se produjo la saturación del sistema de drenaje, desbordamientos de canales y tuberías, inundaciones y como consecuencia hubo daños en viviendas y miles de familias desplazadas

Tabla 53: Desastres naturales relevantes en el Valle de México.

Como se deduce de estos datos, las inundaciones en el Valle de México provocan problemas de enorme magnitud y trascendencia para todos los habitantes de la zona.

En cuanto a la estacionalidad, tomando la información de la publicación “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, Edición 2011”, se pueden analizar los eventos extremos de inundación según los meses, tal como se puede observar en la tabla.

Mes	Precipitación (mm) <sup>27</sup>	Distribución de la precipitación (%)	Número de eventos de inundación <sup>28</sup>	Frecuencia de los eventos de inundación
Enero	12.3	1.92	3	0.59
Febrero	9.0	1.41	3	0.59
Marzo	14.4	2.25	1	0.20
Abril	33.8	5.29	9	1.78
Mayo	55.1	8.61	43	8.50
Junio	108.5	16.96	106	20.95
Julio	116.4	18.20	115	22.73
Agosto	109.2	17.07	83	16.40
Septiembre	101.2	15.82	97	19.17
Octubre	58.0	9.07	42	8.30
Noviembre	14.3	2.24	4	0.79
Diciembre	7.4	1.16	0	0.00

<sup>27</sup> Precipitación media mensual para el período 1980-2010

<sup>28</sup> Eventos registrados en el período 1970-2007

Mes	Precipitación (mm) <sup>27</sup>	Distribución de la precipitación (%)	Número de eventos de inundación <sup>28</sup>	Frecuencia de los eventos de inundación
TOTAL	639.8	100.00	506	100.00

Tabla 54: Eventos extremos de inundación según meses.

Como puede apreciarse, la mayor frecuencia de fenómenos de inundación se da en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, coincidiendo con los meses de máximas precipitaciones.

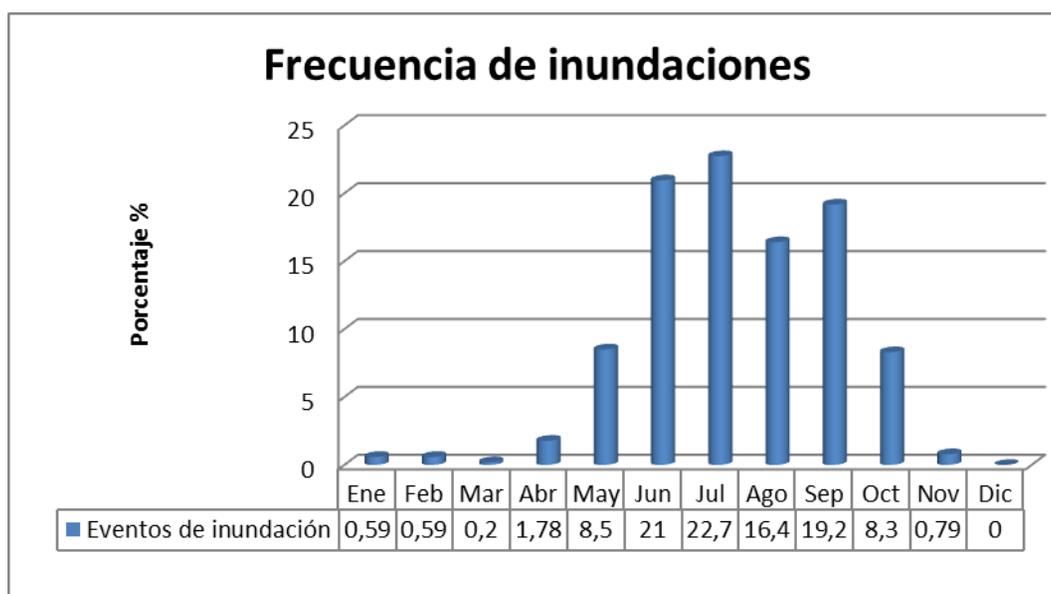


Figura 51: Frecuencia mensual de inundaciones.

Todo este análisis se fundamenta en los fenómenos ocurridos hasta la fecha. No obstante, las inundaciones severas son y serán más recurrentes en el presente escenario de **cambio climático**.

En este contexto, se prevé que las inundaciones en la región del Valle de México serán originadas por:

- Intensas precipitaciones en tiempos más reducidos.
- Huracanes que se darán con mayor frecuencia.

En lo que respecta a las lluvias, de acuerdo con los datos del Observatorio de Tacubaya<sup>29</sup>, la precipitación pasó de alrededor de 600 mm por año a principios del siglo XX, a casi 900 mm por año, por lo que sigue una clara tendencia creciente.

<sup>29</sup> Situado en el DF, con las siguientes coordenadas: LATITUD: 19° 24' 13" N LONGITUD 99° 11' 46" W ALTITUD 2308.06 msnm

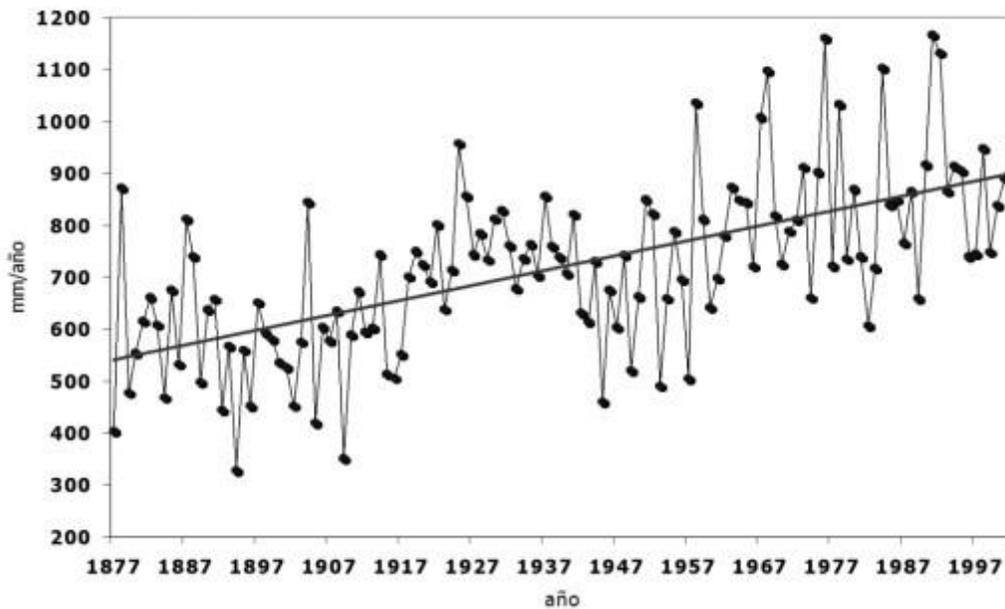


Figura 52: Tendencia del volumen de lluvia/año.

Por otra parte, no sólo se incrementa el volumen de lluvia por evento, como se ha mencionado, sino que se está observando un aumento del número de eventos significativos, tal como se puede ver en la figura siguiente.

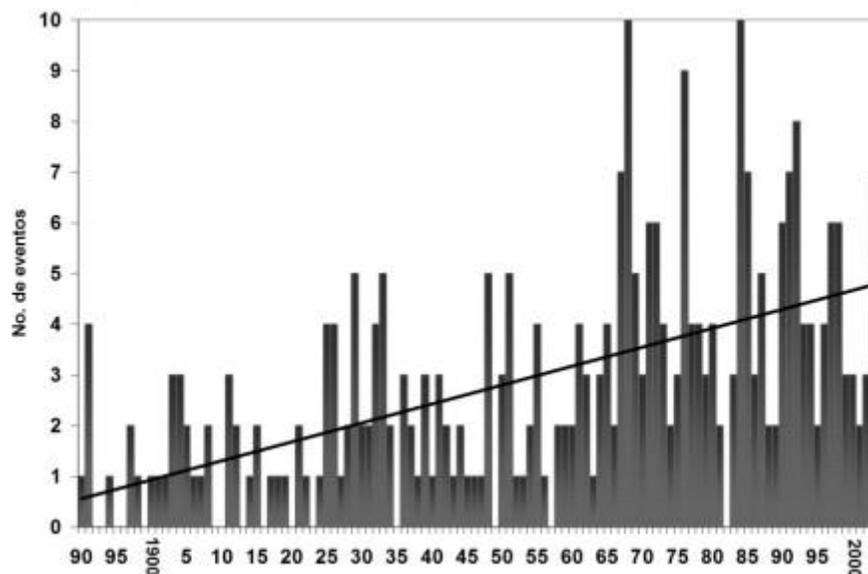


Figura 53: Tendencia del número de eventos de lluvia.

El aumento en la precipitación anual acumulada está asociado al hecho de que el número de eventos extremos con más de 30 mm/h (los llamados “aguaceros”) también haya aumentado, pasando de 1 o 2 por año a principios del siglo veinte, a 6 o 7 por año a finales del mismo.

Todo este análisis conduce a concluir que el número e importancia de los eventos, no solamente no va a disminuir en un contexto de cambio climático, sino que la tendencia es a su aumento y, por tanto, de los medios necesarios para su atenuación.

### 3.9.2 Infraestructura del sistema hidrológico de evacuación

Para comprender más a fondo el problema de las inundaciones en el Valle de México se describe en este apartado las infraestructuras del sistema hidrológico, construidas para mitigar los problemas reiterados de inundaciones presentes en la actualidad.

El objetivo de esta infraestructura es evitar episodios de inundaciones y que estos puedan afectar de manera directa a la población o a sus bienes, o indirectamente al desarrollo normal de las actividades humanas.

El sistema hidrológico de evacuación está compuesto por:

- 64 grandes cauces. Los cauces naturales solo se conservan en las zonas montañosas que rodean el Valle de México.
- 124 kilómetros de grandes canales.
- 8 ríos entubados. Son los que discurren por la zona urbana y se entubaron para evitar el contacto de la población con las aguas residuales.
- 45 presas de regulación para el control de avenidas.
- 3 presas para el almacenamiento de agua potable y riego.
- 6 lagunas y vasos reguladores.

Los grandes ríos aportadores al Valle de México son los que bajan de las sierras del poniente (Magdalena, Mixcoac, Tacubaya y Hondo) y que drenan hacia el sistema de presas, descargando en el Interceptor del Poniente.

El Interceptor del Poniente conduce las avenidas hacia el norte y descarga por la parte baja del río Hondo, en el Vaso del Cristo, donde pueden ser reguladas y descargadas nuevamente en el Emisor del Poniente (hacia el norte) o en el río de Los Remedios (hacia el oriente).

Al norte del Vaso del Cristo, el Emisor del Poniente recibe las descargas de los ríos Tlalnepantla, San Javier, Cuautitlán y Hondo de Tepotzotlán, que son a su vez regulados por las presas de Madín, San Juan, las Ruinas, Guadalupe y La Concepción. Este emisor descarga las avenidas fuera del Valle por el antiguo Tajo del Nochistongo.

El río Churubusco es actualmente la infraestructura básica para el drenaje de las cuencas de la zona situada al sur, descargando las avenidas en los lagos de Texcoco, Churubusco y Regula-

ción Horaria, donde se recogen antes de ser descargadas en el Dren General del Valle.

Toda la red primaria que conduce las avenidas con una trayectoria que va de poniente a oriente, son interceptadas por el Sistema de Drenaje Profundo en primer lugar mediante gravedad, para pasar después por el Gran Canal de Desagüe mediante bombeo.

El Sistema de Drenaje Profundo maneja los escurrimientos captados por tres Interceptores, Centro-Poniente, Central y Oriente, y los conduce por el Emisor Central, fuera del Valle, hasta el río Salto.

El Interceptor Centro-Poniente sirve de auxilio al de Poniente en momentos de fuertes crecidas, de la misma manera que funciona el Interceptor de Oriente para el del Gran Canal.

La zona sur-oriente del Valle ha crecido aceleradamente en el estado de México. El río de La Compañía conduce los escurrimientos de esta zona hasta descargarlos en el Dren General del Valle, y de ahí al Gran Canal de Desagüe.

Por último, el otro gran conducto de drenaje es el Gran Canal de Desagüe. Recibe directamente las descargas de toda la zona urbana situada al oriente del interceptor del Poniente y al norte del río Churubusco.<sup>30</sup>

Puede visualizarse un esquema de las infraestructuras en la siguiente figura.

---

<sup>30</sup> Estas descargas deben efectuarse mediante bombeos por el problema del hundimiento de la ciudad, situación que agrava de manera importante el problema del drenaje de la zona urbanizada

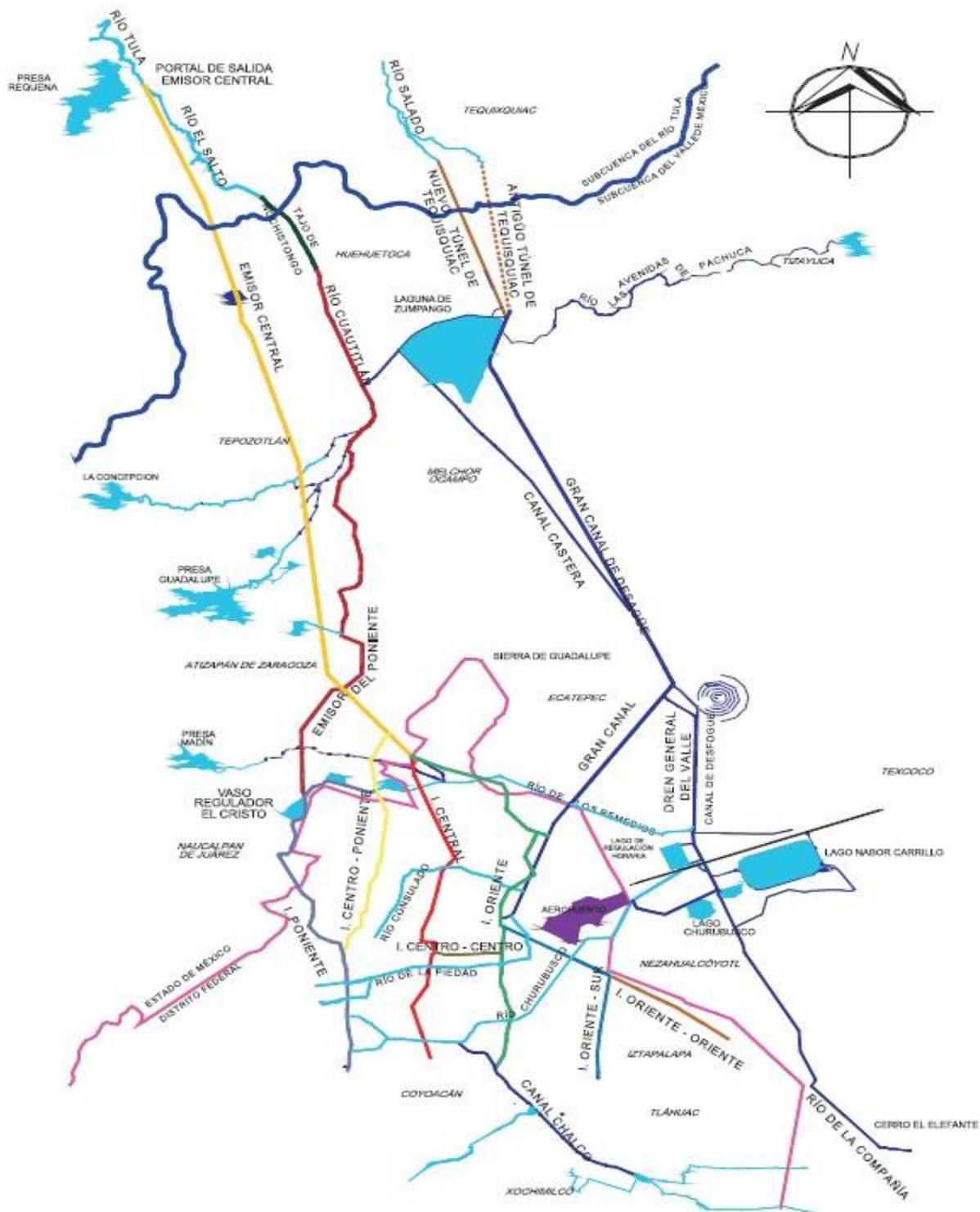


Figura 54: Sistema de Drenaje del Valle de México.

Por otro lado, en la siguiente tabla se señalan las características fundamentales de las infraestructuras mencionadas anteriormente.

Nombre de la infraestructura	Longitud (km)	Profundidad (m)	Diámetro (m)	Capacidad de conducción (m <sup>3</sup> /s)
Emisor Central	50	40-220	6.5	220
Interceptor Central	16.1	22-41	5	90
Interceptor Oriente	28	20-50	5	85
Interceptor Oriente Sur	13.8	20-25	5	40
Interceptor Centro Poniente	16	20-51	4	40
Interceptor Poniente	16.2	12-35	4	25
Interceptor Centro- Centro	3.7	26	5	90
Interceptor Oriente-Oriente	3.4	20	5	40
Interceptor Iztapalapa	5.5	10-16	3.1	20
Interceptor Canal Nacional- Canal de Chalco	11.6	10-180	3.1	20
Interceptor Obrero Mundial	0.8	16	3.2	20
Interceptor Gran Canal	1	-	3.1	90

Tabla 55: Sistema de Drenaje Profundo.

Sin embargo, el crecimiento desordenado del área urbanizada y los hundimientos del terreno han dificultado el drenaje y la capacidad de conducción del sistema, sobre todo en la Zona Metropolitana del Valle de México.

En particular, este problema se vio agravado cuando las autoridades decidieron cambiar la vocación del Sistema de Drenaje Profundo en 1975: de ser el vertedor de aguas pluviales en la temporada de lluvias, a ser el Drenaje Sanitario permanente de las aguas residuales.

Además, al tener problemas con la pérdida de pendiente hidráulica y con la operación del Gran Canal del Desagüe, la capacidad de evacuación de aguas ha disminuido paulatinamente por los siguientes motivos:

- La capacidad total de descarga ha decrecido de manera significativa. El Gran Canal, que todavía en 1988 condujo un gasto máximo instantáneo de 68 m<sup>3</sup>/s, en el año 2000 sólo pudo descargar 8 m<sup>3</sup>/s, y el Emisor Central se ha deteriorado, lo que aumentó su coeficiente de rugosidad y redujo su capacidad de 160 a unos 120 m<sup>3</sup>/s.
- Los escurrimientos que llegan al Sistema se han incrementado por el crecimiento de la mancha urbana y la mejora de la infraestructura de captación. En particular, el Interceptor Oriente del Sistema de Drenaje Profundo ha aumentado su área de aportación al exten-

derse hacia el sur-oriental con los Interceptores Oriente-Sur y Oriente-Oriente.

- Ante el incremento de las aportaciones y la disminución de las capacidades de descarga y almacenamiento, se ha recurrido en exceso al Sistema de Drenaje Profundo como alivio para todas las demás partes del Sistema Principal, lo que ha provocado que el Sistema de Drenaje Profundo trabaje con cargas varias veces por año<sup>31</sup>.

Muchos de estos problemas se ven aumentados por la carencia de una buena operación y mantenimiento de las estructuras, los cuales son fundamentales para un adecuado funcionamiento del sistema en su conjunto. Así, algunas infraestructuras que requieren de una atención inmediata son:

- Los vasos reguladores: Han perdido capacidad de almacenamiento.
- Las presas de control: Se encuentran cegadas por los sedimentos, además de haber sido invadido el terreno que es zona de influencia del embalse, poniendo en peligro la integridad física de la población presente en estos lugares.
- Los canales: Su capacidad de conducción se ha visto mermada debido a los hundimientos producidos en el subsuelo. Requieren de un gran mantenimiento puesto que han superado la vida útil para la que fueron diseñados.

En las figuras siguientes puede apreciarse la evolución en la capacidad de desalojo de aguas del Sistema de Drenaje.

---

<sup>31</sup> Es un ejemplo de lo que ocurrió el 15 de junio de 2000, fecha en que se presentó una inundación en la Unidad Ejército de Oriente, debido a que derramó la lumbrera 3 del Interceptor Oriente-Oriente.

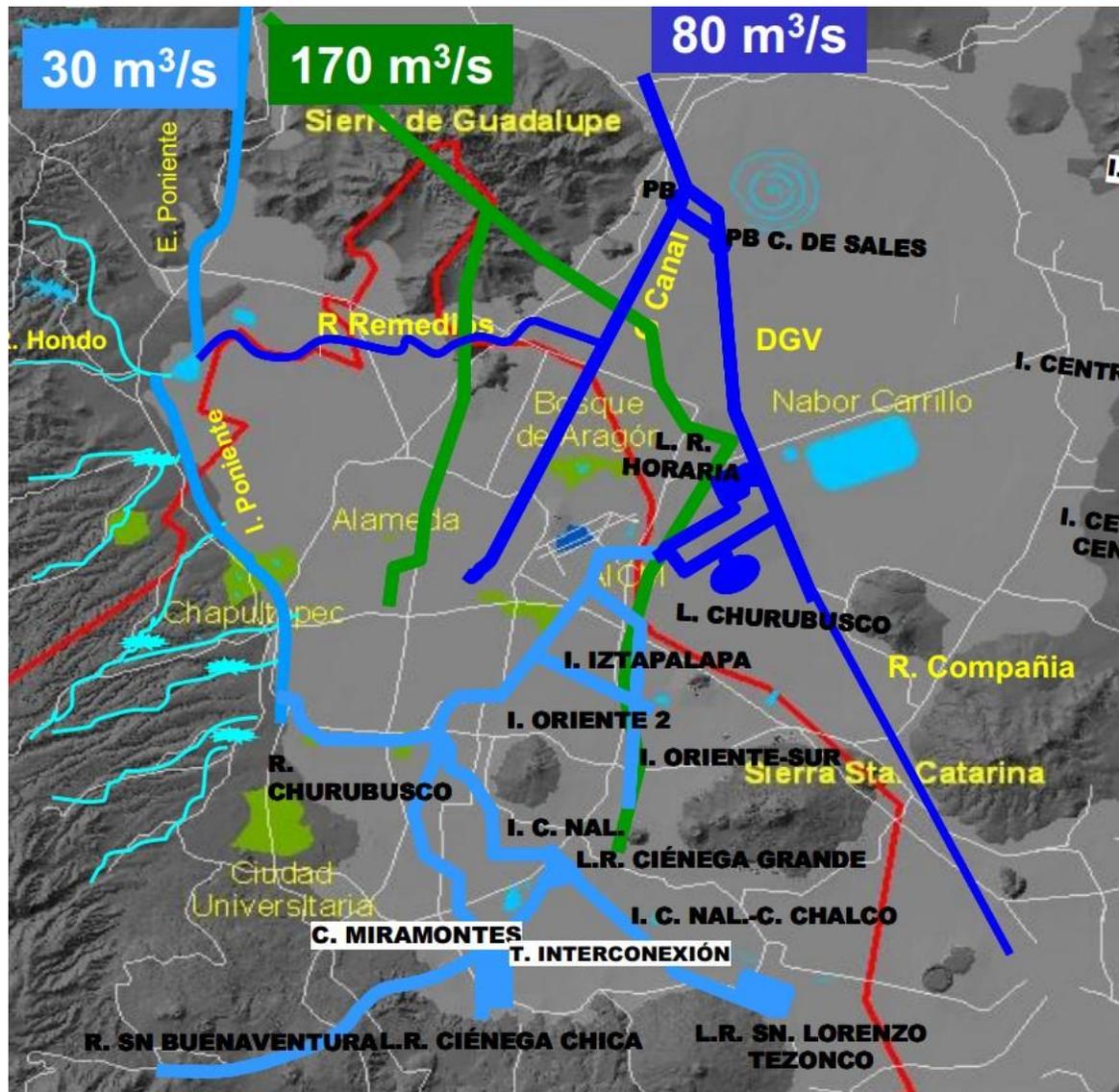


Figura 55: Volumen de agua evacuada de Ciudad de México en 1975.



El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y la Comisión del Agua del estado de México (CAEM), junto con el Organismo de Cuenca de las Aguas del Valle de México (OCAVM) mantienen el Protocolo de Operación.

El Gobierno del Distrito Federal tiene a su cargo la operación del Sistema de Drenaje Profundo y los cauces que se encuentran en su jurisdicción.

Por otra parte, CONAGUA opera los cauces, ríos, vasos y drenes de jurisdicción federal dentro del Valle de México.

Y por último, el Gobierno del Estado de México opera los sistemas de desalojo que vierten a los sistemas federales o al Sistema de Drenaje Profundo.

El objetivo principal del operativo es evitar una carga excesiva en el sistema que ponga en riesgo a la Ciudad de México de inundaciones, siendo su periodo de aplicación de mayo a octubre. No obstante, se desarrollan actividades previamente a la temporada de lluvias, para lo cual es necesaria la participación de los organismos operadores en las tareas de mantenimiento de la infraestructura hidráulica.

El Protocolo especifica 11 estructuras que deben ser operadas conjuntamente, así como el Organismo que debe actuar y los pasos que debe seguir bajo cualquier circunstancia.

Las once infraestructuras a las que se hace referencia son<sup>32</sup>:

1. Las compuertas del Canal de Draga: Operado por OCAVM.
2. El Vaso “El Cristo” con sus compuertas hacia el río de los Remedios y desviación al Emisor del Poniente: Operado por OCAVM.
3. El Brazo Derecho del río Churubusco con sus compuertas hacia el Dren General del Valle: Operado por OCAVM
4. Obra de Toma del Gran Canal: Operado por SACMEX
5. Planta de Bombeo Churubusco-Lago: Operado por SACMEX
6. Planta de Bombeo Dren General del Valle-Canal de Sales: Operado por OCAVM
7. Planta de Bombeo del Gran Canal en el km 18+500: Operado por SACMEX
8. Planta de Bombeo Río Hondo: Operado por SACMEX

---

<sup>32</sup> Según información presentada en el “Compendio del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Edición 2010”

9. Vaso regulador La Gasera: Operado por SACMEX

10. Túnel Semiprofundo San Javier: Operado por OCAVM

11. Ataguía en el río de los Remedios: Operado por OCAVM, SACMEX y CAEM. Para este caso particular, el Protocolo de Operación establece que el SACMEX reducirá el bombeo al Gran canal y al río de los Remedios, mientras que el OCAVM cerrará el Vaso del cristo y dependiendo de la descarga del cárcamo El Rosario, derivará el gasto al Vaso Carretas.

Desde el año 2000 se han establecido variantes al Protocolo con el objeto de mejorar el nivel de respuestas ante lluvias extraordinarias, estableciéndose por ejemplo, desde el año 2007 los 8 milímetros de lluvia como una alerta de preaviso que facilite la posible respuesta a un evento de inundación.<sup>33</sup>

Se cuenta también con un “Operativo de lluvias” en el que se monitorean puntos críticos mediante el apoyo de brigadas de técnicos, estableciendo el Sistema de monitoreo de lluvias en tiempo real. Para este operativo se cuenta con:

- 78 estaciones pluviométricas
- Pronóstico del Servicio Nacional de Meteorología a través de los reportes satelitales
- Alerta del río Compañía

#### Algunas claves de eventos de inundación y medidas de mitigación

De manera natural, la Cuenca del Valle de México es una depresión cerrada. Todas las obras realizadas hasta la fecha intentan modificar artificialmente este hecho, aunque no siempre con buenos resultados.

La sobreexplotación de acuíferos, sumado a la cada vez mayor densidad de población agravan el problema del hundimiento de la ciudad de México, con resultado negativo en cuanto a inundaciones en la zona.

El hecho de que se concentren casi la totalidad de las lluvias en 4 meses hace aún más complicado la gestión de los eventos extremos de inundación que provocan.

La situación actual del Valle dentro de un contexto de cambio climático, dará lugar a fenómenos extremos más frecuentes e intensos en los próximos años.

Existe una enorme red de drenaje que necesita ser revisada con urgencia, ya que en caso de fallo, una gran zona poblada se vería seriamente afectada al no poder ser desalojada el agua de lluvia.

<sup>33</sup> Hasta ese momento, se aplica a partir de los 11 milímetros de lluvia.

### Algunas claves de eventos de inundación y medidas de mitigación

Existe un protocolo de actuación ante emergencias que debe ser seguido exhaustivamente por los Organismos Operadores implicados.

La planeación de las nuevas infraestructuras y el mantenimiento de las existentes requieren de la participación y acuerdo de diversas entidades.

## 3.10 Marco Institucional vigente

En este apartado se presenta:

- Una descripción general del marco legal en materia de administración de las aguas nacionales, suministro de agua, drenaje y saneamiento
- Un análisis y descripción de la distribución actual de competencias y atribuciones en la gestión del recurso en el país y en el Valle de México en particular.

Para el análisis de competencias, se analizan las que corresponden a cada una de las Autoridades involucradas, así como las funciones que desempeñan otras autoridades como coadyuvantes y las actividades que desarrollan los usuarios de los servicios y la sociedad civil en la gestión y en el uso del recurso.

Se analizan las competencias en las siguientes funciones:

- Administración del Agua.
- Abastecimiento de agua potable.
- Tratamiento de aguas residuales y su reúso.
- Gestión de las aguas pluviales.

Y se revisan las atribuciones, competencias y facultades de las autoridades y funcionarios en los siguientes ámbitos:

- Gobierno Federal, como la autoridad suprema a que se refiere el párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual es la propietaria originaria de las agua de propiedad de la Nación.
- Comisión Nacional del Agua.
- Organismo de Cuenca.

- Consejo de Cuenca.
- Comité Técnico de Aguas Subterráneas.
- Gobiernos de los Estados.
- Municipios.
- Organismos Operadores.
- Usuarios de aguas nacionales (siendo éstos particulares o autoridades que cuentan con títulos de concesión o asignación, respectivamente, para el aprovechamiento de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, así como permisos de descarga en cuerpos de agua nacionales y uso o aprovechamiento de zonas federales)
- Usuarios de agua y saneamiento (siendo éstos particulares o personas morales que cuentan con un contrato de prestación de servicios de abastecimiento domiciliario de agua, drenaje y saneamiento de las aguas residuales con el operador municipal, o bien quienes reciben estos servicios de alguna otra figura local como comités o fraccionamientos).

Para ello se ha acudido a la consulta del marco constitucional, legal y reglamentario de cada una de las áreas mencionadas. Para empezar, se proponen reflexiones que permitan aclarar la definición de lo que son las aguas nacionales y la gestión del recurso hídrico, para dar marco al análisis de la participación de los diferentes órdenes de gobierno e instancias de coordinación.

Se revisaron los siguientes ordenamientos:

- Legislación Federal:
  - Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
  - Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
  - Ley de Entidades Paraestatales.
  - Ley de Asociaciones Público – Privadas.
  - Ley de Coordinación Fiscal.
  - Ley de Planeación.
  - Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
  - Ley Federal de Derechos.
  - Ley de Aguas Nacionales.

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
- Reglamento Interior de la CONAGUA.
- Legislación del Estado de Hidalgo:
  - Constitución Política del Estado.
  - Ley de ingresos del Municipio de Pachuca.
  - Ley Orgánica Municipal del Estado.
  - Bando de Policía y Buen Gobierno de Tulancingo.
  - Bando de Policía y Buen Gobierno de Pachuca.
  - Decreto de Creación de la Comisión Estatal de Aguas.
  - Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado.
  - Ley de Planeación.
  - Ley de Protección al Ambiente.
  - Código Fiscal.
  - Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado.
- Legislación del Distrito Federal:
  - Ley Orgánica de la Administración Pública.
  - Ley de Planeación demográfica.
  - Ley de Planeación del Desarrollo.
  - Ley de Aguas.
  - Código Fiscal.
  - Ley Ambiental.
- Legislación del Estado de México:
  - Constitución Política del Estado.
  - Decreto de Creación de la CAEM.

- Ley de Planeación.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado.
- Ley Orgánica Municipal del Estado.
- Bando de Policía y Buen Gobierno de Chalco.
- Bando de Policía y Buen Gobierno de Toluca.
- Bando de Policía y Buen Gobierno de Cuatepec.
- Código para la Biodiversidad.
- Código Financiero.
- Ley de Aguas del Estado.

### **Definición de Aguas Nacionales.**

El párrafo Quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece la clasificación de las aguas que se ubican dentro del territorio mexicano, en tres esquemas:

- a) Aguas de propiedad de la Nación.- Son aquéllas que cumplen los requisitos del párrafo Quinto del artículo 27 de la Constitución, para ser declaradas de propiedad nacional.
- b) Aguas sujetas a las disposiciones que dicten los Estados, como aquéllas que no están enumeradas en el mencionado párrafo quinto del 27 Constitucional.
- c) Aguas que pueden ser apropiadas por los particulares.- Que son las que nacen en un predio y que no se intercomunican con otros cuerpos de agua.

Respecto de las aguas nacionales hay una serie de disposiciones legales y reglamentarias relacionadas con su administración, planeación, aprovechamiento y preservación. La Ley de Aguas Nacionales es la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional; cuenta con un Reglamento.

Respecto de las que pueden ser reguladas por los Estados, en la legislación del Estado de México y en el Estado de Guanajuato se ha propuesto la reglamentación de las aguas de jurisdicción estatal, aunque en la práctica no hay aguas que hayan sido declaradas como tales.

En cuanto a las aguas que pueden ser apropiadas, de estas no existe ninguna legislación que específicamente las regule. Aunque ha habido cierta discusión sobre la posibilidad de dar libre alumbramiento a aguas del subsuelo bajo ciertas condiciones (cuando puede hacerse por medios mecánicos, por ejemplo), la jurisprudencia ha marcado que dichas aguas son también de jurisdicción federal, dado que casi en todos los casos están conectadas a cuerpos de agua de

propiedad nacional.

### **Qué significa la Gestión de los Recursos Hídricos.-**

En el marco de la Ley de Aguas Nacionales, la Gestión de los recursos hídricos o "Gestión del Agua" se traduce en el proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidro-meteorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

#### **3.10.1 Administración del agua – aguas nacionales**

Antes de entrar a los análisis de competencia de las diferentes instancias involucradas en la Gestión del recurso hídrico, es importante precisar que aguas nacionales y aguas de propiedad de la Nación, son conceptos diferentes y que la Ley de Aguas Nacionales no hace ninguna diferencia.

La diferencia estriba en que respecto de las aguas nacionales –que debe entenderse como las aguas que se ubican dentro del territorio nacional- no todas son propiedad de la Nación. En términos llanos, el 27 párrafo V señala con toda precisión cuales son propiedad de la Nación, cuales quedan sujetas a la jurisdicción de los Estados y finalmente cuales pueden ser apropiadas por los particulares. En sentido estricto las aguas sujetas a la jurisdicción de los Estados, son nacionales pero no de propiedad nacional.

El mismo supuesto aplica para las aguas que pueden ser apropiadas por los dueños de los terrenos en donde nacen, que siendo nacionales, no son propiedad de la Nación, y por ende, aunque de manera somera, serán comentadas en un tercer subapartado.

Ahora sí, entrando al análisis de la Administración de las aguas propiedad de la Nación que corresponden al presente apartado, se pueden concluir varios aspectos en los siguientes tópicos:

#### **Competencia de la Comisión Nacional del Agua**

Sin duda, de acuerdo al 27 Constitucional el 95% o más de las aguas continentales ubicadas dentro del territorio nacional, entran dentro de la clasificación de aguas de propiedad de la

Nación.

En ese orden de ideas, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento establecen la clara competencia de la Comisión Nacional del Agua y de los Organismos de Cuenca, en la administración de las aguas de propiedad de la Nación.

Como mero apunte, se puede citar que la Ley de Aguas del Estado de México considera el abasto de aguas de jurisdicción estatal, actividad que esta incipientemente regulada por la Comisión de Aguas del Estado de México. A su vez, desde el año 2000 en el Estado de Guanajuato se promulgó una Ley de Aguas con un doble objeto: la regulación de los servicios municipales y la reglamentación de aguas de jurisdicción estatal, aun cuando estas últimas no han sido determinadas a la fecha.

### **Facultades específicas de los Organismos de Cuenca**

Cuando se publicó la Ley de Aguas Nacionales, en el marco de los artículos 33 y 37 de la Ley de Planeación, en materia federal, se crearon los Consejos de Cuenca como instancias de Coordinación entre las Autoridades y Concertación con los sectores beneficiados, a fin de instrumentar acciones y obras previstas en el Plan Nacional de Desarrollo y los Programas Sectoriales.

Durante la década anterior, se buscó de manera insistente en que estos Consejos de Cuenca se convirtieran en Organismos de Cuenca, ejecutivos, con facultades de decisión en la ejecución de las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo y los programas sectoriales, siguiendo los modelos español y francés. Finalmente se modificó la Ley de Aguas Nacionales y lo que se traducía en Gerencias Regionales, con el cambio de Ley se convirtieron en Organismos de Cuenca, que tienen las mismas facultades que la Comisión Nacional del Agua en materia de administración del agua, pero en la circunscripción territorial que las integra, dejando a los Consejos de Cuenca con atribuciones de coadyuvancia como más adelante se apuntará.

En resumen, los Organismos de Cuenca (antes Gerencias Regionales), cuentan en el nivel regional, con las mismas facultades que la Comisión Nacional del Agua, en materia de administración de las aguas nacionales y como se desprende del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua, estos Organismos tienen una dependencia jerárquica de la Autoridad Nacional del Agua.

### **Facultades específicas del Titular del Ejecutivo Federal**

Pero respecto de la Administración de las aguas nacionales, sin duda el Ejecutivo Federal se reserva actos de autoridad importantes relacionados con la administración de las aguas nacionales, como las de:

- a) Reglamentar el uso de las aguas nacionales por cuenca o acuífero,
- b) Expedir decretos de veda para el control de nuevos aprovechamientos,

- c) Emitir también decretos de reserva para determinar aguas para usos específicos a futuro,
- d) Realizar los rescates para rescatar agua para un proyecto prioritario específico; y
- e) Finalmente las expropiaciones mediante decretos para obtener inmuebles para destinarlos a una causa de utilidad pública.

### **Facultades de los Gobiernos Estatales**

Siguiendo la orden de las Autoridades señaladas, se realiza el análisis de la competencia de los Gobiernos de los Estados y por ende del Distrito Federal en la administración de las aguas nacionales.

En los términos de las disposiciones legales revisadas y que se contienen en la tabla – resumen que se incorpora como anexo, en materia de aguas nacionales, ninguno de los Estados involucrados tiene competencia en la administración de dichas aguas.

La administración de las aguas nacionales implica un poder – deber de determinada Autoridad, para poder otorgar el uso de dichas aguas, preservándolas en calidad y cantidad, en los términos de la Ley de Aguas Nacionales.

En tal sentido, los Estados tendrán las facultades de un asignatario (concesionario), cuando cuenten con un título de concesión otorgado por la Comisión Nacional del Agua, tal como lo precisa el artículo 28 de la Ley de Aguas Nacionales, que precisa:

*ARTÍCULO 28. Los concesionarios tendrán los siguientes derechos:*

- i) Explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales y los bienes a que se refiere el Artículo 113 de la presente Ley, en los términos de la presente Ley y del título respectivo;*
- ii) Realizar a su costa las obras o trabajos para ejercitar el derecho de explotación, uso o aprovechamiento del agua, en los términos de la presente Ley y demás disposiciones reglamentarias aplicables;*
- iii) Obtener la constitución de las servidumbres legales en los terrenos indispensables para llevar a cabo el aprovechamiento de agua o su desalojo, tales como la de desagüe, de acueducto y las demás establecidas en la legislación respectiva o que se convengan;*
- iv) Cuando proceda en función de la reglamentación vigente, transmitir los derechos de los títulos que tengan, ajustándose a lo dispuesto por esta Ley;*
- v) Renunciar a las concesiones o asignaciones y a los derechos que de ellas se deriven;*

- vi) Solicitar correcciones administrativas o duplicados de sus títulos;*
- vii) Solicitar, y en su caso, obtener prórroga de los títulos que les hubiesen sido expedidos, hasta por igual término de vigencia por el que se hubieran emitido y bajo las condiciones del título vigente, de acuerdo con lo previsto en el Artículo 24 de la presente Ley, y*
- viii) Las demás que le otorguen esta Ley y el reglamento regional respectivo derivado de dicha Ley.*

Para efectos de la Ley de aguas nacionales, la asignación de agua es para los Gobiernos de los Estados, Municipios, Distrito Federal o cualquier otra Dependencia o Entidad de los tres órdenes de Gobierno, y que le dé un uso público urbano o doméstico a las aguas nacionales.

Luego entonces, hacer las obras que se requieren para aprovechar las aguas nacionales asignadas, no es una facultad o poder – deber que realiza una Dependencia o Entidad de los tres órdenes de Gobierno, en sus funciones de derecho público, sino una obligación establecida por la Autoridad de las aguas nacionales, como requisito para poder aprovechar las aguas concesionadas.

Por otro lado, hacer uso de las aguas nacionales, no es ningún acto de autoridad, sino un derecho que otorga la autoridad del agua para que los concesionarios o asignatarios la puedan aprovechar, bajo las condiciones del resto de las disposiciones legales vigentes.

Es el mismo caso cuando se habla de obtener las servidumbres de paso, para poder estar en condiciones de aprovechamiento de las aguas nacionales.

En el apartado de Tratamiento de aguas residuales, no se da el extremo de dejarle facultades a los Estados y Municipios para el control de las descargas de aguas residuales a cuerpos y corrientes de propiedad nacional, sino que como usufructuarios de las aguas nacionales concesionadas, tienen la obligación como usuarios y no como autoridades, de cumplir con la calidad de dichas aguas que se descargan a cuerpos y corrientes de propiedad de la Nación.

### **Facultades de los Consejos de Cuenca**

Los Consejos de Cuenca, como se apunta en apartados anteriores, no son más que una instancia de Coordinación y Concertación, entre las Autoridades de los tres órdenes de gobierno, y los sectores social y privado, cuyas facultades se pueden resumir en lo siguiente:

- a) Contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos,
- b) Concertar las prioridades del uso del agua, aunque la prelación final de los usos y su asignación en situaciones de escasez permanecen como responsabilidades federales,
- c) Participar en la definición de los objetivos generales y los criterios de los programas

de gestión del agua,

- d) Promover la participación de las autoridades estatales y municipales,
- e) Desarrollar el Proyecto de Programa Hídrico de la cuenca,
- f) Promover la coordinación de inversiones en materia hídrica,
- g) Participar en el análisis de los estudios técnicos relativos a la disponibilidad y usos del agua,
- h) Coadyuvar al desarrollo de la infraestructura,
- i) Contribuir al saneamiento, a la valoración económica, ambiental y social del agua,
- j) Colaborar en el Sistema Financiero del Agua,
- k) Apoyar los programas para que los usuarios paguen las contribuciones,
- l) Apoyar el financiamiento de las inversiones, impulsar el uso eficiente del agua,
- m) Participar en la cultura del agua, colaborar con la Autoridad en la administración del agua,
- n) Apoyar en la vigilancia de los aprovechamientos,
- o) Promover el establecimiento de comisiones, comités, COTAS y consensar sus bases de organización y funcionamiento.

De las premisas anteriores se puede concluir lo siguiente:

1. Los Consejos de Cuenca emanan de la Ley de Planeación que permite la Coordinación de Autoridades (Federales, Estatales y Municipales) para el cumplimiento de las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo y sus Programas Sectoriales.
2. Los Consejos de Cuenca no son instancias creadas por Decretos Legislativos, Decretos Ejecutivos o emanados de una Ley.
3. Los Consejos de Cuenca no tienen personalidad jurídica y patrimonio propios
4. En el mejor de los casos, los Consejos de Cuenca son las instancias en las que la Comisión Nacional del Agua y el Organismo de Cuenca promueven:
  - La participación de los Estados y los Municipios en la Gestión Integrada de los recursos hídricos, sin tener facultades precisas en materia de administración de las aguas nacionales
  - Concertar las prioridades del uso del agua (doméstico, público-urbano, industrial, agrícola, acuicultura, ganadero, otros), aun cuando el establecimiento de una prelación es responsabilidad del Organismo de Cuenca

- Participa en la definición de objetivos generales y desarrollo del Proyecto de Programa Hídrico
- Promueve la organización de los usuarios (COTAS, Comisiones de subcuenca)
- En general, coadyuva con la autoridad del agua en la vigilancia de los cuerpos de agua, programa inversiones de las obras que requieren, opinan y hasta proponen los Proyectos de Programas Hídricos de las cuencas respectivas o los Proyectos de Reglamentos que regulen la sobre explotación de los acuíferos, previa aprobación de sendos proyectos por parte de la Autoridad del Agua.

En resumen, los Consejos de Cuenca carecen de personalidad jurídica, facultades o cualquier otra atribución en materia de administración de las aguas nacionales y siguen siendo las instancias de gestión creadas por la Comisión Nacional del Agua, para impulsar las políticas hidráulicas federales en materia de administración de las aguas nacionales.

### **Facultades de los COTAS**

Los COTAS al igual que los Consejos de Cuenca son instancias de gestión del recurso hídrico, donde la Comisión Nacional del Agua impulsa acciones como la auto-reglamentación de los acuíferos para disminuir la sobre explotación, pero aparte de ello, todo lo demás comentado respecto de los Consejos de Cuenca aplica para los Comités Técnicos de Agua Subterránea.

Su auto – reglamentación llega a nivel de Proyecto de Reglamento, mismo que es revisado, sancionado y en su caso, aprobado por la Comisión Nacional del Agua. En el fondo, se trata de obtener por la vía consensual una aceptación por parte de los usuarios de una reducción programada en las extracciones de aguas subterráneas, de manera que se alcance el equilibrio entre aprovechamiento y rendimiento sostenible de los acuíferos, con apoyo en inversiones y asesoría técnica de las autoridades de los tres órdenes de gobierno. Corresponde a la CONAGUA efectuar y validar los estudios y modelos que permiten determinar la situación y el balance del acuífero, así como monitorear, vigilar, inspeccionar y sancionar el correcto cumplimiento de la Ley por parte de los usuarios de aguas nacionales.

### **Facultades de los Municipios**

De los tres órdenes de Gobierno, el Municipio es el tercero y se traduce en la Autoridad Administrativa responsable del Gobierno de una circunscripción territorial determinada.

Cuando se habla de descentralización del poder político para gobernar, se habla del Municipio como la figura que obedece a la descentralización por territorio.

Sin embargo, cuando se trata de la administración de las aguas nacionales, el Municipio juega el mismo papel que el Estado, no es más que un usuario de las aguas y por ende tiene las mismas obligaciones y derechos que cualquier otro usuario. En el caso de las autoridades, el

título que les concede el uso o aprovechamiento de las aguas nacionales toma el nombre de “asignación”.

Más adelante se habla de la administración de las aguas de jurisdicción estatal; en ese tenor, el Estado se convierte en rector de la administración de dichas aguas, pero el Municipio seguirá siendo usuario, con los mismos derechos y obligaciones que las disposiciones que al efecto emitieron o vayan a emitir los Estados, respecto del uso de las aguas de jurisdicción estatal.

En conclusión, los Municipios no realizan Actos de Autoridad relacionados con la administración de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. En el mejor de los casos y tratándose de zonas federales que atraviesan manchas urbanas, la política federal es que los Municipios coadyuven a su vigilancia y mantenimiento, con el fin de evitar problemas derivados de fenómenos meteorológicos extremos.

### **Facultades de los Organismos Operadores**

Los Organismos Operadores responsables de la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, también en su mayoría son Organismos Públicos Descentralizados, o sea, son Entidades Públicas que emanan del mandato de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que le otorga a través del 115, la facultad a los municipios para la prestación de los mencionados servicios.

Sin embargo, como lo mencionábamos anteriormente, los Municipios y por ende, los Organismos Públicos Descentralizados que prestan los servicios, no tienen facultades para realizar actos de autoridad en la Administración de las aguas propiedad de la Nación.

Ellos, por investidura del 115 de la Constitución Federal, están facultados para prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y de manera indirecta se convierten en usuarios de agua con los derechos y obligaciones establecidos en la Ley de Aguas Nacionales.

Prestar el servicio de suministro de agua potable, es hacer llegar a los pobladores de las ciudades, poblaciones y comunidades, el agua apta para ser consumida en los términos de la legislación sanitaria, y ello implica la necesidad de contar con fuentes de abastecimiento, en los términos de la Ley de Aguas Nacionales, o sea, mediante el Título de Concesión o Asignación.

El servicio de alcantarillado es el que presta el propio Organismo, para la captación y alejamiento de las aguas residuales resultantes de su uso, dentro de los límites de las poblaciones a su cargo, que en sí lleva implícita la descarga de aguas residuales a cuerpos y corrientes de propiedad nacional.

En ese orden de ideas, la facultad para aplicar las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para el tratamiento de las aguas residuales, nace como

una concurrencia de los tres órdenes de Gobierno, lo que pudiera ser la corresponsabilidad o poder – deber de estos tres órdenes de Gobierno de hacer cumplir los criterios generales en materia de preservación ecológica.

Sin embargo la Ley de Aguas Nacionales rompe este esquema, porque obliga a los Estados y Municipios, incluyendo a sus Organismos Operadores, a cumplir con la calidad del agua que se descarga en los cuerpos y corrientes de propiedad de la Nación y así rompe la concurrencia que señalaba la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Es por ello, que los Estados, los Municipios y sus Organismos Operadores, para el Gobierno Federal son responsables de las descargas de origen público – urbano, y dentro de los límites de las poblaciones serán la Autoridades que tendrán la facultad de prestar los servicios de agua potable, el alcantarillado y como lo mencionamos el tratamiento de las aguas residuales que se descargan a sus sistemas de alcantarillado, todo ello para cumplir con la norma federal, ya que dichas aguas finalmente serán descargadas en cuerpos y corrientes de propiedad nacional.

### **Participación de los Usuarios**

Se entiende por “usuarios” a todos aquéllos no considerados en la enumeración anterior y que directamente o indirectamente aprovechan las aguas de propiedad de la nación.

Ellos por su propia naturaleza, no pueden ejecutar actos de autoridad y por tanto no pueden sus actos ser determinantes en la Gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, en vista de la complejidad de las tareas que se requieren para ordenar y administrar el uso, la disponibilidad y calidad de las aguas nacionales, el marco jurídico ha dispuesto una serie de elementos que propician la coordinación entre los tres órdenes de gobierno y los particulares; esta última suele denominarse en México “mecanismos de concertación”. Es decir, más allá del ejercicio coactivo de las potestades legales del Estado en los términos de las atribuciones de las diferentes autoridades, se prevén mecanismos para propiciar la ocurrencia de actos materiales organizados alrededor de objetivos establecidos de manera conjunta entre las autoridades y los particulares, los cuales no eximen a estos últimos de cumplimiento del marco legal y reglamentario, pero sí buscan facilitar la adopción de los actos implementados por la autoridad para el logro más expedito o eficiente de los objetivos sociales que dicha autoridad persigue, en nombre del interés general.

Así, por ejemplo, en un COTAS o Comisión de Subcuenca es posible organizar la aplicación simultánea y coordinada de recursos presupuestales de los tres órdenes de gobierno para la realización de tareas que incidan en la restauración o preservación del estado de las aguas nacionales, incluso con participación de los particulares desde la planificación hasta el financiamiento e incluso la adopción o ejecución y operación de las mismas. Ha sido posible efectuar este tipo de operaciones y tareas coordinadas en temas como el tratamiento de aguas

residuales, la reforestación y manejo de cuencas, la adopción de tecnologías adecuadas para el saneamiento rural e incluso el monitoreo del ciclo hidrológico.

### **3.10.2 Administración de las aguas sujetas a la jurisdicción de los Estados**

El Título Cuarto de la Ley de Aguas del Estado de México, en tan solo dos artículos pretende determinar cuáles aguas son de jurisdicción estatal y las reglas para su aprovechamiento, lo que nos demuestra que aunque es muy focalizada la fuente de agua que cumple las condiciones para quedar bajo la jurisdicción del Estado, las disposiciones que la regulan, no son suficientes para su debido aprovechamiento y por ende para preservar el vital líquido en cantidad y calidad.

En la Ley de Aguas del Estado de Guanajuato, que próximamente será abrogada por la entrada en vigor del Código Territorial del Estado, también se establecen atribuciones en materia de reglamentación de aguas de jurisdicción estatal, sin que se hayan determinado cuáles serían éstas.

Es por ello que analizadas las otras disposiciones de los Estados materia del presente Estudio se concluye que no existe una verdadera regulación para la administración, control y preservación de las aguas de jurisdicción estatal por falta de determinación específica del objeto de las mismas.

### **3.10.3 Aguas que pueden ser apropiadas por los particulares**

Señala la penúltima frase del párrafo V del artículo 27 Constitucional, lo siguiente:

*“Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos,”*

Las aguas que de la enumeración contenida en el párrafo V del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, no cumplan para ser declaradas de Propiedad de la Nación y aquellas aguas que tampoco están clasificadas como las que se ubican en dos o más predios para ser clasificadas como aguas sujetas a las disposiciones que dicten los Estados, podrán ser parte integrante de la propiedad de sus predios en los que se encuentren sus depósitos.

Esto se traduce en que dichas aguas que se depositen en un predio, que no se ubiquen en dos o más predios o cumplan para ser declaradas de propiedad nacional, podrán ser apropiadas por el dueño del predio.

La calidad de propietario incluye los elementos de una propiedad, los cuales son:

- a) La posesión,

- b) El uso
- c) El usufructo; y
- d) El dominio

Por tanto, cuando un usuario encuentre aguas depositadas en su predio, podrán por ese solo hecho, disponer de ellas en tanto se mantengan en el predio, ya que:

- a) Si pasan a dos o mas predios, serán de las clasificadas como aguas que pueden ser sujetas a las disposiciones que dicten los Estados; y
- b) Si se descargan en cuerpos y corrientes de los clasificados de propiedad nacional, quedarán sujetas a las disposiciones que dicte la Comisión Nacional del Agua.

El apropiamiento es válido mientras se encuentren en el predio, se usen en el predio y no se presente alguna de las dos situaciones anteriores. Pero este apropiamiento libera al dueño del predio, de cualquier disposición como tener que obtener una concesión, o cualquier otra disposición que regula las aguas concesionadas, e inclusive estaría exento en el pago de los derechos por el uso o aprovechamiento de aguas nacionales, ya que son parte de la propiedad del predio y no de propiedad nacional, siempre que se mantengan en el predio.

Dado que por condición natural, la inmensa mayoría de los predios están ubicados dentro de una cuenca hidrográfica, ligados a escurrimientos superficiales desde aguas arriba y hacia aguas abajo, así como a aguas subterráneas que presentan también patrones de flujo y distribución que rebasan el ámbito del predio, la condición de aguas de propiedad particular no se realiza en casos relevantes.

### **3.10.4 Abastecimiento de agua potable**

#### **Atribuciones del Gobierno Federal**

En materia de suministro de agua potable o abastecimiento, las atribuciones del Gobierno Federal identificadas en la normatividad, se resumen a continuación:

El artículo 41 de la Ley de Aguas Nacionales otorga al Ejecutivo Federal la facultad para poder declarar o levantar mediante decreto la reserva total o parcial de las aguas nacionales para los siguientes propósitos: I. Uso Doméstico y Uso Público Urbano; II. Generación de energía eléctrica para servicio público, y III. Garantizar los flujos mínimos para la protección ecológica, incluyendo la conservación o restauración de ecosistemas vitales.

#### **Atribuciones de la Comisión Nacional del Agua**

En referencia a las funciones relativas a la provisión domiciliaria de agua potable, así como la captación, conducción, tratamiento y disposición o reúso de las aguas residuales, la autoridad federal no tiene atribuciones sustantivas, ya que la Constitución otorga esta atribución al ámbito municipal en su artículo 115. No obstante, en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

se otorgan algunas atribuciones a la CONAGUA relacionadas con la provisión de dichos servicios:

- a) Ejercer las funciones que corresponden a la Comisión como órgano superior, técnico, normativo y consultivo de la Federación en materia de obras, sistemas y servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento, reúso e intercambio de aguas residuales tratadas y de acciones de protección contra inundaciones a centros de población.
- b) Autorizar los instrumentos administrativos en materia de la prestación de los servicios de agua potable.
- c) Proponer bases en las materias de su competencia para regular la prestación de los servicios.
- d) Proponer e intervenir en la formulación de anteproyectos de normas oficiales mexicanas, en las materias de su competencia.
- e) Promover la obtención de recursos para su inversión en obras y acciones en materia de agua potable, alcantarillado, saneamiento, recirculación, reúso de aguas provenientes del uso público urbano y uso eficiente, tanto del agua potable como de aquéllas, así como en infraestructura de protección a centros de población, atendiendo a las propuestas de los Organismos.
- f) Dirigir, supervisar y coordinar la participación del sector privado en la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- g) Establecer, dirigir y supervisar acciones de fortalecimiento y modernización de organismos operadores.
- h) Autorizar los proyectos de reglas de operación de los programas de infraestructura urbana y rural, así como las políticas, criterios, metodología, herramientas e indicadores a que se sujetará la valoración de su impacto.
- i) Promover el uso eficiente del agua, el desarrollo, aplicación y difusión de tecnología de punta y bajo costo, en la prestación de los servicios a que se refiere este artículo, y recibir la información, evaluarla y comunicar sus resultados, en relación con las acciones que, en dichas materias, realicen los Organismos.
- j) Integrar y actualizar el inventario nacional de plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- k) Dirigir el Sistema de Información en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como desarrollar mecanismos de información que permitan observar la evolución de los índices de gestión de los organismos operadores y de su desempeño.
- l) Proponer la publicación y realizar la difusión de manuales técnicos, procedimientos e información de interés general en materia de infraestructura hidráulica urbana y

rural.

- m) Dirigir el Programa Lago de Texcoco en la cuenca hidrológica del propio lago; y realizar los subprogramas y proyectos para efectuar directamente o a través de terceros, las obras que correspondan con el apoyo del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, a través de su unidad o unidades administrativas competentes.
- n) Realizar directamente o a través de terceros, con el apoyo del Organismo a que se refiere la fracción anterior, los estudios, proyectos, construcción y supervisión de las obras e instalaciones necesarias para el suministro de agua en bloque al área urbana del Valle de México, en los sitios que al efecto determine; las obras de drenaje, tratamiento, reúso e intercambio de aguas residuales y control de ríos de la Cuenca del Valle de México, así como dirigir y coordinar la construcción de dichas obras y la realización de las acciones que se requieran para su desarrollo y operación.
- o) Realizar estudios y análisis para determinar la eficiencia financiera de los organismos operadores.
- p) Autorizar fuentes y esquemas de financiamiento para efficientar los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, considerando la identificación que de los mismos realice el Organismo que corresponda.
- q) Estudiar y determinar los usos del agua en las poblaciones; analizar propuestas y formular estudios de cuotas o tarifas, considerando aquéllos que efectúen los Organismos, dentro de sus correspondientes ámbitos de competencia.
- r) Autorizar las estadísticas sobre coberturas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, solicitar su publicación y difundirlas.

Como se puede observar, en materia de prestación de los servicios, la Autoridad del Agua no esta facultada para hacerlo, su función es normativa, reguladora, e incentiva la mejora en la prestación de dichos servicios. Cabe señalar dos aspectos de interés para el presente proyecto:

- El marco legal y reglamentario de la CONAGUA prevé explícitamente atribuciones en materia de estudios, proyecto, construcción, operación y administración de obras y operaciones para garantizar el suministro de agua al Valle de México, así como el desalojo de las aguas pluviales y residuales.
- Respecto de las funciones municipales de agua y saneamiento, la CONAGUA adopta una participación que rebasa su estricto ámbito de competencia, al buscar incidir en tres aspectos:
  - En el incremento de cobertura de los servicios por la vía de la asignación presupuestal y la ejecución directa o concurrente de obras de infraestructura.

- En el cumplimiento de las normativas de descarga mediante la aplicación de recursos financieros y la emisión de normas y decretos que faciliten o propicien dicho cumplimiento.
- En el cumplimiento de la normativa de extracción o aprovechamiento de las aguas nacionales, mediante el apoyo presupuestario, técnico y legal para la mejora en las eficiencias técnicas y comerciales de los sistemas de agua y saneamiento<sup>34</sup>.

### **Facultades del Organismo de Cuenca**

La Ley de Aguas Nacionales trae de manera genérica la facultad de la Comisión para realizar todos los actos relacionados con la Administración de las aguas y su preservación en cantidad y calidad.

Para ser mas específico en cuanto a las competencias del Organismo de Cuenca encontramos en el artículo 80 del Reglamento Interior, las siguientes facultades en relación con la prestación del servicio de agua potable (suministro):

- a) Ejercer las funciones operativas y ejecutivas del Organismo en la Región Hidrológico - Administrativa materia de su competencia, en lo concerniente a obras, sistemas y servicios de agua potable, alcantarillado, saneamiento, reúso e intercambio de aguas residuales tratadas y acciones de protección contra inundaciones a centros de población.
- b) Programar, formular estudios y proyectos, construir, administrar, operar, conservar, modernizar, rehabilitar, mantener, ampliar y mejorar directamente o a través de terceros, todo tipo de obras de infraestructura hidráulica, relacionadas con el agua potable, alcantarillado y saneamiento, en los medios rural y urbano.
- c) Determinar la dotación de volúmenes de agua para uso público urbano.
- d) Fomentar y apoyar la construcción de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que realicen los municipios.
- e) Apoyar técnicamente a los gobiernos de las entidades federativas y municipales, así como a los particulares, comprendidos dentro de la circunscripción territorial que corresponda al Organismo de que se trate, en la capacitación del personal de los prestadores de servicios, en materia de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales.
- f) Instrumentar, mediante acciones preventivas y de orden prioritario, la protección en fuentes de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, así como propiciar la instalación de equipos de desinfección en sistemas de abastecimiento de agua, en

---

<sup>34</sup> La CONAGUA aplica también recursos y realiza tareas para propiciar un uso eficiente del agua y de la energía en algunos sistemas productivos, en particular los agrícolas.

su respectivo ámbito de competencia.

- g) Instrumentar mecanismos para difundir, impulsar y apoyar al Programa para la Modernización de Organismos Operadores, así como los estudios de diagnóstico y planeación integral.

En general, la función del Organismo de Cuenca es ser la Autoridad del agua en la circunscripción territorial asignada, realizando acciones para apoyar en el desarrollo de la infraestructura a cargo de los Organismos Operadores, impulsando sus eficiencias para mejorar las condiciones en la prestación del servicio.

### **Facultades del Consejo de Cuenca**

Como ya se señalaba en el apartado anterior, al realizar el análisis de competencias en la administración de las aguas nacionales, el Consejo de Cuenca no cuenta con personalidad jurídica ni patrimonio propio, por lo cual no puede asumir responsabilidades.

De acuerdo a la Ley de Planeación es el elemento natural para coordinar entre los tres órdenes de Gobierno, la correcta ejecución de los programas y responsabilidades asignadas a cada nivel de Gobierno, buscando la participación de los particulares.

En estricto sentido, los Consejos de Cuenca, de acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales, ejercen las siguientes funciones en materia de suministro de agua potable:

- a) Concertar las prioridades del uso del agua.
- b) Promover la coordinación de inversiones en materia hídrica.
- c) Coadyuvar al desarrollo de la infraestructura.
- d) Impulsar el uso eficiente del agua.
- e) Participar en la cultura del agua.

Luego entonces, sus funciones son meramente de promoción, coadyuvancia, apoyar en impulsar el Uso eficiente del agua y en la cultura de su cuidado. Los actos realizados por el consejo de cuenca a través de su gerencia operativa en principio son actos materiales, es decir, sin trascendencia en el orden jurídico de la administración de las aguas, en tanto no son asumidos por las autoridades que en ellos participan, a través de acuerdos y convenios que estipulen la realización de actos, operaciones o tareas en el ámbito de las atribuciones de cada una de las citadas autoridades. Es decir, es un mecanismo para alinear y coordinar el ejercicio de las funciones de los actores públicos y los particulares, en el ámbito de las facultades de los primeros y con base en la disposición voluntaria de los segundos.

### **Facultades del Comité Técnico de Aguas Subterráneas**

El mismo escenario del Consejo de Cuenca aplicaría para el Comité Técnico de Aguas Subterráneas, por lo que los comentarios, las referencias legales y los razonamientos vertidos en el

apartado anterior, son aplicables para el COTAS.

### **Facultades de los Gobiernos de los Estados**

El Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos otorga al Gobierno del Estado la atribución de prestar los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento de manera supletoria, por Convenio celebrado con el Municipio en caso de que éste no tenga la capacidad de hacerlo. El Gobierno del Estado ya no es por Ley el que asume la atribución de prestar el servicio directamente, sin embargo, al revisar las disposiciones de las Leyes en particular, se encuentran algunas excepciones de este precepto constitucional que serán comentadas en su oportunidad.

La Ley de Aguas del Estado de México en su artículo 26 prevé que la CAEM tendrá las siguientes atribuciones (se han citado las más relevantes con el tema en estudio):

- a) Convenir, a petición de los municipios, la prestación temporal de servicios públicos.
- b) Proporcionar agua en bloque a los Organismos Operadores de Agua, comunidades, núcleos de población, conjuntos urbanos y personas físicas y jurídicas colectivas que la requieran, mediante el pago del agua suministrada.
- c) Prestar asistencia en coordinación con los Organismos Operadores de Agua a quienes lo requieran para operar, mantener y administrar sistemas de agua para consumo humano, industrial y de servicios; drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos.
- d) Operar, mantener, conservar y administrar la infraestructura hidráulica estatal; así como las obras y servicios que le sean entregados por la Federación, o por los municipios, Organismos Operadores de Agua y particulares.

Como se observa, la CAEM se reserva la facultad de prestar agua en bloque y prestar asistencia técnica a los Organismos Operadores para operar la infraestructura, o simplemente, asume el compromiso de operar y mantener la infraestructura estatal, la que puede ser para atender la demanda de dos o mas municipios.

En ese mismo caso, la Ley de Aguas del Distrito Federal establece a favor del Gobierno del Distrito Federal por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente, la que tendrá las siguientes atribuciones:

- a) Emitir las normas ambientales para el Distrito Federal con relación al manejo integral de los recursos hídricos, la prestación de servicios del agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, con base en lo establecido en la Ley Ambiental.
- b) Coordinar y vigilar el registro de descargas de aguas residuales de fuentes fijas que se vierten a los sistemas de drenaje y alcantarillado y demás cuerpos receptores en

el Distrito Federal.

- c) Establecer y actualizar el registro de descargas de aguas residuales que se viertan en el sistema de drenaje y alcantarillado o a cuerpos receptores en el Distrito Federal.
- d) Conducir la política relacionada con la construcción de obras hidráulicas, Otorgar concesiones para la realización de obras y la prestación de los servicios hidráulicos y vigilar su cumplimiento.

### **Facultades de los Municipios**

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, le corresponde a los Municipios la prestación de los servicios agua, drenaje y tratamiento, quienes podrán hacerlo directamente, a través de un Organismo Público Descentralizado, o con participación de la sociedad civil o de particulares.

El artículo 33 de la Ley de Aguas del Estado de México, establece que los municipios en los términos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, prestarán los servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes, con continuidad, calidad, eficiencia y cobertura para satisfacer las demandas de los usuarios, promoviendo las acciones necesarias para lograr su autosuficiencia técnica y financiera.

Tendrán el control de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado a su cargo, y en su caso, realizarán la construcción, mantenimiento y operación de sistemas públicos de tratamiento de aguas residuales, cobrando al usuario las contribuciones o aprovechamientos por el servicio.

Los municipios, en el ámbito de su competencia, y en desempeño de sus facultades normativas, concernientes al cumplimiento de observancia general aplicables, podrán emitir lineamientos, políticas y manuales municipales para la prestación de servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes, de conformidad con esta Ley y su Reglamento, así como otorgar las concesiones a que se refiere esta Ley.

En el caso de la Ley de Aguas del Distrito Federal, no hay atribuciones expresas para las Delegaciones, respecto de la prestación de los servicios, lo que sería la equivalencia a los Municipios de cada Estado.

### **Facultades de los Organismos Operadores**

Como se comentó, el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, faculta a los ayuntamientos para prestar los servicios agua, drenaje y tratamiento a través de un Organismo Público Descentralizado. En este sentido, un organismo es un dispositivo institucional diseñado para ocuparse de una finalidad específica, esto es, operar y administrar los

recursos materiales (especialmente la infraestructura), financieros y humanos para cumplir la responsabilidad municipal de proporcionar los servicios de agua y saneamiento a la población. En su marco reglamentario se establecen las atribuciones y funciones del organismo, su órgano de gobierno y su titular, así como las obligaciones y los derechos de los usuarios.

Como en otras entidades federativas, en el Estado de México existe una Ley estatal que aporta un marco general de organización que actúa en forma supletoria a la existencia de reglamentos municipales. De acuerdo al 34 de la Ley de Aguas del Estado de México, las dependencias y organismos a que se refiere el artículo anterior, tendrán la denominación genérica de Organismo Operador de Agua, con las facultades, derechos, obligaciones y limitaciones que establece la presente Ley y el Reglamento que de ella emane. Y tendrán a su cargo:

- a) Prestar, en sus respectivas jurisdicciones, los servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes.
- b) Llevar a cabo la potabilización del agua que suministren a los usuarios, incluyendo los procesos de desinfección necesarios; así como el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con la normatividad aplicable.
- c) Organizar, administrar y operar los servicios a su cargo.
- d) Realizar el cobro de los servicios que presten; facturar y recaudar, aun mediante el procedimiento administrativo de ejecución, el importe de los servicios conforme a las tarifas y cuotas en vigor, así como los accesorios generados por el incumplimiento del pago oportuno.
- e) Participar, en coordinación con los gobiernos federal, estatal y municipal en el establecimiento de las políticas, lineamientos y especificaciones técnicas conforme a las cuales deberá efectuarse la construcción, ampliación, rehabilitación, administración, operación, conservación y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes.
- f) Planear y programar la prestación de los servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reúso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes, en los términos de esta Ley.
- g) Realizar por sí, o a través de terceros, de conformidad con esta Ley y contando con la opinión de la Comisión Reguladora, las obras de infraestructura hidráulica, incluida su operación, conservación y mantenimiento.
- h) Promover ante el ayuntamiento y éste a su vez ante la autoridad competente, por causa de utilidad pública, los decretos de expropiación, de ocupación temporal, total o parcial de bienes, o la limitación de los derechos de dominio a los particulares,

atendiendo a lo previsto en las disposiciones legales aplicables.

- i) La administración general de los bienes muebles e inmuebles de su propiedad.

En resumen, esta Ley faculta a los Organismos Operadores para prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, bajo las modalidades que la misma prevé.

Por su parte, el artículo 16 de la Ley de Aguas del Distrito Federal, otorga al Sistema de Aguas el ejercicio de las siguientes facultades:

- a) Elaborar, ejecutar, evaluar y vigilar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica.
- b) Planear, organizar, controlar y prestar los servicios hidráulicos, y los procesos de tratamiento y reúso de aguas residuales coordinándose en su caso con las delegaciones.
- c) Elaborar el padrón de usuarios del servicio público a su cargo.
- d) Opinar y participar sobre los criterios que la Secretaría incluya en las normas ambientales para el Distrito Federal en materia de manejo integral de los recursos hídricos, de prestación de servicios hidráulicos y el tratamiento y reúso de aguas residuales.
- e) Coadyuvar con la Secretaría de Salud en la medición y control de las condiciones y de la calidad del agua potable abastecida en el Distrito Federal.
- f) Analizar y proponer a la o el Jefe de Gobierno del Distrito Federal los montos para el cobro de derechos de los servicios hidráulicos a los que la Ley se refiere, así como programas de financiamiento, inversión y de endeudamiento para proyectos de construcción, conservación y mantenimiento de infraestructura hidráulica.
- g) Ordenar el tratamiento obligatorio de aguas residuales y el manejo de lodos a las personas físicas o morales que utilicen y contaminen el agua con motivo de los procesos industriales, comerciales o de servicios que realicen.
- h) Fungir como auxiliar de la autoridad fiscal en los términos establecidos en el Código Financiero del Distrito Federal para recaudar, comprobar, determinar, administrar, cobrar y enterar ingresos en materia de servicios hidráulicos.
- i) Suspender y/o restringir los servicios hidráulicos a inmuebles y tomas conforme a las disposiciones establecidas en la Ley y el Código Financiero del Distrito Federal.
- j) Restringir el suministro de agua potable a los usuarios cuando por causas de fuerza mayor el abastecimiento sea insuficiente.
- k) Vigilar la aplicación de políticas de extracción de las fuentes de abastecimiento y recarga de acuíferos, así como del uso y explotación de pozos particulares, expedidas

por la autoridad competente.

- l) Establecer los criterios técnicos para la prestación de servicios hidráulicos por las delegaciones y propiciar la coordinación entre los programas sectorial y delegacionales, atendiendo tanto a las políticas de gobierno como a las disponibilidades presupuestales.
- m) Llevar a cabo los estudios y proponer la necesidad de otorgar concesiones para la realización de obras y la prestación de los servicios hidráulicos y vigilar su cumplimiento.
- n) Promover la sustitución del agua potable por agua tratada en cualquier actividad incluyendo la agropecuaria.
- o) Proponer mecanismos fiscales y financieros tendientes a fomentar la inversión privada y social en proyectos hidráulicos.
- p) Ejecutar programas urbanos de drenaje y evacuación de las aguas pluviales.
- q) Proyectar, ejecutar y supervisar las obras hidráulicas necesarias así como controlar las inundaciones, los hundimientos y movimientos de suelo cuando su origen sea hidráulico.
- r) Construir presas de captación y almacenamiento de agua pluvial, así como colectores marginales a lo largo de las barrancas y cauces para la captación de agua.
- s) Construir en las zonas de reserva ecológica, áreas verdes, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, con el fin de incrementar los niveles de agua de los mantos freáticos, en coordinación con la Comisión Nacional del Agua.
- t) Realizar las acciones necesarias que eviten el azolve de la red de alcantarillado y rescatar, sanear, proteger y construir las instalaciones para aprovechar las aguas de los manantiales y pluviales que circulan por barrancas y cauces naturales.
- u) Verificar que la tecnología que emplean las empresas constructoras de viviendas, conjuntos habitacionales, espacios agropecuarios, industriales, comerciales y de servicios, sea la adecuada para el ahorro de agua.
- v) Promover mediante campañas periódicas e instrumentos de participación ciudadana, el uso eficiente del agua y su conservación en toda las fases del ciclo hidrológico, e impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital, escaso, finito y vulnerable mediante la educación ambiental; así como programar, estudiar y realizar acciones para el aprovechamiento racional del agua y la conservación de su calidad; asimismo, promover campañas de toma de conciencia para crear en la población una cultura de uso racional del agua y su preservación.
- w) Fomentar opciones tecnológicas alternas de abastecimiento de agua y saneamiento, así como la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías, equipos, sistemas y

procesos para el manejo integral de los recursos hídricos.

- x) Promover la optimización en el consumo del agua, la implantación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, su reúso, y aprovechamiento de aguas pluviales, así como la restauración y protección de los mantos freáticos.
- y) Aplicar las normas ambientales del Distrito Federal y las normas oficiales mexicanas en las materias relacionadas con la presente Ley.
- z) Vigilar el cumplimiento y aplicación de la presente ley, en las materias de su competencia, y aplicar las sanciones y ejercer los actos de autoridad en la materia que no estén reservados al Jefe de Gobierno del Distrito Federal.

En general el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) funge como Organismo Operador tipo municipal, para prestar los servicios de agua potable, alcantarillado, drenaje y tratamiento de las aguas residuales, incluyendo su reúso. Resalta el hecho de que se dan al SACMEX atribuciones en materias que parecieran invadir las competencias federales, como es la función de vigilar las políticas de extracción y recarga de acuíferos.

### **Participación de los Usuarios**

Se desprende del 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que los usuarios que reciban los servicios de agua potable, alcantarillado, drenaje, tratamiento y reúso de las aguas residuales, están obligados al pago de los servicios, de los cuales no gozarán ninguna exención por disposición de dicho Ordenamiento.

En tal sentido, es claro que los Usuarios, al no ser autoridades, no cuentan con atribuciones ni facultades en la prestación de dichos servicios. Sin embargo, se han implementado mecanismos institucionales que propician la participación de los usuarios en distintas funciones que llevan a cabo los organismos operadores, a saber:

- a) Como integrantes del órgano de gobierno; en este caso, adquieren las facultades que les determina el marco reglamentario y son copartícipes de las funciones que el organismo operador desempeña, incluso los actos de autoridad que se manifiestan en procedimientos coactivos (para la recuperación de pagos rezagados, por ejemplo, o para la imposición de sanciones a particulares).
- b) Como participantes en los Comités de Planeación para el Desarrollo Municipal, en donde los ciudadanos pueden incidir parcialmente en las prioridades de inversión municipales, incluyendo las relativas a la infraestructura de agua y saneamiento, en su caso.
- c) Como participantes en agrupaciones ciudadanas dedicadas a la promoción de valores cívicos o, recientemente, a la observación ciudadana del desempeño del organismo operador; en el municipio de Ecatepec, en el Estado de México, existe un observatorio ciudadano del agua, en ciernes.

### 3.10.5 Tratamiento de aguas residuales y su reúso

#### Facultades del Gobierno Federal

En materia de competencias respecto del tratamiento de las aguas residuales y su reúso, el primer marco obligado a revisar es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que establece la concurrencia de los tres órdenes de gobierno en el preservación del Medio Ambiente y los recursos naturales, particularmente el agua, por ser materia del presente Estudio.

En tal sentido, podemos identificar en el artículo 5º. de dicho Ordenamiento, cuales son las funciones mas importantes que se reserva el Ejecutivo Federal en materia de Preservación del Medio Ambiente y los recursos naturales, puntualizando las mas importantes contenidas en dicho artículo:

*Artículo 5o.- Son facultades de la Federación (que serán ejercidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales):*

- i) La formulación y conducción de la política ambiental nacional.*
- ii) La aplicación de los instrumentos de la política ambiental previstos en la propia Ley, en los términos en ella establecidos, así como la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal.*
- iii) La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la nación, originados en el territorio o zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de otros Estados, o en zonas que estén más allá de la jurisdicción de cualquier Estado.*
- iv) La atención de los asuntos que, originados en el territorio nacional o las zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de la nación afecten el equilibrio ecológico del territorio o de las zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de otros Estados, o a las zonas que estén más allá de la jurisdicción de cualquier Estado.*
- v) La expedición de las normas oficiales mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en esta Ley.*
- vi) La regulación y el control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas, así como para la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias.*
- vii) La participación en la prevención y el control de emergencias y contingencias*

### **Facultades de la Comisión Nacional del Agua**

De acuerdo al artículo 9º. De la Ley de Aguas Nacionales, le compete a la Comisión Nacional del Agua fungir como la Autoridad en materia de la cantidad y de la calidad de las aguas y su gestión en el territorio nacional y ejercer en consecuencia aquellas atribuciones que conforme a la presente Ley corresponden a la autoridad en materia hídrica.

A diferencia de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que establece la concurrencia de los tres órdenes de gobierno, para preservar la calidad del agua, la Ley de Aguas Nacionales establece la competencia exclusiva de la Comisión Nacional del Agua.

### **Facultades del Organismo de Cuenca**

Los Organismos de Cuenca tienen las mismas facultades que el Director General de la Comisión Nacional del Agua, en la región hidrológica correspondiente, salvo que las ejerza directamente el Director General de la CNA.

En materia de tratamiento de aguas residuales y su reúso, cuentan específicamente con las facultades a que se refiere el Título Séptimo de la Ley de Aguas Nacionales y particularmente promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal, los sistemas de monitoreo y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga.

### **Facultades del Consejo de Cuenca**

En materia de tratamiento de aguas residuales y su reúso, como ya lo apuntábamos en el apartado anterior, los Consejos de Cuenca no tienen personalidad jurídica ni patrimonio propio, sino que son una instancia en donde acuden los tres órdenes de gobierno y los usuarios organizados, para acordar compromisos que serán ejecutados en lo individual o con la concurrencia de la Comisión Nacional del Agua, cuando la Ley de Aguas Nacionales lo permite.

En materia de tratamiento y el reúso de las aguas residuales, los Consejos de Cuenca solo podrán acordar políticas generales, siempre que vayan acordes al marco jurídico federal instaurado para tal fin. En algunas regiones de México los Consejos de Cuenca sí han jugado un papel determinante en la programación de acciones en materia de saneamiento, ya que han coordinado y alineado las acciones de los tres órdenes de gobierno para la asignación de presupuesto y la construcción de plantas de tratamiento, con base en un programa consensuado por las diferentes entidades federativas y municipios, como es el caso de la Cuenca Lerma-Chapala o en la Región del río Balsas, la Comisión del río Apatlaco.

### **Facultades del Comité Técnico de Aguas Subterráneas**

Para los COTAS, que son creados a instancia de la Comisión Nacional del Agua y no son autoridades sino una instancia de coordinación y concertación, no existen por lo mismo atribuciones

en materia de tratamiento de aguas residuales o vigilancia de descargas, dado que atienden primordialmente lo relativo al equilibrio en el balance de aguas subterráneas.

En el caso de los Organismos Operadores que forman parte de los COTAS, tienen su propia regulación, que será analizada en los apartados siguientes.

Los COTAS, por otra parte, podrían ser la instancia donde se concreten proyectos de reúso de aguas tratadas entre Organismos Operadores y usuarios agrícolas organizados, para la cancelación de extracciones por sustitución de las aguas, pero sigue siendo una concertación de hecho y no de derecho, en tanto no se instrumentara un rescate de los títulos que permitiera dar legalidad, por parte de la CONAGUA, al intercambio de aguas.

### **Facultades de los Gobiernos de los Estados**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en tres de sus artículos, en lo general le otorga al Gobierno del Estado, el observar y hacer observar disposiciones particulares del Medio Ambiente

El 119 de la LGEEPA faculta al Gobierno del Estado para:

- i) El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado.
- ii) La vigilancia de las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento.
- iii) Determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar.
- iv) Llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría.

Sin embargo, la Ley de Aguas Nacionales trata a los Gobiernos Estatales y Municipales como simples usuarios cuando se trata de descargas de aguas residuales. Al otorgársele la concesión de las aguas nacionales que se extraen de los cuerpos y corrientes de propiedad nacional, establece la obligación de cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-SEMARNAT-001/1996, que establece los límites máximos permisibles de cargas contaminantes a cuerpos y corrientes de propiedad nacional.

Un ámbito importante de competencia estatal es el ordenamiento ecológico y territorial, el cual tiene una incidencia muy directa en la prevención de la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

### **Facultades de los Municipios**

Todo lo establecido para el Estado, es aplicable para el Municipio. La LGEEPA y la Ley de Aguas Nacionales, les dan las atribuciones y obligaciones señaladas, por lo que se concluye si por la Ley General se les otorga la concurrencia en el control de la calidad del agua que se descarga, por la Ley de Aguas Nacionales, se les obliga a la calidad o en su caso al pago de derechos establecidos en la Ley Federal de Derechos.

Luego entonces, Estado y Municipio tienen atribuciones para el control de las descargas a los sistemas de alcantarillado y por el otro, tienen la obligación de cumplir con las descargas de aguas residuales que se realizan a cuerpos y corrientes de propiedad nacional. Los Ayuntamientos sí pueden dictar disposiciones reglamentarias que permitan controlar la calidad y cantidad de descargas de aguas residuales y pluviales a los sistemas municipales de drenaje; para ello pueden acogerse a la NOM-SEMARNAT-002/1996 o aprobar su propio reglamento de descargas al drenaje, estableciendo atribuciones que ejerce normalmente el organismo operador.

En el caso particular de la Comisión Nacional del Agua, ésta solo tiene las atribuciones de controlar las descargas que se realizan a cuerpos y corrientes de propiedad nacional.

### **Facultades de los Organismos Operadores**

El 119 bis de la LGEEPA establece que el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado, la vigilancia de las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento, determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar, y llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría.

El artículo 82 de la Ley de Aguas del Estado de México, establece de manera clara que el Organismo Operador de Agua estará facultado para instrumentar lo necesario para que el usuario no doméstico, cumpla con las disposiciones en materia de calidad del agua residual, mediante la construcción de sistemas particulares de tratamiento, y promoverá la construcción y operación de sistemas públicos de tratamiento de aguas residuales, supervisar que los proyectos y obras realizadas por el usuario no doméstico, para el tratamiento de sus aguas residuales, cumplan con las disposiciones en materia de calidad de las aguas residuales, proponer a su consejo directivo las cuotas y tarifas que resulten necesarias para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas públicos de tratamiento de aguas residuales, a efecto de cumplir con las disposiciones legales en la materia, recaudar las cuotas y tarifas que se establezcan por los servicios que preste, expedir, en los términos de esta Ley.

También establece a favor de los Organismos Operadores, el poder otorgar los permisos y

establecer las condiciones de las aguas residuales no domésticas, que se viertan en los sistemas de drenaje o alcantarillado, a efecto de cumplir con las disposiciones establecidas en las leyes federales y estatales respectivas o las normas oficiales estatales o federales, establecer condiciones específicas de pretratamiento de las descargas no domésticas que lo requieran, con objeto de remover o reducir las concentraciones de determinados contaminantes, o cuando por las características de la descarga se esté afectando o poniendo en peligro el funcionamiento de los sistemas de drenaje, alcantarillado y en su caso tratamiento de aguas residuales, otorgar permisos de descarga de aguas residuales no domésticas a los sistemas de drenaje y alcantarillado a su cargo, vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales y condiciones particulares en materia de calidad de las descargas de aguas residuales, revisar y aprobar los proyectos de obra de los sistemas de tratamiento que pretendan construir los particulares que descarguen a los sistemas de drenaje y alcantarillado, aguas residuales no domésticas y, en su caso, recomendar las modificaciones que estime convenientes.

### **Participación de los Usuarios**

Aquí cabe resaltar la distinción entre los dos tipos de “usuarios” que consideramos:

- a) Los usuarios *de aguas nacionales*, industriales o no domésticos, así como los organismos operadores en su calidad de usufructuarios de las aguas nacionales, tienen la obligación de tratar las aguas antes de su descarga a los sistemas de alcantarillado los primeros, y de cuerpos y corrientes de propiedad nacional, los segundos.
- b) Los *usuarios de los sistemas* de suministro domiciliario de agua y de drenaje de aguas residuales y pluviales, por regla general no están obligados al tratamiento de las aguas residuales; en la mayoría de los Organismos Operadores que ya cuentan con sistemas de tratamiento municipal, son los organismos los que se encargan de dar tratamiento y disposición a las aguas residuales, cuyo costo se recupera vía una tarifa por saneamiento; como se mencionó antes, en caso de que el Ayuntamiento haya aprobado reglamentos de descarga al drenaje, los usuarios domiciliarios, principalmente los industriales y algunos comerciales, pueden tener que dar pretratamientos al agua antes de descargarla a la red, o bien cubrir cuotas especiales por descargar agua con características de volumen, calidad o variabilidad inusuales y que afecten los costos del tratamiento colectivo de las aguas.

Por otra parte, la contaminación de las aguas por fertilizantes, pesticidas, o cualquier otra sustancia que cambie la calidad del agua que se utiliza en riego, a la fecha no está regulada por la normatividad aplicable.

### **3.10.6 Gestión de las Aguas Pluviales**

#### **Facultades del Gobierno Federal**

De la revisión de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y de la Ley de Aguas

Nacionales, no se pudo identificar el establecimiento de una competencia para el Gobierno Federal, para el control de las aguas pluviales de origen público urbano a favor o como poder – deber del Gobierno Federal.

### **Facultades de la CONAGUA**

De la revisión de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y de la Ley de Aguas Nacionales, no se pudo identificar el establecimiento de una competencia para la CONAGUA, para el control de las aguas pluviales de origen público urbano a favor o como poder – deber de la misma. Sí tiene atribuciones en materia de manejo y control de los escurrimientos en cuerpos de agua nacionales y, por consecuencia, en el fomento y apoyo de sistemas para el control de avenidas (Fracc. XIV del Art. 9º, LAN); en cuencas con elevado grado de urbanización esto implica establecer una coordinación estrecha con los responsables de los sistemas de drenaje urbanos, dado que el drenaje combinado es el más común.

Partiendo de lo que señala el artículo 36 del Reglamento Interior de la CONAGUA, puede participar en la ejecución de obras con la participación de los Gobiernos Estatal y Municipal. Lo que se traduce en la coadyuvancia establecida con la Ley de Aguas Nacionales, para la ejecución de obras y acciones a cargo de los Estados y Municipios.

Derivado de lo que señala el artículo 42 de la Ley de Aguas Nacionales, la CONAGUA tendrá las siguientes atribuciones:

- a) Aprobar los proyectos de instrumentos administrativos.
- b) Brindar, cuando así se lo soliciten, asistencia técnica a los Organismos para el ejercicio de sus atribuciones en las materias a que se refiere la fracción anterior.
- c) Llevar a nivel Nacional el registro de demarcación de cauces de ríos, arroyos y cuerpos de agua en zonas urbanas, coordinadamente con los Organismos, las entidades federativas y municipios.
- d) Clasificar las zonas de riesgo en zonas urbanas y formular el atlas correspondiente a nivel nacional, coordinadamente con los Organismos, las entidades federativas y municipios.
- e) Brindar asistencia técnica a los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios en materia de control de avenidas y protección contra inundaciones, así como en la clasificación de zonas de riesgo en los casos a que se refiere la fracción II de este artículo, y a los Organismos cuando así lo soliciten, tratándose del ejercicio de sus atribuciones en dichas materias.
- f) Apoyar a los Organismos, cuando así lo soliciten, en la coordinación entre los diferentes órdenes de gobierno para el desarrollo de la infraestructura a que se refiere este artículo, o coordinarse con dichos órdenes de gobierno en las materias citadas,

en los casos a que se refiere la fracción II de este artículo.

- g) Realizar el inventario nacional de estudios, proyectos y obras de control de avenidas y protección contra inundaciones, con base en su información y la que le proporcionen los Organismos, las entidades federativas y los municipios, Recibir de los Organismos sus informes sobre los avances físico-financieros de las acciones a su cargo en materia de los programas a que se refiere este artículo, analizarlos y evaluarlos.
- h) Formular e integrar el Plan y Programa Nacionales de Control de Ríos y Protección contra Inundaciones en centros de población, con base en su información y la que le proporcionen los Organismos.
- i) Formular los programas anuales de estudios proyectos y obras de control de avenidas y protección contra inundaciones en centros de población, con la participación de los Organismos.
- j) Participar en la formulación de las reglas de operación y manuales de procedimientos, tratándose del Programa de Control de Avenidas y Protección contra Inundaciones, y supervisar su cumplimiento.
- k) Brindar asistencia técnica a los Organismos, gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, a otras dependencias del gobierno federal y a particulares en materia de sistemas no estructurales de prevención o alerta temprana.

Como se observa, la CONAGUA asume un papel pasivo en la responsabilidad del manejo de los eventos hidrometeorológicos, que afectan a las poblaciones del país; solamente asume la coadyuvancia en la ejecución de planes, políticas, inventarios y ejecución de obras para prevenir y controlar la ocurrencia del agua pluvial, que sin duda no es materia de la Ley de Aguas Nacionales.

### **Facultades de los Organismos de Cuenca**

En el mismo supuesto que la CONAGUA, se ubican los Organismos de Cuenca, dado que de la revisión de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y de la Ley de Aguas Nacionales, no se pudo identificar el establecimiento de una competencia específica para dicha Autoridad, para el control de las aguas pluviales de origen público urbano a favor o como poder – deber de la misma, si no es cuando se relaciona con las responsabilidades de CONAGUA en materia de protección a centros de población y fomento de sistemas de control de avenidas. Los Organismos de Cuenca pueden vigilar la obligación que adquieren, en su caso, los concesionarios, para operar, mantener y conservar sus obras cuando éstas incidan en el control de avenidas y seguridad hidráulica, en términos de la Fracc. VII del Art. 29 de la LAN.

Partiendo de lo que señala el artículo 36 del Reglamento Interior de la CONAGUA, puede participar en la ejecución de obras con la participación de los Gobiernos Estatal y Municipal. Lo que se traduce en la coadyuvancia establecida con la Ley de Aguas Nacionales, para la ejecu-

ción de obras y acciones a cargo de los Estados y Municipios. Atribución que sin duda también le correspondería ejercer a los Organismos de Cuenca.

Por otra parte, el artículo 83 de la LAN señala que a la CONAGUA, a través de los organismos de cuenca, “en coordinación con gobiernos estatales y municipales, o en concertación con personas físicas o morales, deberá construir y operar, según sea el caso, las obras para el control de avenidas y protección de zonas inundables”. En el Valle de México, la progresiva urbanización de las subcuencas ha implicado una cercana colaboración. En junio de 1994 fue creada la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM) mediante convenio entre CONAGUA y los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, a través de la cual ha sido posible formalizar la coordinación entre dichas entidades para el control de las aguas pluviales, en el ámbito de las competencias de cada parte.

### **Facultades del Consejo de Cuenca**

En materia de la gestión de las aguas pluviales, como ya se apuntaba en los apartados anteriores, los Consejos de Cuenca no tienen personalidad jurídica ni patrimonio propio, sino que son una instancia en donde acuden los tres órdenes de gobierno y los usuarios organizados, para acordar compromisos que serán ejecutados en lo individual o con la concurrencia de la Comisión Nacional del Agua, cuando la Ley de Aguas Nacionales lo permite.

En materia control de los eventos hidrometeorológicos que afectan a las poblaciones del país, los Consejos de Cuenca solo podrán acordar políticas generales, siempre que vayan acordes al marco jurídico federal instaurado para tal fin. En algunas regiones de México los Consejos de Cuenca sí han jugado un papel determinante en la programación de acciones en materia de control pluvial, ya que han coordinado y alineado las acciones de los tres órdenes de gobierno para la asignación de presupuesto y la construcción de sistemas de desalojo que afectan a más de una entidad, como es el denominado “sistema hidrológico del Valle de México”.

### **Facultades del Comité Técnico de Aguas Subterráneas**

Para los COTAS, que son creados a instancia de la Comisión Nacional del Agua y no son autoridades sino una instancia de coordinación y concertación, no existen por lo mismo atribuciones en materia de gestión y control de las aguas pluviales, dado que atienden primordialmente lo relativo al equilibrio en el balance de aguas subterráneas.

En el caso de los Organismos Operadores que forman parte de los COTAS, tienen su propia regulación, que será analizada en los apartados siguientes.

### **Facultades del Gobierno del Estado**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos no establece particularidades respecto de la Gestión de las aguas pluviales.

Respecto de la Ley de Aguas del Estado de México, se prevé que la infraestructura para el sistema de alcantarillado y drenaje lo componen, además de las obras sanitarias, las provenientes del pluvial, por lo que en particular para la CAEM se prevén las siguientes atribuciones en materia de gestión de servicios de agua, drenaje y saneamiento, que abarcan en parte el manejo de las aguas pluviales:

- a) Convenir, a petición de los municipios, la prestación temporal de servicios públicos.
- b) Determinar y recaudar las contribuciones o aprovechamientos por los servicios que preste.
- c) Prestar asistencia en coordinación con los Organismos Operadores de Agua a quienes lo requieran para operar, mantener y administrar sistemas de agua para consumo humano, industrial y de servicios; drenaje, alcantarillado, tratamiento, reuso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos.
- d) Proponer, ante las instancias correspondientes, las tarifas de las contribuciones o aprovechamientos por la prestación de los servicios a su cargo.
- e) Determinar y recaudar las contribuciones y aprovechamientos, así como liquidar los créditos fiscales a su favor y sus accesorios de acuerdo con la legislación aplicable.
- f) Aplicar el procedimiento administrativo de ejecución para el cobro de los créditos fiscales a su favor.
- g) Operar, mantener, conservar y administrar la infraestructura hidráulica estatal; así como las obras y servicios que le sean entregados por la Federación, o por los municipios, Organismos Operadores de Agua y particulares.

La CAEM participa en la planeación y ejecución de obras en materia de captación y desalojo de aguas pluviales, así como el mantenimiento y construcción de obras de regulación, y en la actualización de los mapas de riesgo de inundación; todo ello en coordinación con la CONAGUA y los municipios.

El artículo 15 de la Ley de Aguas del Distrito Federal establece que el Gobierno del Distrito Federal por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente, tendrá las siguientes atribuciones:

- a) Integrar a la política ambiental las disposiciones que esta Ley establece en materia de conservación y aprovechamiento sustentable del agua, así como de la prevención y control de la contaminación del agua, y su aplicación.
- b) Proteger las cuencas fluviales del agotamiento y degradación de sus suelos y cubierta forestal, así como de actividades perjudiciales que incluyan en sus cauces.
- c) Promover, conjuntamente con la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades, la investigación sobre la contribución de los recursos forestales al desarrollo sustentable de los recursos hídricos.

- d) Emitir las normas ambientales para el Distrito Federal con relación al manejo integral de los recursos hídricos, la prestación de servicios del agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reuso de aguas residuales, con base en lo establecido en la Ley Ambiental.
- e) Conducir la política relacionada con la construcción de obras hidráulicas.
- f) Otorgar concesiones para la realización de obras y la prestación de los servicios hidráulicos y vigilar su cumplimiento.

Dicha Ley no es muy específica en cuanto al manejo y control de los eventos hidrometeorológicos que se presentan en el valle de México. Sin embargo, es el SACMEX quien opera la red de drenaje combinado y la mayor parte de las estructuras de regulación ubicadas en la zona urbana, además de llevar y difundir el monitoreo meteorológico.

### **Facultades de los Municipios**

El 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece de manera genérica que los Municipios tendrán la facultad de prestar directamente los servicios agua, drenaje y tratamiento, entendiéndose al drenaje como la infraestructura para el desalojo de las aguas sanitarias y pluviales.

Respecto a la Ley de Aguas del Estado de México, su artículo 33 prevé que los municipios en los términos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, prestarán los servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reuso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes, con continuidad, calidad, eficiencia y cobertura para satisfacer las demandas de los usuarios, entendiéndose como drenaje el concepto vertido en el párrafo anterior.

Debiendo promover las acciones necesarias para lograr su autosuficiencia técnica y financiera. Tendrán el control de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado a su cargo, y en su caso, realizarán la construcción, mantenimiento y operación de sistemas públicos de tratamiento de aguas residuales, cobrando al usuario las contribuciones o aprovechamientos por el servicio.

Los municipios, en el ámbito de su competencia, y en desempeño de sus facultades normativas, concernientes al cumplimiento de observancia general aplicables, podrán emitir lineamientos, políticas y manuales municipales para la prestación de servicios de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, reuso de aguas residuales tratadas y la disposición final de sus productos resultantes, de conformidad con esa Ley y su Reglamento, así como otorgar las concesiones a que se refiere esta Ley.

### **Facultades de los Organismos Operadores**

Para el caso de los Organismos operadores, se puede hacer referencia a las mismas atribucio-

nes que tienen los municipios, quienes por cuenta y orden del Municipio prestarán los servicios, en particular el de desalojo de las aguas pluviales.

En la mayor parte de los municipios en la zona de estudio, la responsabilidad de realizar las obras de captación y alejamiento de las aguas pluviales, corre a cargo del Municipio y no del Organismo Operador. Sin embargo, la operación y mantenimiento de las redes de drenaje combinado y en algunos casos el mantenimiento a drenes pluviales, son asignados de facto a los organismos operadores.

### **Participación de los usuarios**

Los usuarios solo participaran en la construcción y mantenimiento de las obras de captación y alejamiento de las aguas pluviales, cuando les afecte directamente en sus bienes y posesiones. Tal es el caso de los fraccionadores y de quienes construyen plazas comerciales, que solicitan la intervención de las Autoridades, para la ejecución de dichas obras, y en las que se involucran para dar solución a la problemática de cada zona.

La siguiente tabla sintetiza los puntos básicos de la distribución de responsabilidades.

Ámbito	Gobierno Federal	Entidades federativas	Municipios o Delegaciones	Particulares
<b>Administración del agua</b>	CONAGUA, responsable por Ley de la preservación del recurso. Facultada para cobrar derechos por aprovechamiento.	Participan en instancias de coordinación para consensuar programas y promover equilibrio hidrológico.	Cumplen la normativa como usuarios de aguas nacionales. Deben pagar derechos. Pueden recuperarlos vía PRODDER aportando una parte similar.	Pueden participar en instancias de concertación para promover proyectos específicos.
<b>Abastecimiento de agua potable</b>	CONAGUA otorga apoyo presupuestal para incremento de coberturas y eficiencias. Establece condiciones para la ejecución de recursos federales. La Secretaría de Salud se coordina con las estatales para vigilar la calidad del agua potable.	Las entidades estatales aportan apoyo presupuestal y técnico para incrementar coberturas y eficiencias. Participan en la regulación tarifaria a través de los Congresos locales. Las Secretarías de Salud coadyuvan en la vigilancia de la calidad del agua potable.	Responsables de la prestación del servicio, por sí o a través de organismos. Los Ayuntamientos deben regular en primer lugar los precios del agua y los proyectos de los operadores.	Sólo participan como usuarios de los sistemas de agua potable. Pueden constituirse en Comités con la autorización del Ayuntamiento para operar pequeños sistemas en fraccionamientos, barrios o colonias.

Ámbito	Gobierno Federal	Entidades federativas	Municipios o Delegaciones	Particulares
Tratamiento y reúso de aguas residuales	CONAGUA establece normas, vigila su cumplimiento y aporta apoyo presupuestal para la construcción de plantas de tratamiento. Con PROFEPA se vigilan las descargas en cuerpos de agua nacionales.	Las entidades estatales apoyan técnica y financieramente los proyectos de saneamiento. En ocasiones pueden construir y operar los sistemas.	Responsables del servicio, operan los sistemas de tratamiento por sí, a través del organismo operador o por medio de terceros.	Como usuarios de los sistemas de drenaje deben cumplir las normas que en su caso fije el operador.
Gestión de aguas pluviales	CONAGUA es responsable del manejo de sistemas de protección a centros de población, presas reguladoras y apoyo en contingencias.	Participan en la construcción de obras mayores, elaboración de mapas de riesgo, coordinación en contingencias.	Responsables del manejo de las aguas pluviales en las redes de drenaje y en arroyos y cuerpos de agua no federales. Se coordinan con el Estado y CONAGUA para el desarrollo y operación de proyectos metropolitanos (vía la Coordinación de Proyectos y el protocolo de operación).	Deben cumplir las normas de uso del drenaje, en su caso.

Tabla 56: Síntesis de la distribución de responsabilidades en la gestión del agua.

Existe una interacción de los participantes en referencia a los objetivos que cumplen y al marco legal que les otorga competencias específicas. Cabe resaltar en primer lugar que en el tema de administración del agua (preservación de las aguas nacionales) las facultades legales son ejercidas por la CONAGUA y su Organismo de Cuenca de manera exclusiva, con apoyo en instancias de concertación y coordinación a las que los estados, D.F. y municipios acuden como usuarios de aguas nacionales, igual que los usuarios particulares. En el caso de protección contra inundaciones, si bien a la CONAGUA le compete el manejo del agua en el ámbito de las cuencas y a los municipios en el ámbito urbano, cuando se trata de proyectos metropolitanos concurren ambos órdenes de gobierno y el estatal, mediante acuerdos y mecanismos de coordinación. En el apartado 5.1 se analiza gráficamente la relación entre los distintos participantes.

### Algunas claves sobre el marco jurídico vigente para la gestión del agua en el Valle de México

Aunque el marco constitucional comprende aguas de jurisdicción estatal y aguas susceptibles de apropiación por particulares, la gran mayoría de las aguas en México se consideran de propiedad nacional. Su administración (restauración y preservación de su disponibilidad y calidad) es facultad federal, que ejerce la CONAGUA con base en las atribuciones que le da la LAN, ley reglamentaria del artículo 27 constitucional. Así, los organismos operadores y los particulares con títulos de concesión para el aprovechamiento de aguas nacionales, están sujetos a las disposiciones de la CONAGUA.

En México se han instaurado instancias de coordinación entre los tres órdenes de gobierno y concertación con los particulares (Consejos de cuenca, COTAS), las cuales sin ser autoridades ni contar con personalidad jurídica, han sido vehículos para alinear programas y sumar recursos presupuestales. En el Valle de México, sin embargo, su participación ha sido incipiente, quizás debido a que se constituyó también la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana en los años 90, de donde partió una coordinación directa entre CONAGUA y los gobiernos del Distrito Federal y Estado de México, en particular para decidir la programación de obras de infraestructura.

En el tema de Administración del Agua, por lo tanto, la única dependencia con amplias facultades es la CONAGUA, si bien se han instrumentado mecanismos como los COTAS donde se busca propiciar la concertación de acciones para recuperar el equilibrio hidrológico con base en la adopción voluntaria de medidas para incrementar la eficiencia y reducir la extracción de aguas nacionales. La eventual sustitución de aguas subterráneas por volúmenes importados de las nuevas fuentes estaría fundada en un marco jurídico relativamente endeble para garantizar resultados efectivos en reducción de extracciones.

El abastecimiento de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales son atribuciones del Municipio, en su mayoría prestadas a través de organismos operadores descentralizados, con base en lo establecido en el artículo 115 Constitucional, con el concurso de los estados cuando así se requiera. Sobre esa base se establece una estructura de concurrencia en la aplicación de recursos para el incremento de coberturas y eficiencias, en la que la CONAGUA participa con base en las atribuciones que le concede la LAN en materia de promoción de la eficiencia y cobertura de estos servicios. El marco jurídico establece provisiones específicas para que CONAGUA pueda participar en los proyectos de abasto al Valle de México. Esto abre la posibilidad de crear un marco ad-hoc si se implementa una reforma a la gestión del agua en el Valle.

En el tema del tratamiento de aguas residuales, hay en el marco jurídico disposiciones no completamente coherentes, ya que mientras la LGEEPA busca propiciar la concurrencia de los tres órdenes de gobierno, bajo las disposiciones de la LAN compete a la CONAGUA, como autoridad, vigilar, inspeccionar y sancionar en su caso a los titulares de los permisos de descarga.

Aunque el tema no es particularmente relevante en el Valle de México, el control de la contaminación difusa carece de un marco jurídico claro. Asimismo, aunque los Ayuntamientos tienen la facultad de establecer normas y procedimientos para controlar las descargas al drenaje, son pocos los que lo hacen en el Valle de México.

### Algunas claves sobre el marco jurídico vigente para la gestión del agua en el Valle de México

En el manejo de aguas pluviales, las atribuciones de CONAGUA están orientadas a la protección de centros de población y el control de las avenidas en la escala de la cuenca hidrográfica, mientras que en las zonas urbanas terminan, de hecho o de derecho, siendo responsabilidad de los municipios a través de los organismos operadores. En el Valle de México, la progresiva urbanización de las subcuencas así como la vinculación estrecha entre los drenajes municipales con las estructuras intermunicipales y regionales (el denominado “sistema hidrológico del Valle de México”), han obligado a establecer mecanismos específicos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, así como un protocolo de operación fundado en convenios que las partes establecen en el alcance de sus competencias legales.

### 3.11 Finanzas del agua

En este apartado se presenta:

- Una descripción general del marco normativo de las finanzas del agua en el Valle de México.
- Una descripción de las competencias en materia de financiamiento para el sector de cada uno de los órdenes de gobierno involucrados en la gestión del agua en el Valle de México.
- Una cuantificación general y agregada de las finanzas del sector en el Valle de México, su origen y destino.

El análisis del marco normativo, se circunscribe en los tres órdenes de gobierno involucrados en el financiamiento de la gestión del agua en el Valle de México, en particular y de forma precisa se presenta un análisis de las siguientes funciones:

- Administración de las aguas nacionales.
- Abastecimiento de agua.
- Saneamiento y reúso del agua.
- Gestión de las aguas pluviales.

Para tal fin, se revisan las competencias y atribuciones de las autoridades de los órdenes de gobierno siguientes:

- Gobierno Federal:
  - ⊕ CONAGUA.

- ⊕ OCAVM.
- Gobiernos de los Estados:
  - ⊕ Distrito Federal.
  - ⊕ Estado de México.
  - ⊕ Estado de Hidalgo.
  - ⊕ Estado de Tlaxcala.
- Municipios:
  - ⊕ Organismos Operadores.

En este sentido, se ha realizado una revisión detallada del marco normativo de las finanzas públicas en México, con el objeto de clarificar las atribuciones que le confiere la constitución, las leyes generales y reglamentarias a cada uno de los órdenes involucrados en la gestión del agua en el Valle de México.

### **Metodología**

Para la realización de esta sección, y en particular para la cuantificación del balance de las finanzas del agua en el Valle de México, se ha recurrido a información documental proporcionada por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, así como a información documental recopilada por CYTSA – MAV. En todos los casos, con excepción donde se indique, los datos utilizados tienen como fuente de información las que se indican a continuación:

- Comisión Nacional del Agua – Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México:
  - Informes de cuenta pública de la administración pública federal disponibles en el portal de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para los ejercicios fiscales 2009, 2010 y 2011.
  - Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región XII.
  - Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Edición 2009.
  - Compendio del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Edición 2010.
- Comisión Estatal del Agua del Estado de México:
  - Informes de cuenta pública de la CAEM disponibles en el portal del Órgano Superior de Fiscalización del Estado de México para los ejercicios fiscales 2009, 2010 y 2011.

- Organismos Operadores Locales:
  - Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Edición 2009.
  - Informes de cuenta pública de los municipios del Estado de México localizados en Valle de México disponibles en el portal del Órgano Superior de Fiscalización del Estado de México para los ejercicios fiscales 2010 y 2011.
  - Informes de cuenta pública del Gobierno del Distrito Federal localizados en el portal de transparencia y acceso a la información para los ejercicios fiscales 2009 y 2010.

Con relación a la estimación de datos cuando estos no estuvieron disponibles, a fin de estimar el balance de las finanzas del agua en el Valle de México, la metodología para la estimación de los datos, y los periodos estimados fueron los siguientes:

- Comisión Nacional del Agua – Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México:
  - ⊕ Recaudación por cobro de derechos federales;  
  
Se estimó el dato para el ejercicio fiscal 2011, tomando como referencia el crecimiento nominal de la recaudación entre los ejercicios fiscales 2008 y 2010.
  - ⊕ Costo de operación de los sistemas Cutzamala y PAI:  
  
Se estimaron los datos para los ejercicios fiscales 2010 y 2011 tomando como referencia la tasa de crecimiento anual observada para este rubro de gasto en el periodo comprendido entre los ejercicios fiscales 2001 y 2009.
- Comisión Estatal del Agua del Estado de México:
  - ⊕ Costo de operación de las fuentes de abastecimiento propias;  
  
Se estimó el dato para el ejercicio fiscal 2011 como un promedio de los costos incurridos en los ejercicios fiscales 2009 y 2010
- Organismos operadores de municipios ubicados en el Valle de México:
  - ⊕ Recaudación por la prestación de servicios;  
  
Para los municipios de Atizapán de Zaragoza, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec de Morelos, La Paz, Naucalpan de Juárez, Nezahualcóyotl, Tultitlán y Valle de Chalco Solidaridad, se corrigieron desviaciones atípicas en los valores observados en la recaudación para los ejercicios fiscales 2009 y 2010. Para tal fin, se estimó la tasa anual de crecimiento entre la recaudación observada en el ejercicio fiscal 2007 y 2011 y el resulta-

do se utilizó para estimar los valores de los ejercicios fiscales 2008, 2009 y 2010.

Como antecedentes, se presentan algunas definiciones importantes en torno a las finanzas públicas en México, y en particular de las finanzas del agua.

### Conceptos relevantes asociados a las finanzas del agua

Los componentes elementales de las finanzas públicas son los ingresos, egresos y la deuda pública; a su vez cada uno de éstos se integra por diferentes subconceptos y rubros que son aplicables en todos los ámbitos de la gestión pública en México.



Figura 57: Conceptos principales de finanzas públicas.

Con relación a los diferentes rubros de ingreso, tenemos que, la definición de éstos se entiende de la siguiente forma:

- **Impuestos:** Son las contribuciones establecidas en la ley, que deben pagar las personas físicas y morales que se encuentran en la situación jurídica o de hecho prevista por la misma.
- **Derechos:** Son las contribuciones establecidas en ley, por el uso o aprovechamiento de los bienes de dominio público, así como de recibir servicios que presta el Estado en sus funciones de derecho público.
- **Productos:** En finanzas públicas, son los ingresos que percibe el estado por los servicios que presta en sus funciones de derecho privado, así como por el uso, aprovechamiento o enajenación de bienes de dominio privado.
- **Aprovechamientos:** Son ingresos ordinarios provenientes de las actividades de derecho público que realiza el gobierno, y que recibe en forma de recargos, intereses moratorios o multas, o como cualquier ingreso no clasificable, como impuestos, aportaciones de seguridad social, contribución de mejoras, derechos o productos.

- **Contribuciones especiales:** Son las compensaciones pagadas con carácter obligatorio al organismo público, con motivo de una obra realizada por él, con fines de autoridad pública, pero que proporciona también ventajas a los particulares propietarios de bienes inmuebles. Desde una perspectiva económica, la contribución especial se presenta como un instrumento de cobertura o financiamiento del gasto público cuando el estado realiza determinadas actividades cuyo beneficio es experimentado por el grueso de la colectividad.

En el mismo sentido, con relación a los egresos, se tiene que, los conceptos que los conforman se entienden como:

- **Gasto corriente:** Es la fracción de los ingresos que se programa y presupuesta para sufragar los costos del funcionamiento del Estado a través de los diferentes poderes y órdenes de gobierno. El gasto corriente, se conforma principalmente de los siguientes rubros:
  - ⊕ **Servicios personales:** son los recursos que se destinan al pago de los sueldos y salarios de los funcionarios y trabajadores al servicio del Estado.
  - ⊕ **Servicios generales:** son los recursos que se destinan al pago de los servicios, materiales y suministros que las dependencias y entidades requieren para su operación y funcionamiento.
- **Gasto de inversión:** Es la fracción de los ingresos que se programa y presupuesta para sufragar la expansión de la infraestructura pública, así como la adquisición de bienes muebles e inmuebles necesarios para la prestación de servicios públicos:
  - ⊕ Obra pública y servicios relacionados con la misma.
  - ⊕ Adquisiciones.

### 3.11.1 Finanzas del agua – distribución de competencias

Para establecer en forma precisa la distribución de competencias en materia de financiamiento de la gestión del agua en el Valle de México, se propone abordar el análisis desde la perspectiva del cumplimiento de los objetivos y metas del Programa Hídrico de la Región XIII y de la Agenda del Agua 2030; lineamientos que se circunscriben a su vez en cuatro apartados fundamentales asociados a la gestión de los recursos hídricos, a saber:

<b>Gestión del Agua en el Valle de México</b> (Áreas Funcionales)	<b>1. Administración del Agua</b> Área funcional para lograr la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en la cuenca del Valle de México, su medición y monitoreo, así como su manejo integrado y sustentable.
	<b>2. Abastecimiento de Agua</b> Área funcional para asegurar el abastecimiento de agua a la población del Valle de México.
	<b>3. Saneamiento y reúso del agua</b> Área funcional para asegurar el desalojo primario de las aguas residuales y su saneamiento, en la cuenca del Valle de México.
	<b>4. Gestión de las aguas pluviales</b> Área funcional para instrumentar las acciones necesarias para lograr el desalojo oportuno de las aguas pluviales en la cuenca del Valle de México.

Figura 58: Áreas funcionales asociadas a la gestión integral del agua en el Valle de México.

La correspondencia entre las áreas funcionales previstas en la figura anterior con los objetivos y metas del Programa Hídrico Regional y la Agenda del Agua 2030, se presenta en la matriz de competencias y responsabilidades siguiente:

Gestión del Agua en el Valle de México	Agenda del Agua 2030	Programa Hídrico Región XIII	COMPETENCIA - FINANZAS DEL AGUA		
			CONAGUA	AUTORIDADES ESTATALES	AUTORIDADES LOCALES
(Áreas Funcionales)	(Ejes de Política Sectorial)	(Objetivos)			
Administración de las aguas nacionales	Cuencas y acuíferos en equilibrio	Lograr el manejo integrado y sustentable de cuencas y acuíferos	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Fortalecer el uso eficiente de los recursos hídricos en el desarrollo económico y social	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cuencas y acuíferos en equilibrio, Ríos limpios, Cobertura universal, Asentamientos seguros	Mejorar la gobernabilidad con la gestión integrada de los recursos hídricos	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Gestionar el financiamiento para el manejo sustentable de los recursos hídricos	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Abastecimiento de agua	Cobertura universal	Incrementar en cantidad y calidad el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Saneamiento y reúso de agua	Ríos limpios	Mejorar la calidad del agua en cuencas y acuíferos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gestión de las aguas pluviales	Asentamientos seguros	Reducir los riesgos y mitigar los efectos nocivos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 59: Matriz de competencias en finanzas del agua en el Valle de México.

De la tabla anterior, se desprende que, para cada una de las competencias funcionales en materia de finanzas del agua por unidad de gestión y/o aplicación, debería de existir algún instrumento recaudatorio que permitiese a la unidad responsable la generación de los recursos para financiar el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

En este sentido, los instrumentos de financiamiento y/o recaudación identificados para la gestión del agua en el Valle de México se presentan en los apartados siguientes.

### **3.11.1.1 Administración de las Aguas nacionales**

En materia de administración del agua, la competencia funcional identificada es de la CONAGUA, quien a través del OCAVM, regula y administra las aguas de jurisdicción federal, y vigila e inspecciona el uso de éstas entre los usuarios de las mismas.

Con relación al financiamiento de esta competencia funcional, se identifican los siguientes instrumentos para la generación de ingresos, así como para el financiamiento de las acciones en esta materia:

#### **CONAGUA**

- Ingresos:
  - Derechos por uso o aprovechamiento de aguas nacionales.
  - Derechos por servicios de riego.
  - Derechos por extracción de materiales.
  - Otros ingresos: servicios de trámite, regularización y multas.
- Egresos:
  - Programa E006: Manejo integral del sistema hidrológico;  
  
Programa a través del cual se promueve la gestión coordinada y planificada del agua, el suelo y los recursos a fin de optimizar los beneficios económicos y el bienestar social.
  - Programa G001: Administración sustentable del agua;  
  
Programa a través del cual se logra un adecuado manejo y preservación del agua en cuencas y acuíferos para impulsar el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente.
  - Programa G010: Programa de gestión hídrica;

- Programa transversal a través del cual se mejora la gestión del agua del país, mediante el desarrollo de capacidades técnicas, administrativo y financiero.
- Programa G022: Programa de delimitación de cauces y zonas federales;  
  
Programa que contribuye a la seguridad de la población ribereña de los ríos, arroyos y cuerpos de agua de propiedad nacional.
  - Programa G023: Programa de servicio a usuarios y mercado del agua;  
  
Programa a través del cual se genera toda la infraestructura y recursos humanos con la que se da atención a los trámites de la ciudadanía, así como las actividades de servicios a usuarios de Organismo de Cuenca y Direcciones Locales.
  - Programa G024: Programa de inspección, medición y calificación de infracciones;  
  
Programa encargado de la vigilancia y cumplimiento de la Ley mediante la aplicación de sanciones a usuarios irregulares identificados en acuíferos prioritarios.
  - Programa G025: Programa de recaudación y fiscalización;  
  
Programa que se estableció para llevar un control de la recaudación y comprobar el cumplimiento de las obligaciones fiscales de los contribuyentes.
  - Programa K135: Programa de infraestructura de riego;  
  
Programa destinado a crear nuevos distritos o unidades de riego, o ampliar el área regada por los existentes, para ello se enfoca a realizar acciones constructivas para desarrollar infraestructura hidráulica federal, consistentes en presas de almacenamiento, presas derivadoras; estructuras de control; sistemas de riego y drenaje; plantas de bombeo y caminos de acceso, obras de protección, entre otras, que permitan la ampliación de la frontera agrícola.
  - Programa K137: Programa de mitigación y rescate ecológico en el Lago de Texcoco;  
  
Programa a través del cual se conformará un polígono que contenga a las áreas con suelos más vulnerables a la erosión eólica para desarrollar acciones de remediación y cubierta vegetal o acuática que permitan disminuir en forma significativa los riesgos a la salud y demás impactos al ambiente generados por las tolvaneras.
  - Programa S071: Programa de empleo temporal;  
  
Programa de subsidios cuyo objetivo es frenar la erosión del capital natural, conservar el patrimonio nacional y generar ingresos y empleos en las zonas rurales en es-

pecial, y así contribuir a la sustentabilidad ambiental del desarrollo nacional.

- Programa S217: Programa de modernización y tecnificación de unidades de riego;

Tiene como propósito contribuir al mejoramiento de la productividad del agua mediante un manejo eficiente, eficaz y sustentable del recurso agua en la agricultura de riego, a través de apoyos a los productores agrícolas de las Unidades de Riego con aprovechamientos subterráneos y superficiales y además a los propietarios de pozos particulares dentro de los Distritos de Riego, para la modernización de la infraestructura hidroagrícola y tecnificación de la superficie agrícola.

- Programa U010: Programa de Cultura del Agua;

Contribuir a consolidar la participación de los usuarios, la sociedad organizada y los ciudadanos en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso, a través de la concertación y promoción de acciones educativas y culturales en coordinación con las entidades federativas, para difundir la importancia del recurso hídrico en el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación de la riqueza ecológica, para lograr el desarrollo humano sustentable de la nación.

- Programa U010: Programa para incentivar el desarrollo organizacional de los Consejos de Cuenca;

Contribuir a que los consejos de cuenca desarrollen sus programas de trabajo con participación de usuarios y sociedad en la gestión del agua.

### **Autoridades Estatales**

- Ingresos

No se identificó ningún mecanismo en el ámbito estatal para la generación de ingresos en esta área funcional.

- Egresos

- Programa PRO-Bosque del Gobierno del Estado de México

### **Autoridades Municipales**

- Ingresos

No se identificó ningún mecanismo en el ámbito municipal para la generación de ingresos en esta área funcional.

- Egresos

No se identificó ningún mecanismo en el ámbito municipal para el financiamiento de egresos en esta área funcional.

### 3.11.1.2 Abastecimiento de Agua

Con relación a esta competencia funcional; los diferentes órdenes de gobierno juegan un papel activo, tal como se describe en la Matriz de competencias en finanzas; si bien en el Valle de México los organismos operadores que prestan el servicio directamente a la población en los municipios ubicados en el territorio de la cuenca en algunos casos cuentan con fuentes propias de abastecimiento (concesiones de la CONAGUA); la mayor parte del suministro es proporcionado mediante los sistemas Cutzamala y PAI (Plan de Acción Inmediata) operados por la CONAGUA, y por el sistema de pozos para entrega de agua en bloque operado por la CAEM.

En este sentido, las finanzas de esta competencia funcional se conforman por los mecanismos de generación de ingresos asociados a la prestación de los servicios a los usuarios intermedios y finales, así como por los programas y proyectos presupuestarios cuyo destino es el financiamiento de las obras y acciones de infraestructura para el cumplimiento de esta función.

#### CONAGUA

- Ingresos:
  - Derechos por suministro de agua en bloque a centros urbanos e industriales.
- Egresos:
  - Programa E001: Programa de operación y mantenimiento del Sistema Cutzamala;
 

Programa a través del cual se llevan a cabo acciones tendientes a garantizar el abastecimiento de agua potable a la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
  - Programa E002: Programa de operación y mantenimiento del sistema de pozos de abastecimiento del Valle de México;
 

Programa a través del cual se garantiza el abasto de agua potable a la población del Valle de México (Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo), preservando los acuíferos mediante la disminución del consumo excesivo de agua, el reúso de las aguas residuales y la recarga artificial de los mantos subterráneos.
  - Programa E004: Programa directo de Agua Limpia;
 

Programa a través del cual la CONAGUA apoya a los Estados y Municipios en la desinfección del agua de consumo humano, previniendo con ello enfermedades intestina-

les.

- Programa S074: Programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas;

Programa para fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en centros de población mayores a 2,500 habitantes, mediante acciones de mejoramiento en la eficiencia operativa y uso eficiente del recurso, así como el manejo integral de los servicios para proporcionar agua para los diversos usos y fundamentalmente para el consumo humano.

- Programa U001: Programa de devolución de derechos;

Programa para apoyar la realización de acciones de mejoramiento de eficiencia y de infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en municipios, mediante la asignación de recursos a los prestadores de los servicios de agua potable y saneamiento de los ingresos federales que se obtengan por la recaudación de los derechos por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales.

- Fideicomiso 1928;

Mecanismo de acopio de recursos constituido por el Gobierno Federal, el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México con el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) como agente fiduciario para el financiamiento de obras y acciones de infraestructura hidráulica en el Valle de México.

### **Autoridades Estatales**

- Ingresos:
  - Derechos para el suministro de agua en bloque (Código Financiero del Estado de México).
  - Derechos por la conexión de la toma para el suministro de agua en bloque proporcionada por la CAEM (Código Financiero del Estado de México).
- Egresos:
  - Programa de inversión sectorial en materia de agua, drenaje y saneamiento del Gobierno del Estado de México.

### **Autoridades Municipales**

- Ingresos:

- Derechos por la prestación de los servicios de agua, drenaje y saneamiento en los organismos operadores.
- Derechos por el suministro de agua cobrados por el SACMEX (Código Financiero del Distrito Federal).
- Egresos;
  - Programa anual de inversiones del SACMEX (Cuenta Pública).
  - Inversiones y costos operativos de organismos operadores.

### 3.11.1.3 Saneamiento y reúso del agua

Esta competencia funcional involucra también a los tres órdenes de gobierno presentes en la cuenca del Valle de México; propiciando la concurrencia de acciones y recursos para la atención de este tema. En particular la responsabilidad directa es de los usuarios finales de aguas nacionales, quienes al verter las aguas residuales a los cauces federales para su desalojo respectivo, están obligados al cumplimiento de parámetros de calidad establecidos por el gobierno federal a través de la CONAGUA, quien realiza la inspección y verificación del cumplimiento normativo a través del OCAVM.

Con relación al origen de los recursos para la ejecución de estas funciones, así como de los instrumentos para el financiamiento de las obras y acciones en esta competencia, se han identificado los que se presentan a continuación.

#### CONAGUA

- Ingresos:
  - Derechos por uso de cuerpos receptores.
- Egresos:
  - Programa S074: Programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas;
 

Programa para fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en centros de población mayores a 2,500 habitantes, mediante acciones de mejoramiento en la eficiencia operativa y uso eficiente del recurso, así como el manejo integral de los servicios para proporcionar agua para los diversos usos y fundamentalmente para el consumo humano.
  - Programa U001: Programa de devolución de derechos;

Programa para apoyar la realización de acciones de mejoramiento de eficiencia y de infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en municipios, mediante la asignación de recursos a los prestadores de los servicios de agua potable y saneamiento de los ingresos federales que se obtengan por la recaudación de los derechos por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales.

- Programa U031: Incentivos para la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales;

Establecer un esquema de incentivos dedicado exclusivamente a apoyar, en el mediano y largo plazos, a los organismos operadores y municipios para que operen y mantengas sus PTARs, aprovechando las experiencias de los Programas Federalizados a cargo de CONAGUA (subsidios). Bajo este esquema los organismos operadores, estatales o municipales, no tendrán que recurrir a su congreso a solicitar la aprobación de una línea de crédito contingente que garantice cubrir los costos de operación y mantenimiento en el futuro.

- Programa S128: Programa de tratamiento de aguas residuales;

Otorga apoyos a los prestadores del servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento, para diseñar, construir, ampliar, y rehabilitar plantas de tratamiento de aguas residuales, para incrementar el volumen tratado o mejorar sus procesos de tratamiento.

- Fideicomiso 1928;

Mecanismo de acopio de recursos constituido por el Gobierno Federal, el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México con el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) como agente fiduciario para el financiamiento de obras y acciones de infraestructura hidráulica en el Valle de México.

### **Autoridades Estatales**

- Ingresos:

No se identificó ningún mecanismo en el ámbito estatal para la generación de ingresos en esta área funcional.

- Egresos:

- Programa de inversión sectorial en materia de agua, drenaje y saneamiento del Gobierno del Estado de México.

### **Autoridades Municipales**

- Ingresos:
  - Derechos por la recepción de los caudales de aguas residuales, de uso doméstico y no doméstico para su tratamiento (Código Financiero del Estado de México).
- Egresos:
  - Programa anual de inversiones del SACMEX (Cuenta Pública).

#### **3.11.1.4 Gestión de las Aguas Pluviales**

Para esta competencia funcional, el marco contenido en la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento, las legislaciones estatales y las reglamentaciones municipales, no es precisa la competencia de alguna de las Autoridades de los 3 órdenes de gobierno en la responsabilidad del control de las descargas de aguas pluviales. En el caso de la CONAGUA tiene facultades para actuar ante la presencia de fenómenos meteorológicos extremos y la colaboración para la construcción de obras de protección, pero propiamente para el control y desalojo de las aguas residuales y pluviales, no existe un marco de referencia definido.

El actor más relevante es la CONAGUA a través del OCAVM; al asumir la responsabilidad del Emisor Central de la Ciudad de México, sin embargo en la práctica, los emisores que se requieren para desalojar las aguas de las zonas de riesgo por eventos hidrometeorológicos y conectarlos al Emisor Central o para llegar a un cuerpo o corriente de propiedad nacional, los realiza el SACMEX.

En el caso de los municipios, la Autoridad Municipal de la región materia del Estudio, con recursos de participaciones federales, estatales o recursos propios, realizan la infraestructura para la captación y alejamiento de las aguas pluviales, por lo que no está propiamente clasificado como un servicio público en las disposiciones legales analizadas.

En este sentido, las finanzas de esta competencia funcional se conforman por los mecanismos de coordinación y concertación previstos en la Ley de Planeación, con recursos fiscales de los 3 órdenes de gobierno y la participación de los beneficiarios. No hay servicio formalmente y como resultado no hay ingresos por dicho servicio.

Sin embargo, las obras de infraestructura que se construyen en cualquiera de las modalidades de participación de los tres órdenes de gobierno y con recursos de los beneficiarios de esas obras, son recursos importantes, pero para efectos del presente estudio, no se pudo obtener la información suficiente de lo que erogaron las instancias públicas y privadas en la materia.

### 3.11.2 Finanzas del agua – los ingresos del sector en el Valle de México

Como se describió en la sección anterior, uno de los componentes de las finanzas del agua en la cuenca del Valle de México, son los ingresos que el sector puede generar a través del cobro de los diferentes instrumentos establecidos en la normatividad vigente; en principio, por tratarse de un servicio público, la mayor parte de los costos imputables a la prestación de éste (tanto operación y mantenimiento, como construcción y rehabilitación de la infraestructura necesaria) deberían recuperarse a través de las tarifas cobradas a los usuarios finales.

Se realiza el análisis financiero para el área a la que se abastece con agua en bloque, de modo que se pueda estudiar el comportamiento del ciclo completo. Se ha seguido este criterio debido a que no está disponible la información financiera de la totalidad de los organismos operadores pero permite, no obstante, hacer un balance y diagnóstico de los flujos presupuestarios del agua en el Valle.

#### Ámbito federal: recaudación por derechos en el OCAVM

La recaudación por derechos federales en el Valle de México ascendió a 4 027 millones de pesos al cierre del ejercicio fiscal 2011; lo que representa un incremento nominal de 8.24% respecto al cierre del ejercicio fiscal de 2009, cuya cuantía fue de 3 721 millones de pesos y de 4.12% respecto a la cifra observada al cierre del ejercicio fiscal de 2010 que fue de 3 868 millones de pesos.

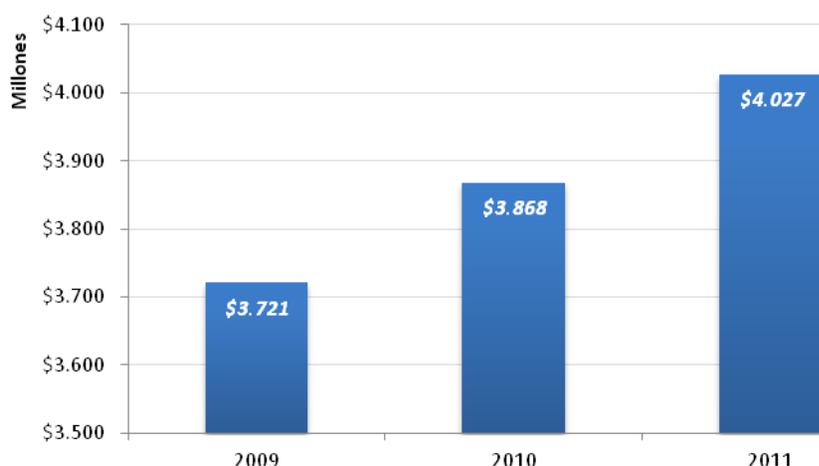


Figura 60: Recaudación por derechos federales 2009-2011 (pesos corrientes).

Los derechos recaudados por la CONAGUA a través del OCAVM, han representado en promedio el 35% de la recaudación total en el país, en el periodo comprendido entre los años 2009 y 2011. De igual forma, por tipo de derechos recaudados, los recursos que se generan en el territorio del Valle de México, han representado para el periodo de referencia hasta el 95% en el rubro de “Derechos por el suministro de agua en bloque a centros urbanos e industriales” y

hasta el 35% en el rubro de “Diversos”.

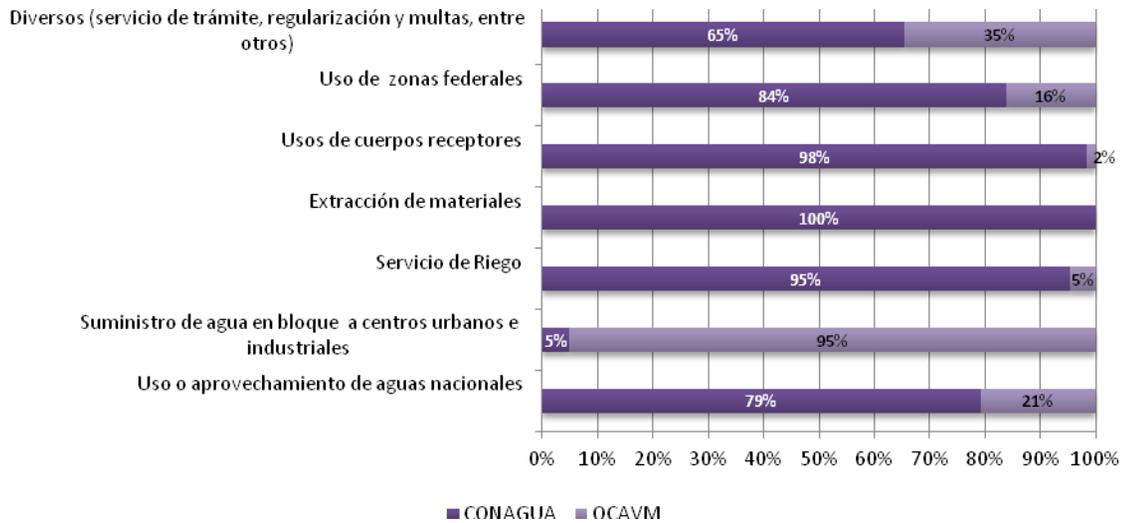


Figura 61: Proporción de los derechos recaudados en el OCAVM respecto del total nacional 2009-2011.

De los recursos por derechos federales que se recaudan en el Valle de México, la mayor cuantía de éstos corresponde a los rubros “Derechos por suministro de agua en bloque a centros urbanos e industriales” y “Derechos por uso o aprovechamiento de aguas nacionales” que en conjunto representan más del 96% de la recaudación total en el OCAVM.

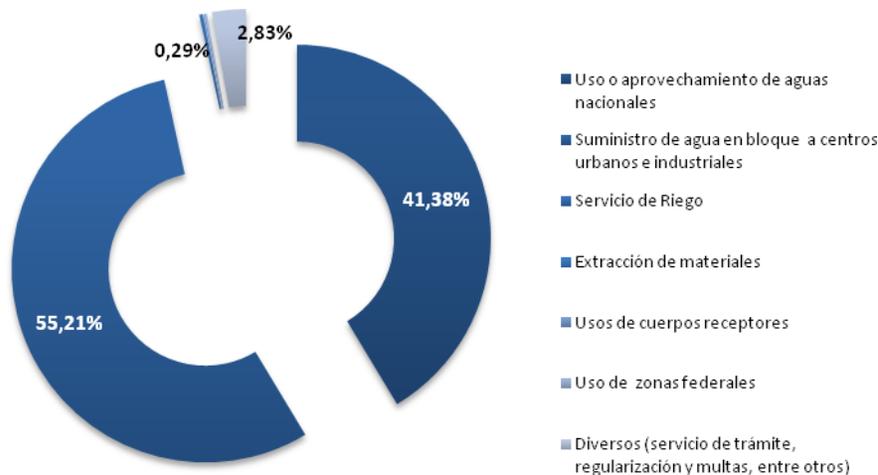


Figura 62: Composición de los derechos recaudados en el OCAVM 2011.

Para el periodo comprendido entre los años 2009 y 2011, la recaudación de derechos en el OCAVM, ha crecido a un ritmo menor que la inflación observada para el periodo de referencia; por lo que, en términos reales, los recursos obtenidos han sido menores, minando la capacidad de financiamiento de las funciones y competencias que la normatividad vigente le confiere a esta unidad administrativa.

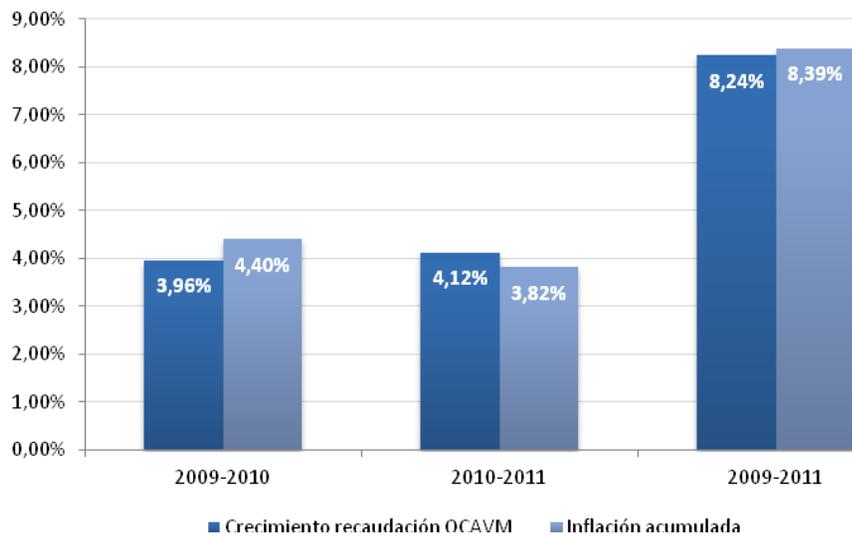


Figura 63: Crecimiento de la recaudación de derechos en el OCAVM.

### **Ámbito estatal: recaudación por derechos en la CAEM**

En el ámbito estatal, la única entidad que obtiene ingresos por servicios que presta para el sector en la cuenca del Valle de México, es la CAEM; los ingresos que recauda obedecen a los mandatos que ésta tiene estipulados en el Código Financiero del Estado de México, y se refieren principalmente a dos aspectos agrupados en un mismo concepto:

- Derechos por el suministro de agua en bloque:
  - ⊕ Conducción de agua proveniente de fuentes federales.
  - ⊕ Extracción y conducción de agua proveniente de fuentes propias.

Al cierre del ejercicio fiscal 2011, la CAEM obtuvo ingresos por un monto superior a los 351 millones de pesos; de los cuales más del 75% correspondieron a los derechos cobrados por la conducción de agua en bloque suministrada por el OCAVM mediante el Sistema Cutzamala y el Sistema PAI.

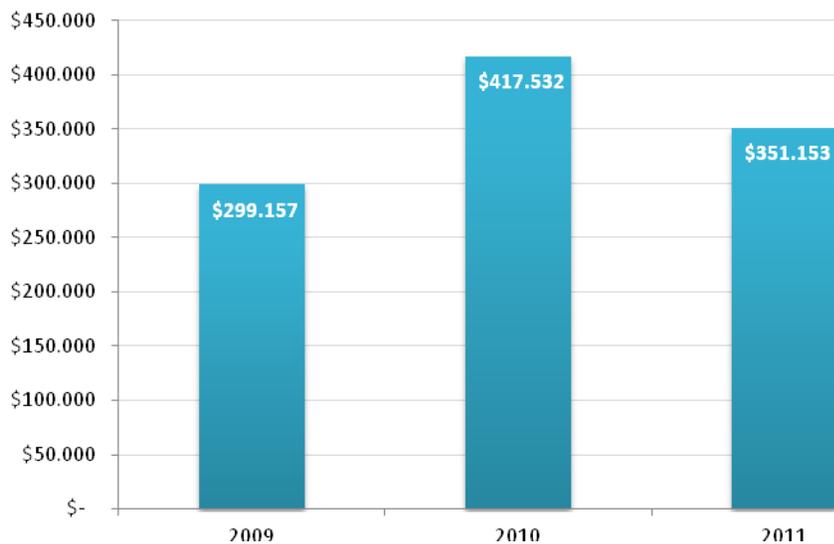


Figura 64: Evolución de la recaudación en la CAEM (millones de pesos).

Del total de los recursos recaudados por la CAEM, éstos se integran en su mayoría por aquellos que corresponden al cobro por la conducción y entrega de agua en bloque suministrada por los sistemas de abastecimiento operados por la CONAGUA; en promedio para el periodo comprendido entre 2009 y 2011, dichos recursos han representado en promedio el 77% del total de recaudación por este concepto realizada por la CAEM.

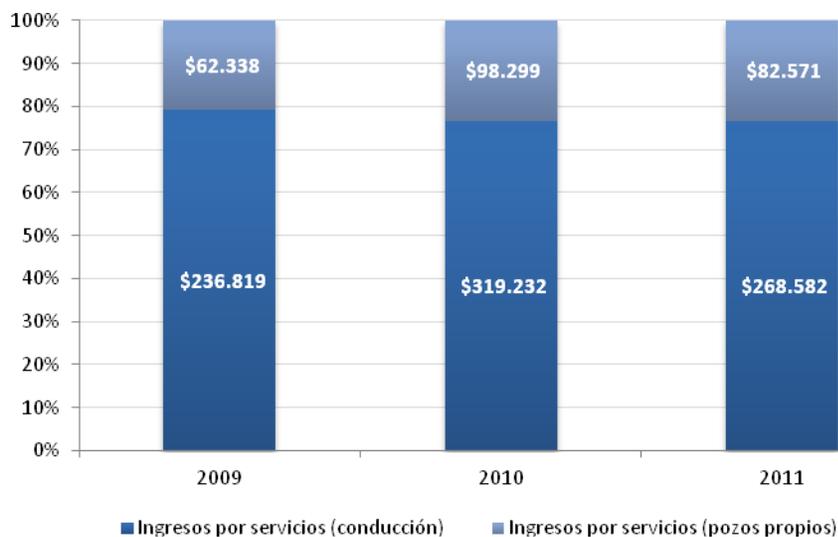


Figura 65: Composición reciente de la recaudación en CAEM (millones de pesos).

Cabe señalar que, los ingresos recaudados por la CAEM representan apenas el 59% del monto total facturado por esta entidad; lo que implica que, el organismo estatal podría obtener ingresos estimados hasta por un monto estimado de 700 millones de pesos al año; la diferencia entre la facturación y la recaudación, es cubierta mediante la afectación directa de participa-

ciones federales a los municipios que reciben los servicios de la CAEM en los términos del Decreto Gubernativo 123 publicado en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el día 27 de marzo de 2008.

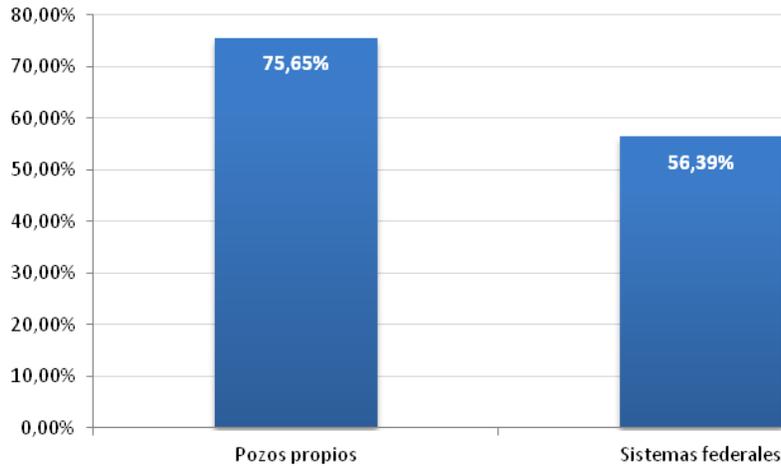


Figura 66: Eficiencia recaudatoria de CAEM por fuente de abastecimiento.

### **Ámbito municipal: recaudación por derechos los organismos operadores**

A nivel municipal, los ingresos que se obtienen para el sector en el Valle de México, corresponde a la recaudación que los organismos operadores de los municipios localizados en la cuenca, así como el Gobierno del Distrito Federal a través del SACMEX obtienen por la prestación de los servicios de agua, drenaje y saneamiento.

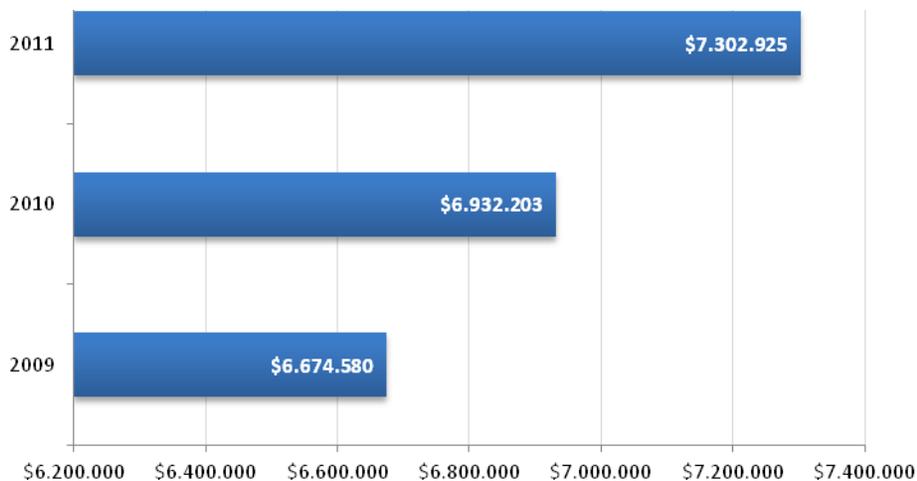


Figura 67: Evolución de la recaudación en los organismos operadores (miles de pesos).

La recaudación de los organismos operadores<sup>35</sup> alcanzó los 7 302 millones de pesos al cierre del ejercicio fiscal 2011; lo que representó un incremento superior al 9% respecto del monto recaudado al cierre del ejercicio fiscal 2009. Los recursos que han recaudado los organismos operadores, se han incrementado en términos reales, toda vez que, el crecimiento observado ha superado el valor de la inflación acumulada en este periodo.

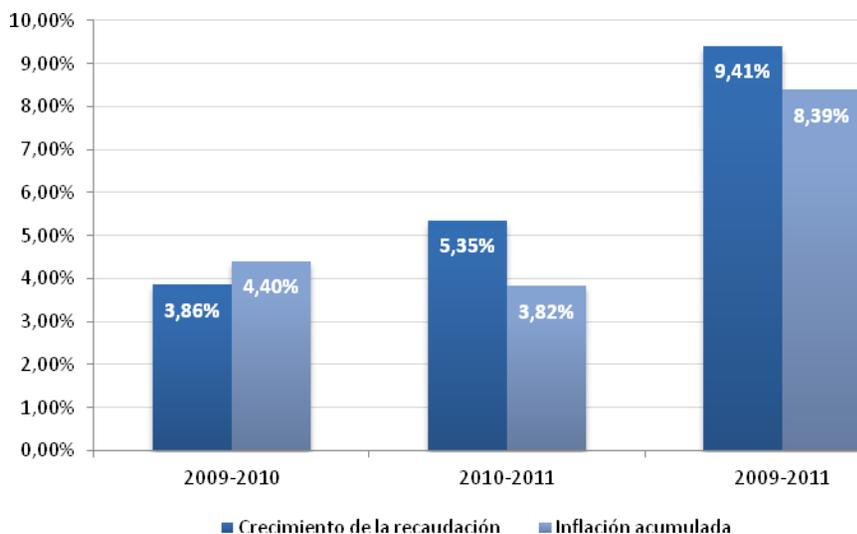


Figura 68: Crecimiento de la recaudación de los organismos operadores.

Sin embargo, de la recaudación total registrada en los organismos operadores en la cuenca del Valle de México, solo cinco de éstos concentran casi el 75% de la recaudación total acumulada en el periodo comprendido entre los años 2009 y 2011.

<sup>35</sup> Las cifras de recaudación en los organismos operadores que se presentan incluyen los que corresponden al organismo operador de Toluca, que geográficamente no está en el Valle de México, pero que recibe agua del Sistema Cutzamala.

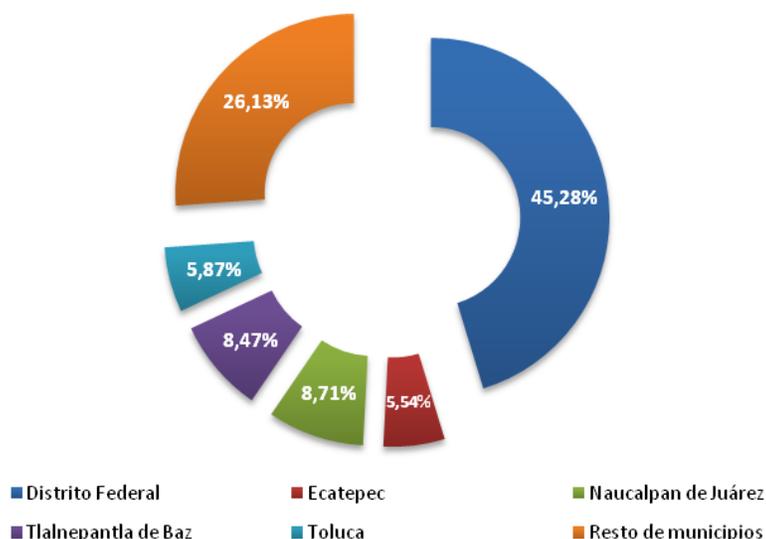


Figura 69: Integración de la recaudación acumulada en el periodo 2009-2011.

A pesar de ser la localidad que concentra la mayor recaudación de los ingresos por la prestación de servicios en el ámbito local, el SACMEX entre los organismos que reportan un desempeño positivo en el periodo comprendido entre 2009-2011, es aquel cuyo evolución es la menos satisfactoria, toda vez que la recaudación total se ha incrementado apenas un 1.84% en el periodo de referencia.

De los 19 municipios incluyendo la Ciudad de México, que se analizan en la cuenca del Valle de México, solo 6 presentan un desempeño negativo, reportando una recaudación menor al cierre del año 2011 comparado con la que lograron al cierre del ejercicio fiscal 2009.

### 3.11.3 Finanzas del agua – los egresos del sector en el Valle de México

Con relación a los egresos del sector en el Valle de México; éstos se conforman por las erogaciones para la operación y funcionamiento de los sistemas de abastecimiento (federal, estatal y municipal), así como de aquellas asociadas a las inversiones necesarias para la expansión, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura existente.

En la cuantificación de estos costos para el Valle de México, se ha recurrido a la recopilación de información estadística y documental de diversas fuentes, agregando la información para su análisis en la siguiente estructura:

- **Costos operativos:** conformados por los registros de gasto en cuenta pública imputables a todas las partidas de gasto agrupados en las subcapítulos del conjunto 2000 y 3000 del clasificador por objeto de gasto del gobierno federal.

- ⊕ **CONAGUA:**
  - Sistema Cutzamala – Son todos los costos imputables a la operación del sistema según CONAGUA.
  - Sistema PAI – Son todos los costos imputables a la operación del sistema según CONAGUA.
  - CONAGUA (Otros) – Todo el presupuesto del OCAVM para Gasto Corriente diferente a los proyectos presupuestarios E001 y E002 (Cutzamala y PAI respectivamente).
- ⊕ **CAEM:**
  - Sistema de abastecimiento de fuentes propias – Son los costos de facturación de CAEM a los organismos operadores de las fuentes que no son Cutzamala ni PAI.
- ⊕ **SACMEX:**
  - Todos los costos operativos del sistema sin incluir los costos de agua en bloque – Todo el costo operativo de SACMEX sin incluir el costo de agua en bloque.
- **Costos de inversión:** conformados por los registros de gasto en cuenta pública imputables a todas las partidas de gasto agrupados en los subcapítulos del conjunto 5000 y 6000 del clasificador por objeto de gasto del gobierno federal.
- ⊕ **CONAGUA:**
  - Sistema Cutzamala – Son todos los costos de inversión en el sistema según CONAGUA.
  - Sistema PAI – Son todos los costos de inversión en el sistema según CONAGUA.
  - CONAGUA (Otros) – Todo el presupuesto del OCAVM para Gasto de Inversión diferente a los proyectos presupuestarios E001 y E002 (Cutzamala y PAI respectivamente).
- ⊕ **CAEM:**
  - Programa de inversión sectorial ejecutado por el Gobierno del Estado de México con recursos propios – Es toda la inversión realizada por CAEM en el sector con recursos propios.
- ⊕ **SACMEX:**
  - Programa anual de inversiones del SACMEX, realizado con recursos propios – Es toda

la inversión realizada por SACEXZ en el sector con recursos propios.

Es importante resaltar que, para la elaboración de este informe, no fue posible obtener los costos asociados a los siguientes conceptos, por lo que, la estimación del balance de las finanzas del agua en el Valle de México que se presenta en la sección 3.11.4 es la mejor aproximación posible. La información que no se incluye es la siguiente:

- Costo del personal responsable de la gestión del agua en el Valle, tanto en el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, como en la Comisión Estatal del Agua del Estado de México, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México y los organismos operadores de los municipios localizados en el Valle de México.
- Costos operativos de los sistemas propios de los organismos operadores de los municipios localizados en el Valle de México, y del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.
- Inversiones financiadas en el Valle de México, con los recursos custodiados en el Fideicomiso 1928 constituido por el Gobierno Federal, el Gobierno del Estado de México y el Gobierno del Distrito Federal.

### **Costos operativos: administración y gestión del agua en el Valle de México**

El costo operativo total imputable a la prestación de los servicios del sector en el Valle de México, se ha estimado en poco más de 7 000 millones de pesos al cierre del ejercicio fiscal 2011, que representa un incremento de apenas 2.13% respecto al costo observado al cierre del ejercicio fiscal 2010.

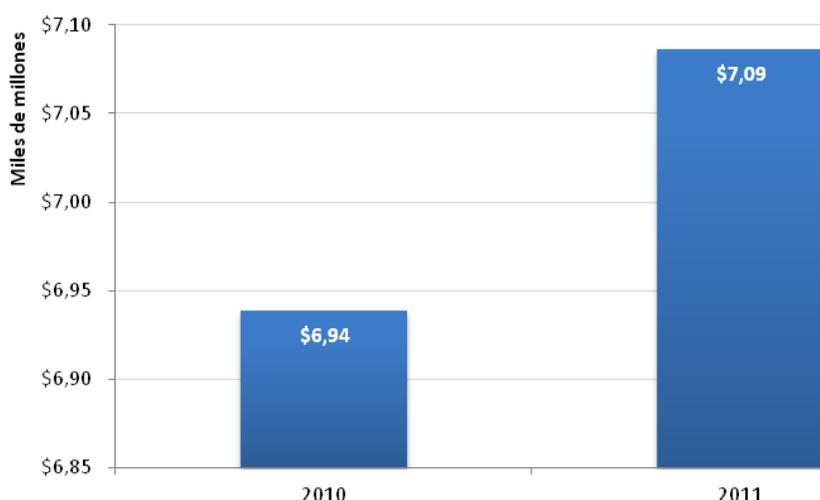


Figura 70: Costo operativo total – Gestión del Agua en el Valle de México.

Del total de los costos operativos identificados y cuantificados en la gestión del agua en el Valle de México, los imputables a la operación de los sistemas Cutzamala y PAI representan más

del 50%, seguidos por el costo operativo incurrido por el SACMEX para toda la operación de la infraestructura adicional a estos sistemas que representa aproximadamente el 30% del total.

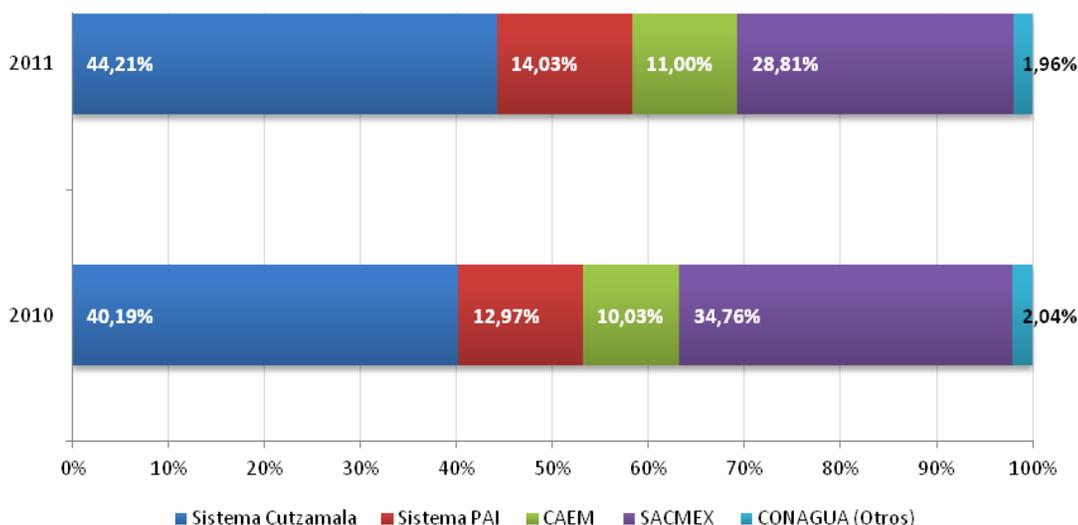


Figura 71: Componentes de los costos operativos – Gestión del Agua en el Valle de México.

### **Costos de inversión: Gestión Integral del agua en el Valle de México**

El costo de inversión total asociado a la gestión integral del agua en el Valle de México, se ha estimado en 8 977 millones de pesos al cierre del ejercicio fiscal 2011; cifra inferior en un 17% a la inversión total cuantificada para el cierre del ejercicio fiscal 2010 que ascendió a 10 828 millones de pesos.

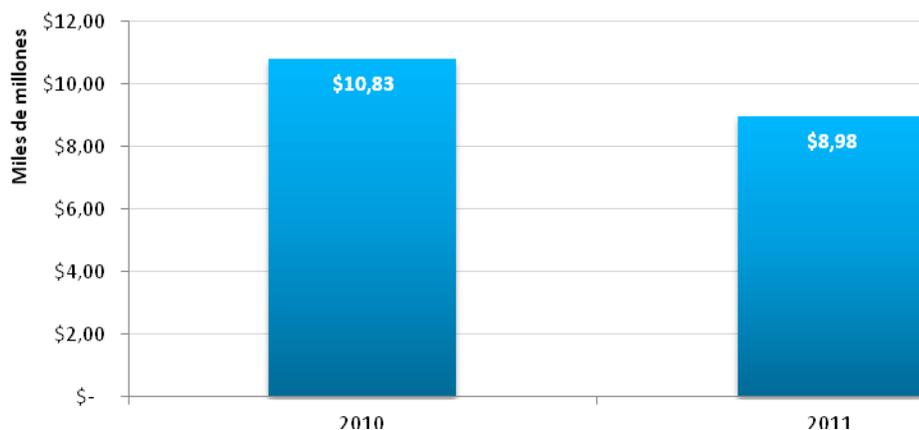


Figura 72: Evolución de los costos de inversión – Gestión del Agua en el Valle de México.

Si bien en el aspecto operativo la mayor parte de los costos imputables se asocian a la operación de los sistemas Cutzamala y PAI, en el ámbito de los costos de inversión, el rubro de gasto

más relevante que se ha cuantificado para los ejercicios fiscales 2010 y 2011 corresponde a los recursos que la CONAGUA a través del OCAVM ha ejecutado en obras y acciones de infraestructura no asociadas a los sistemas señalados.

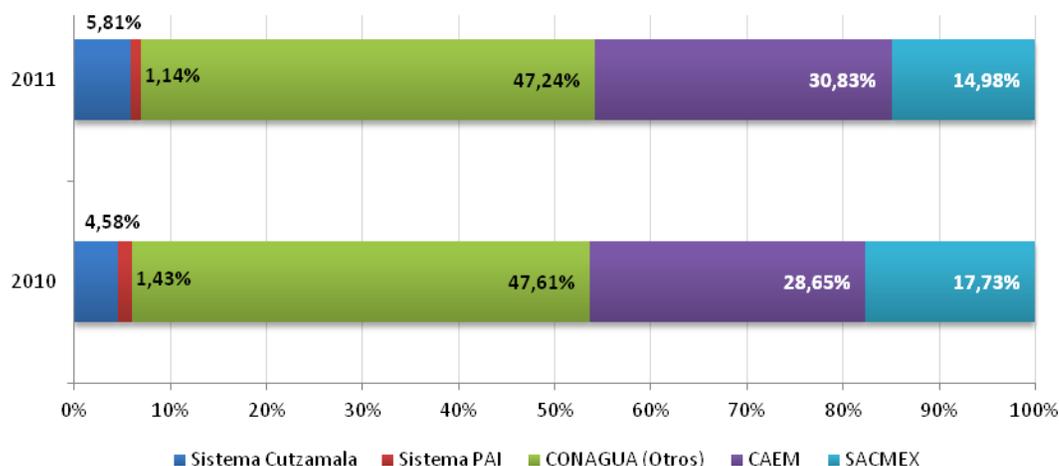


Figura 73: Componentes de los costos de inversión – Gestión del Agua en el Valle de México.

A diferencia de los costos operativos, los costos de inversión han observado una disminución significativa entre los dos últimos ejercicios fiscales reportados en cuenta pública; sin embargo, el único concepto de inversión que se incrementó en este periodo fue el que corresponde a las obras y acciones asociadas al Sistema Cutzamala, al presentar un incremento del 5.11%.

En sentido opuesto, los conceptos de inversión que experimentaron la disminución más significativa fueron los que corresponden al Sistema PAI y a las obras y acciones ejecutadas por el SACMEX, que arrojaron disminuciones del 34.13% y 29.93% respectivamente.

### 3.11.4 Balance financiero: Gestión Integral del agua en el Valle de México

La sustentabilidad de largo plazo de la gestión integral del agua en el Valle de México, está limitada, además de la disponibilidad física de los recursos, por la capacidad de financiamiento de sus costos operativos y de inversión.

En este sentido, el éxito o fracaso de cualquier política pública instrumentada para lograr una mejor eficiencia en la gestión de los recursos hídricos en el Valle de México, debería diseñarse evaluando la capacidad de financiamiento que el sector puede generar en su propio territorio.

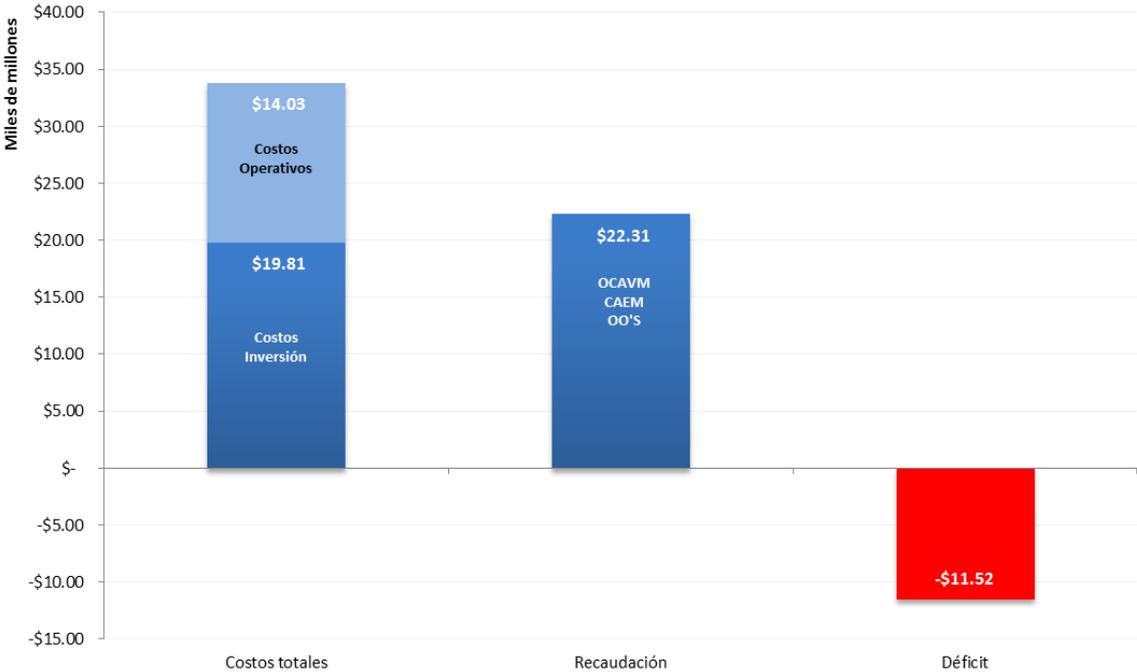


Figura 74: Balance Financiero 2010-2011 – Gestión del Agua en el Valle de México.

Para el periodo comprendido entre los ejercicios fiscales 2010 y 2011, el balance financiero acumulado para la gestión del agua en el Valle de México es deficitario; los recursos totales recaudados importaron poco más de 22 300 millones de pesos, mientras que los costos totales incurridos fueron de 33 800 millones de pesos.

Concepto	Origen	2010	2011	ACUMULADO
<b>1 COSTOS OPERATIVOS</b>	Sistema Cutzamala	\$ 2,788,750,902.69	\$ 3,132,768,294.68	\$ 5,921,519,197.37
	Sistema PAI	\$ 900,197,403.48	\$ 994,264,637.26	\$ 1,894,462,040.75
	CAEM	\$ 696,029,995.12	\$ 779,553,594.53	\$ 1,475,583,589.65
	SACMEX	\$ 2,411,985,290.17	\$ 2,041,340,801.00	\$ 4,453,326,091.17
	CONAGUA (Otros)	\$ 141,804,977.00	\$ 138,681,126.00	\$ 280,486,103.00
	<b>SUBTOTAL OPERATIVO</b>	<b>\$ 6,938,768,568.46</b>	<b>\$ 7,086,608,453.48</b>	<b>\$ 14,025,377,021.94</b>
<b>2 COSTOS DE INVERSIÓN</b>	Sistema Cutzamala	\$ 496,111,750.00	\$ 521,462,593.00	\$ 1,017,574,343.00
	Sistema PAI	\$ 155,231,254.00	\$ 102,249,464.00	\$ 257,480,718.00
	CONAGUA (Otros)	\$ 5,155,224,386.00	\$ 4,240,541,730.00	\$ 9,395,766,116.00
	CAEM	\$ 3,102,187,900.00	\$ 2,768,085,100.00	\$ 5,870,273,000.00
	SACMEX	\$ 1,919,496,277.00	\$ 1,344,898,485.00	\$ 3,264,394,762.00
	<b>SUBTOTAL INVERSIÓN</b>	<b>\$ 10,828,251,567.00</b>	<b>\$ 8,977,237,372.00</b>	<b>\$ 19,805,488,939.00</b>
<b>3 COSTOS TOTALES (1+2)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 17,767,020,135.46</b>	<b>\$ 16,063,845,825.48</b>	<b>\$ 33,830,865,960.94</b>
<b>4 RECAUDACIÓN</b>	OCAVM	\$ 3,867,984,389.59	\$ 4,027,396,316.11	\$ 7,895,380,705.69
	ORGANISMOS OPERADORE	\$ 6,932,203,109.41	\$ 7,302,924,701.83	\$ 14,235,127,811.24
	CAEM	\$ 98,299,145.00	\$ 82,571,281.80	\$ 180,870,426.80
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10,898,486,644.00</b>	<b>\$ 11,412,892,299.73</b>	<b>\$ 22,311,378,943.73</b>
<b>5 DÉFICIT (4-3)</b>		<b>-\$ 6,868,533,491.46</b>	<b>-\$ 4,650,953,525.75</b>	<b>-\$ 11,519,487,017.21</b>

Tabla 57: Balance Financiero Desagregado – Gestión del Agua en el Valle de México.

Como puede observarse, el déficit incurrido en la gestión del agua en el Valle de México, representó el 62% de la recaudación total obtenida en el ejercicio fiscal 2010, mientras que para el cierre del ejercicio fiscal 2011, éste significó aproximadamente el 40% del total.

En realidad, el déficit en el balance financiero asociado a la gestión del agua en el Valle de México debe ser superior, toda vez que las cantidades que se presentan no consideran el costo de los servicios personales (sueldos y salarios) del personal adscrito a las entidades federales, estatales y municipales involucradas en la gestión de recursos hídricos en el Valle de México.

A fin de dimensionar mejor el déficit que arroja el balance financiero, es útil comparar el monto acumulado de éste con algunos parámetros de referencia, como es el monto de la recaudación de los organismos operadores para el mismo periodo; el presupuesto ejercido por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, y la recaudación por derechos en esa misma unidad administrativa.

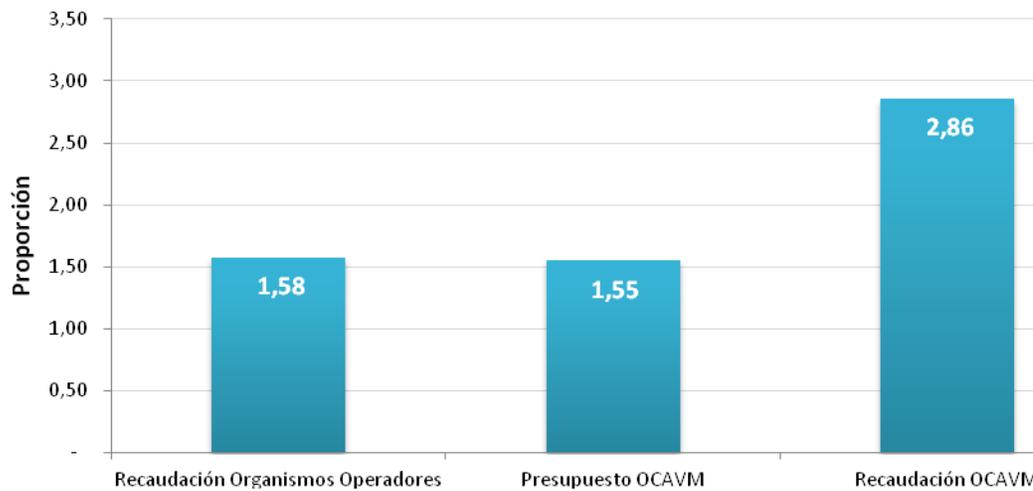


Figura 75: Déficit financiero (acumulado 2010-2011) como proporción de conceptos seleccionados.

La gráfica anterior ilustra que, aún destinando en su totalidad la recaudación de los organismos operadores en el Valle de México, o el presupuesto del Organismo de Cuenca, el costo total de la gestión del agua en esta región hidrológica supera sustancialmente los recursos disponibles.

Dentro de la gestión integral del agua en el Valle de México, uno de los conceptos más relevantes en términos políticos e institucionales es la prestación del servicio de agua en bloque, que suministra el recurso a la gran mayoría de la población principalmente en el Estado de México, pero de forma también relevante en la Ciudad de México. Los sistemas operados por la CONAGUA que desarrollan esta función (Cutzamala y PAI), en teoría cubren sus costos operativos con los recursos que el gobierno federal cobra a las autoridades estatales y locales por el servicio de conducción y entrega de agua en bloque, mediante los derechos por ese servicio.

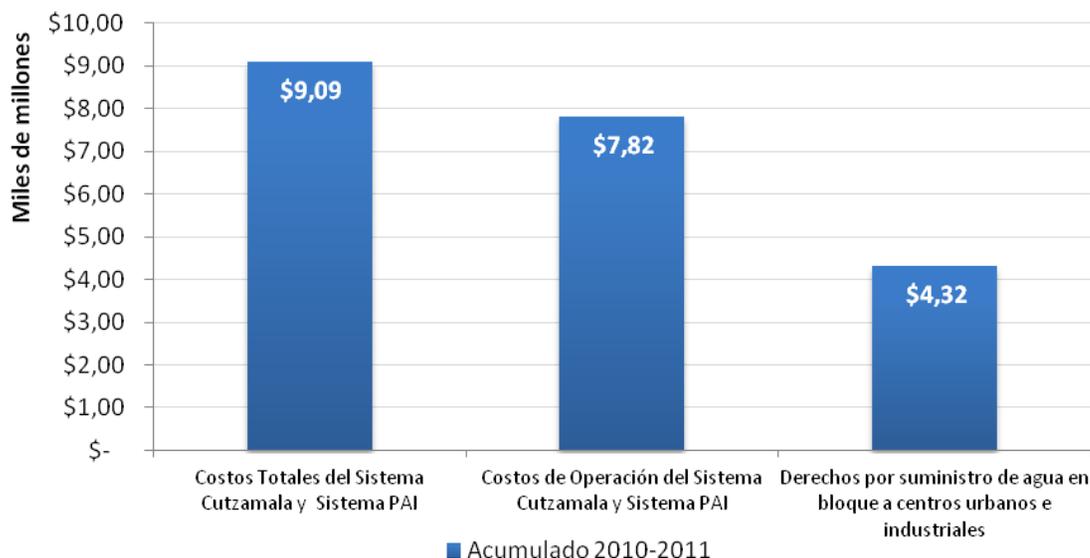


Figura 76: Sustentabilidad financiera de los sistemas Cutzamala y PAI.

Sin embargo, la evidencia documental indica que, la recaudación que obtiene el OCAVM por el concepto de los derechos asociados a la entrega de agua en bloque, representó apenas el 55% del costo operativo acumulado de esos sistemas en el periodo comprendido entre 2010 y 2011.

### 3.11.5 Balance financiero: perspectivas para el futuro

La situación actual deficitaria asociada a la gestión integral del agua en el Valle de México, sería una condición limitante para asegurar la sustentabilidad de largo plazo en la gestión de los recursos hídricos en esta zona del país.

A priori, la situación actual daría la pauta para concluir que en el futuro la situación habría de agravarse más; en este sentido, en este apartado se presenta una proyección inicial y simple del balance financiero asociado a la gestión del agua en el Valle de México, los supuestos que se han asumido son los siguientes:

- La recaudación total en la cuenca del Valle de México, derechos federales, estatales y locales, mantiene un valor constante equivalente al promedio de la recaudación observada entre los años 2010 y 2011.
- La inversión total que requiere el sector corresponde a los valores señalados en el Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico Administrativa XIII Aguas del Valle de México
- El costo operativo total asociado a la gestión integral del agua en el Valle de México, mantiene un valor constante equivalente al promedio del valor observado durante los ejerci-

cios fiscales 2010 y 2011.

Es importante señalar que, las cifras de los supuestos 2 y 3, permanecen constantes, puesto que se asumen en valores reales, toda vez que las inversiones señaladas en el Programa Hídrica Regional están también expresadas de esta forma.

Asumiendo las consideraciones señaladas supralíneas, y tomando como referencia en materia de inversiones requeridas los montos señalados en el Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológica Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, se estimó el balance financiero. Es importante destacar que, el programa de inversiones de referencia no incluye las erogaciones (contraprestaciones) asociadas a la operación de obras de infraestructura muy relevantes para la Cuenca del Valle de México, mismas que están siendo ejecutadas mediante esquemas de asociación público-privada, tal es el caso de:

- Túnel Emisor Oriente
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco

Las contraprestaciones asociadas a estos proyectos de infraestructura, deberán incluirse en una estimación posterior en los gastos operativos estimados para toda la región hidrológica.

	Concepto	2013- 2018	2019-2024	2025-2030
1	Requerimientos de inversión PHRXIII 2030	\$ 40,372.80	\$ 33,175.57	\$ 32,580.56
2	Requerimientos costos operativos (Proyección tendencial)	\$ 42,076.13	\$ 42,076.13	\$ 42,076.13
3	<b>Total requerimientos del sector</b>	<b>\$ 82,448.93</b>	<b>\$ 75,251.70</b>	<b>\$ 74,656.69</b>
4	<b>Recaudación total (Proyección tendencial)</b>	<b>\$ 66,934.14</b>	<b>\$ 66,934.14</b>	<b>\$ 66,934.14</b>
5	<b>Superávit (Déficit) (4-3)</b>	<b>-\$ 15,514.80</b>	<b>-\$ 8,317.56</b>	<b>-\$ 7,722.56</b>
6	<b>Superávit (Déficit) Anual</b>	<b>-\$ 2,585.80</b>	<b>-\$ 1,386.26</b>	<b>-\$ 1,287.09</b>

Tabla 58: Proyección del Balance Financiero de la Gestión del Agua en el Valle de México.

Como se indica en la tabla anterior, en el corto, mediano y largo plazo, la perspectiva financiera para la gestión del agua en el Valle de México es negativa; la recaudación que se podría obtener asociada a la prestación de los servicios, y al cobro de los derechos federales por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México serán insuficientes para sufragar el costo estimado de operación y de inversión.

De mantener las condiciones actuales en la recaudación local y federal, los recursos disponibles por este concepto financiarían en promedio el 87% de los requerimientos del sector para el periodo comprendido entre los años 2013 y 2030; sin embargo, la proyección del déficit es conservadora toda vez que no se incluyen otros conceptos relevantes para los que no se tuvo

información a la fecha de la realización de este informe.

El déficit que enfrentará el sector, solo podrá financiarse a través de dos mecanismos:

- La priorización de la gestión del agua en el Valle de México por sobre otras necesidades relevantes en el Presupuesto de Egresos de la Federación, lo que implicará la cancelación o postergación de otras acciones y proyectos en el resto del país, tanto del sector como de otras áreas de intervención pública, y
- Una mayor disponibilidad de recursos financieros mediante un incremento de la recaudación por la prestación de servicios asociados a la gestión del agua en el ámbito federal, estatal y local; estrategia que necesariamente implicará dos tácticas:
  - Incremento en la eficiencia recaudatoria mejorando la base de contribuyentes, así como los mecanismos de inspección, vigilancia y sanción para los usuarios de aguas nacionales y los usuarios de los servicios locales de agua, drenaje y saneamiento, y
  - La actualización y adecuación de las tarifas y cuotas que se cobran a los usuarios de aguas nacionales y de los servicios locales de agua, drenaje y saneamiento a fin de que éstas reflejen el costo económico y financiero imputable a la gestión integral del agua en el Valle de México.

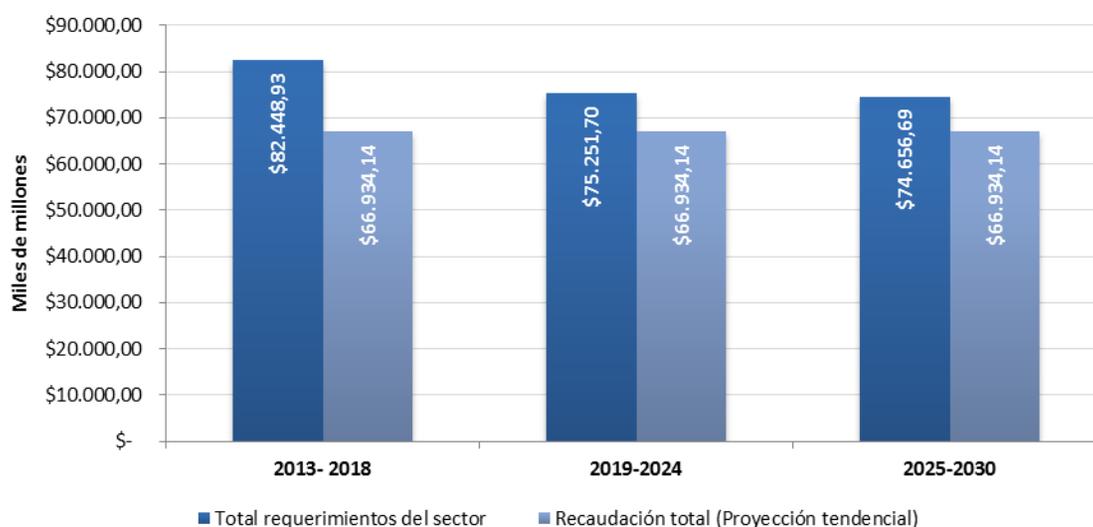


Figura 77: Evolución de la recaudación y los requerimientos financieros del sector en el horizonte 2013-2030.

### 3.11.6 Análisis de Tarifas por la prestación de los servicios

Si bien es cierto el tema de tarifas no es una parte medular del Modelo Institucional para la Gestión del Recurso hídrico, si lo es para el tema financiero del Subsector, pero sobre todo,

para el logro del compromiso asumido en la reforma realizadas al artículo 4º. Constitucional, donde se otorga rango constitucional el derecho al agua.

Las tarifas se fijan principalmente por el Código Financiero del Estado de México en este Estado, el correspondiente al Distrito Federal, a través del Congreso del Estado o de la Asamblea de Representantes, previo Estudio realizado por las Entidades Estatales, y mediante la Ley de ingresos de los distintos municipios en el caso del Estado de Hidalgo.

Del gráfico siguiente obtenido del documento de la “Situación del Subsector de la Región hidrológica XIII”, se puede observar la disparidad en la tarifa por los servicios de agua potable, en el Distrito Federal y en otros Organismos Municipales conurbados de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de los Estados que forman parte de dicha Región Hidrológica.

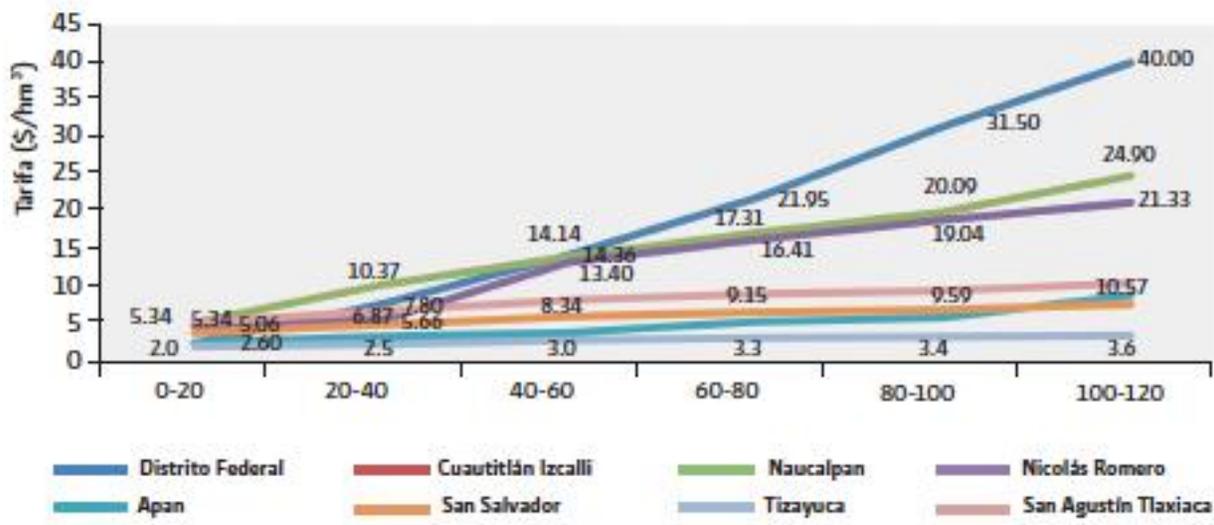


Figura 78: Comparativo de tarifas de uso doméstico por rangos de consumos, 2010.

Fuente: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, Edición 2011.

Como se observa, en rangos de 0 a 20 m<sup>3</sup> de consumos de agua, se identifican tarifas en rangos que van de \$2.00 a \$5.34 / m<sup>3</sup>, situación que corresponde a la tarifa de Naucalpan, y que representa un 267% de incremento sobre la tarifa mas baja, que corresponde a Tizayuca.

En el siguiente rango, que corresponde a consumos de agua, en rangos de 20.1 a 40 m<sup>3</sup>, las tarifas se encuentran en rangos de costo de \$2.50 a \$10.37 / m<sup>3</sup>, correspondiendo de nuevo los casos más elevados y más bajos del de Naucalpan y Tizayuca, respectivamente, y suponiendo un incremento del 415% de la tarifa más alta sobre la mas baja.

Para no ir realizando los análisis de cada rango de consumos, solamente se realiza el comparativo de las tarifas en rangos de 100 a 120 m<sup>3</sup>, con tarifas de \$3.60 a \$40.00 / m<sup>3</sup> traduciéndose en incrementos del orden de 1,111% de la tarifa del Distrito Federal como la más elevada, so-

bre la tarifa mas baja que sigue siendo la de Tizayuca. No obstante, aun cuando estén por debajo de la de la Ciudad de México, se siguen considerando muy altas las tarifas de Naucalpan y Nicolás Bravo.

En el caso de las tarifas, para una zona como el Valle de México, el costo de producción del agua no debe ser menor a \$10.00 por metro cúbico, por lo que las tarifas en rangos primero y segundo no reflejan ni siquiera el 50% del costo de producción del servicio. A ello hay que sumarle el alto porcentaje de usuarios que se acumulan en ese uso y en ese rango de consumo.

Y por el otro lado, se muestra cierta falta de sensibilidad económica de las Autoridades, al fijar tarifas que sin duda afectan a un determinado sector de la población, al fijar tarifas superiores a los \$40.00 por metro cúbico para un uso doméstico. Y en ese orden están las tarifas de los otros usos.

Lo que se observa como una disfunción entre los principios constitucionales y el criterio de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, que deben regular toda contribución, los cuales son a) Equidad, b) Proporcionalidad, y c) Capacidad Contributiva, se puede afirmar que el disparo en las tarifas correspondientes a los servicios de agua potable de la ciudad de México, ocurridos en los 5 últimos ejercicios fiscales, salen de toda proporción a dichos criterios constitucionales, lo que se puede concluir que de acuerdo al siguiente gráfico:

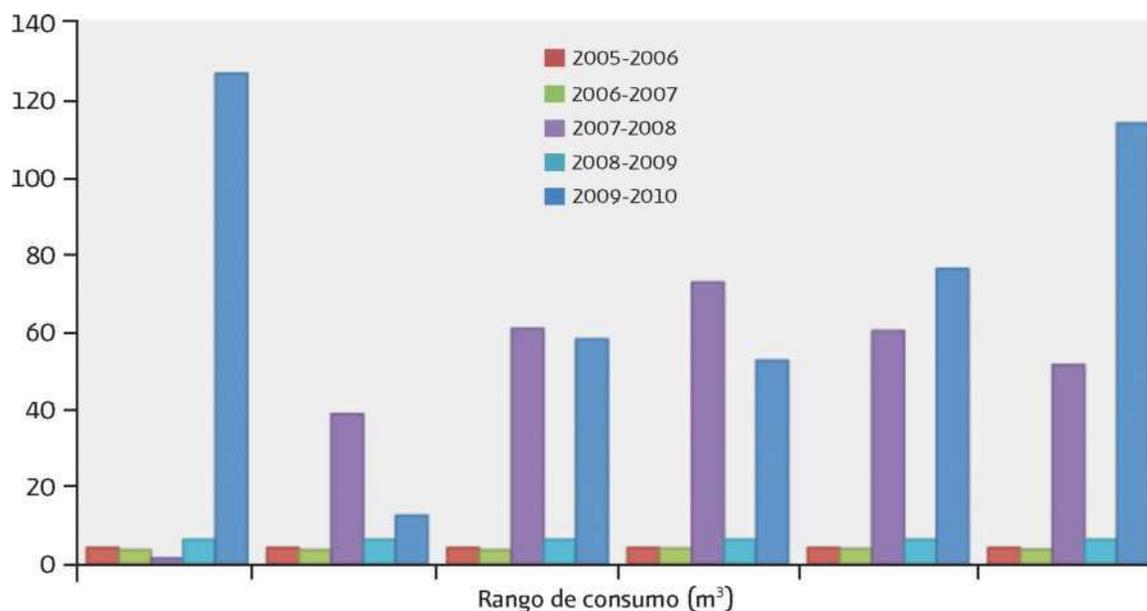


Figura 79: Evolución de las tarifas en el Distrito Federal, 2005-2010.

Fuente: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, Edición 2011.

El incremento de las tarifas del primer rango de consumo, del poco mas del 120% de las tarifas correspondientes a 2010, comparadas contra el ejercicio del año anterior, sin duda en algunos de los casos, rebaso la capacidad contributiva de los contribuyentes o usuarios.

En los siguientes tercero, cuarto y quinto rangos de consumo, en los ejercicios de 2008 y del 2010 tuvieron disparos de tarifas de manera desproporcional a los incrementos del Índice Nacional de Precios al Consumidor o cualquier otro elemento que fuera tomado para medir el valor del servicio.

Del análisis de las tarifas de los Organismos del Valle de México, se identifica que no todos cuentan con una tarifa para cada uno de los servicios que prestan.

En el caso de la tarifa de saneamiento, en opinión del Consultor, se debe fijar una tarifa general para los usuarios que descargan aguas residuales de tipo sanitario y por otro lado, para quienes descargan aguas residuales con altas concentraciones de cargas contaminantes, debe fijarse una tarifa para el tratamiento de dichas aguas. Ello sin descuidar que existen descargas de residuos peligrosos, que deben estar monitoreadas permanentemente.

En materia de tarifas para la factibilidad de nuevos servicios, es importante que la tarifa venga acompañada de las especificaciones técnicas para la recepción de la infraestructura para que el propio Organismo pueda recibirla para prestar adecuadamente los servicios.

Como se observa en el siguiente gráfico obtenido del Documento denominado “Situación del Subsector de la Región hidrológica XIII”, se identifican aspectos interesantes en materia de ingresos de los Organismos, en los últimos 10 años:

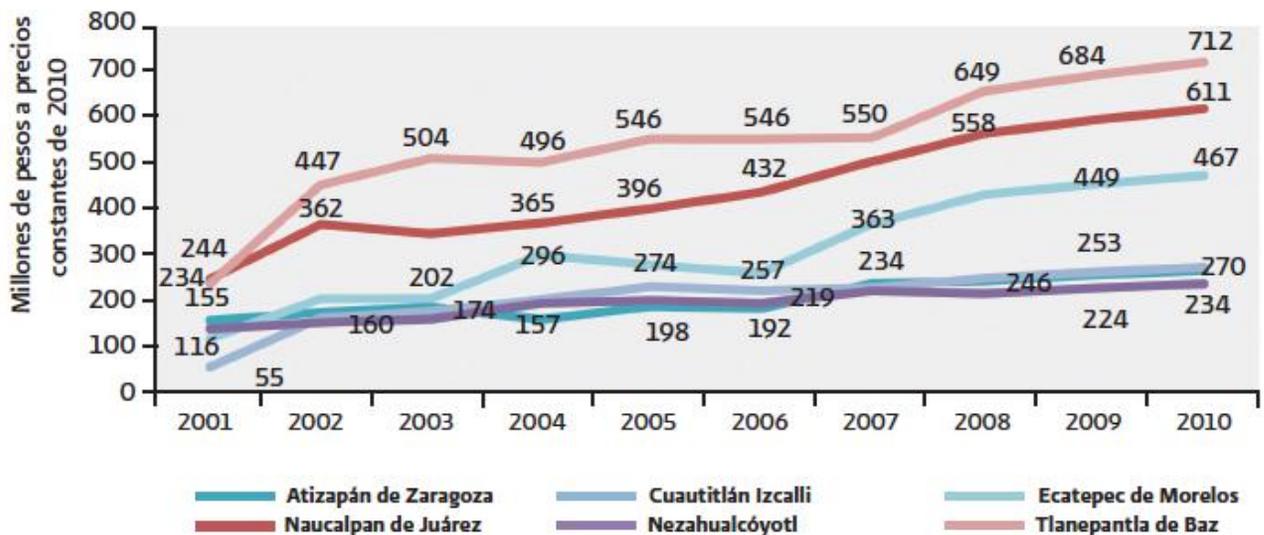


Figura 80: Evaluación de la recaudación en algunos Organismos Operadores.

Fuente: Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México, Edición 2011.

Los resultados de crecimiento de la recaudación por generación interna de caja los observamos en la siguiente tabla:

Organismo	Recaudación 2001	Recaudación 2010	Incremento en %
Cuautitlán Izcalli	55	467	849.09
Nezahualcóyotl	116	234	201.72
Naucalpan de Juárez	244	611	250.41
Tlalnepantla de Baz	234	712	304.27
Atizapán de Zaragoza	116	270	232.76

Tabla 59: Recaudación por generación interna de caja.

Sin duda el mejor trabajo de mejora en los ingresos en los 9 años de diferencia entre el 2001 y el 2010, lo presenta Cuautitlán Izcalli con incrementos del 849%, seguido por Tlalnepantla de Baz con un 304.27% y los siguientes 3, que lograron incrementos poco despreciables, superiores al 200%, fueron Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez y Atizapán de Zaragoza.

Considerando que la inflación no fue mayor al 50% en ese mismo período, los incrementos superiores al 200 y hasta el 849% fueron muy significativos, partiendo de que los Organismos en lo general tuvieron el mismo aumento de tarifas de acuerdo a las clasificaciones de los Municipios en el Código Financiero.

Como se apuntaba, las tarifas son piedra angular entre las acciones que se deben realizar para fortalecer la posición financiera de los Organismos Operadores, para lo cual se emiten los siguientes criterios o recomendaciones:

- Las tarifas deben ser al consumo, por lo que las cuotas fijas por los servicios que se prestan en el Valle de México, deben desaparecer, al establecer como prioritario que todos los usuarios cuenten con medidor a la entrada de la toma.
- El precio que reflejen las tarifas debe ser acorde al costo del servicio, con subsidios cruzados entre sectores de usuarios, que por un lado, una tarifa baja no induzca el cuidado del agua y por el otro, una tarifa alta no provoque el no pago.
- De preferencia las tarifas deben ser lineales, metro a metro. Si del análisis del agrupamiento de los diferentes niveles socio – económicos, se desprende que de manera natural los usuarios de tipo doméstico social tienen promedios de consumo menores a 15 m<sup>3</sup>, los de la clase media se ubican alrededor de los 25 m<sup>3</sup> y la doméstica residencial por encima de los 35 m<sup>3</sup>, entonces se podría fijar para todos los domésticos de cualquier nivel socio –

económico, una sola tarifa lineal (metro a metro) en la que de acuerdo a los rangos señalados, el costo del servicio obedezca al nivel de aprovechamiento que se haga de este recurso vital y escaso.

- Para que las tarifas sean justas y suficientes, se requieren dos cosas:
  - que todos los servicios que proporciona cada uno de los Organismos del Valle de México, cuenten con una tarifa acorde al costo del servicio.
  - que todos los usuarios paguen por los servicios que reciben.
- Como se apuntaba en párrafos anteriores, sin duda las tarifas deben ser definidas con base en estudios donde se apliquen los criterios de equidad, proporcionalidad y capacidad contributiva de los usuarios.
- Una buena tarifa no hace que mejore la recaudación de los Organismos prestadores de los servicios, hay que atender sin duda las fallas del Organismo que hacen que los usuarios no paguen y las fallas del Organismo para mejorar las eficiencias en el cobro. La falta de voluntad de pago de los usuarios es distinta a la falta de voluntad de cobro de los Organismos.
- De acuerdo a estudios de elasticidad de la tarifa realizados en varios Organismos del Valle de México, ha quedado demostrado que paga mas por metro cúbico el usuario de escasos recursos que no cuenta con un servicio formal que el usuario doméstico residencial con servicio formal, situación que debe desaparecer al hacer que el derecho al agua consagrado en el cuarto constitucional, sea una realidad.
- Es fundamental dejar plasmado en el valor de los servicios cuando se fijan las tarifas, que su principal función es recaudatoria, pero también se debe inducir a través de tarifas que desestimulen el desperdicio del agua.
- Las tarifas fijadas en el Estado de México, se determinaron en función del Salario Mínimo General vigente, por lo que cualquier cambio de tarifas significa un doble aumento, el de la tarifa en si, mas el incremento en el salario mínimo.
- Antes de avocarse a un programa intensivo de instalación de medidores para cobrar por cada metro cúbico suministrado o descargado, se debe hacer un análisis de la calidad del agua suministrada, la continuidad del servicio y las demás especificaciones técnicas para hacer una mejor elección del tipo de medidor que se requiere para la adecuada medición de consumos, en tal sentido es recomendable no dejar en manos de los fraccionadores, promotores de vivienda o de los propios usuarios, la instalación de los medidores, ya que se requiere el cumplimiento de las especificaciones que establece la Norma.

### Algunas claves sobre las finanzas del agua en el Valle de México

El financiamiento de la gestión integral del agua en el Valle de México es una función que comprende a los tres órdenes de gobierno que concurren en el territorio de la cuenca, encabezados por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.

La distribución de competencias funcionales está perfectamente delimitada en el marco normativo vigente; sin embargo, el financiamiento de éstas en más de una función se logra mediante una concurrencia de recursos de los ámbitos federal, estatal y municipal.

Al cierre del ejercicio fiscal 2011, existe un déficit acumulado de los años 2010 y 2011 en el balance financiero de la gestión integral del agua en el Valle de México; el déficit acumulado es superior a los 11 mil millones de pesos, equivalentes a 2.86 veces la recaudación total del sector por concepto de derechos en el ámbito federal, estatal y local; y a 1.55 veces el presupuesto 2011 del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.

En la estructura de ingresos y egresos asociados a la gestión integral del agua en el Valle de México, no existe una correspondencia clara entre el origen y aplicación de éstos; es el caso de la recaudación por los derechos de suministro de agua en bloque, que son deficitarios en 4 mil 772 millones de pesos respecto del costo total de operación y de inversión asociados a los sistemas de abastecimiento Cutzamala y PAI.

Asumiendo algunos supuestos sobre el comportamiento futuro de los ingresos que genera el sector en el Valle de México, así como de los requerimientos financieros para la operación de los sistemas principales, y para la ejecución de las inversiones estipuladas en el Programa Hídrico Regional, demuestran que en el corto, mediano y largo plazo el déficit en el balance de las finanzas del agua en el Valle de México, prevalecerá.

La necesidad de una adecuación y actualización de los instrumentos de financiamiento del sector en el Valle de México, invariablemente resultarán en la instrumentación de acciones de vigilancia, inspección y sanción que permitan mejorar la recaudación de ingresos, así como en la actualización y modernización de las tarifas y cuotas que se cobran por el uso de aguas nacionales y a los usuarios locales de los servicios de agua, drenaje y saneamiento, a fin de que éstas reflejen en una mejor forma el costo económico y financiero de la gestión integral del agua en el Valle de México.

Las tarifas son insuficientes para atender el gasto corriente, las inversiones y los pasivos de las obras necesarias.

Se requiere una reingeniería de tarifas para cobrar todos los servicios y que estos reflejen el costo del servicio.

A pesar de los rezagos, algunos Organismos están haciendo trabajos importantes en materia de ingresos.

Se requiere estándares de servicios, con indicadores de desempeño, trabajos por objetivo y planeación de corto, mediano y largo plazos.

## 4 Diagnóstico y perspectivas hídricas en el contexto del cambio climático

### 4.1 Administración de las aguas nacionales

Por Administración del Agua entendemos la implementación de procesos y mecanismos para mantener un control administrativo y fiscal de los aprovechamientos, de manera que se preserve el balance hídrico en cantidad, calidad y disponibilidad en las cuencas y acuíferos administrados por la CONAGUA con apoyo en otros órdenes de gobierno y propiciando la participación ciudadana, conforme al Título Segundo de la Ley de Aguas Nacionales. Para ello, el Ejecutivo Federal cuenta con las facultades para establecer zonas reglamentadas, de veda o de reserva; determinar la asignación o concesión del uso y aprovechamiento de aguas nacionales, así como su rescate por utilidad o interés público, y expedir permisos de descarga, entre otras.

La CONAGUA es la autoridad nacional “en materia de la cantidad y de la calidad de las aguas y su gestión” (Art. 9 LAN, Fracc. I), que debe administrar y custodiar junto con sus bienes nacionales inherentes, así como controlar su calidad. El instrumento básico para la administración del agua es “el régimen de concesiones, asignaciones y permisos referentes a los derechos por explotación, uso y aprovechamiento del agua, por el uso de los bienes nacionales... así como los permisos de descarga” (Art. 14bis6 LAN, Fracc. II). En este proceso, de manera simplificada, CONAGUA:

- ⊕ Determina los volúmenes disponibles mediante estudios técnicos, tanto de aguas superficiales como subterráneas (Art. 19bis, LAN).
- ⊕ Establece zonas reglamentadas, de veda o reserva cuando se presenten condiciones de sobreexplotación.
- ⊕ Registra los títulos de concesión, asignación y permisos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA).
- ⊕ Lleva a cabo labores de inspección, comprobación y verificación del cumplimiento de las disposiciones legales en materia de aprovechamiento de aguas nacionales.

Es decir, su función central como autoridad es definir cuánta agua está disponible, llevar un registro detallado y actualizado de los aprovechamientos otorgados y sus transmisiones, establecer condiciones de restricción permanente o temporal (en este último caso con el concurso de los usuarios y autoridades en el Consejo de Cuenca) e instrumentar las medidas necesarias para que se respete la Ley en la materia.

En este caso, el Valle de México presenta condiciones particularmente complejas, ya que al desequilibrio hídrico que genera la concentración de la demanda se ha respondido mediante

importación de caudales, lo que no ha impedido la persistencia de la sobreexplotación de los acuíferos.

En este apartado se hace un diagnóstico sintético de la situación actual de los procesos de administración del agua en el Valle.

#### **4.1.1 Estudios y determinación de la disponibilidad**

La LAN indica, en su artículo 22, que la CONAGUA está obligada a publicar datos actualizados dentro de los primeros tres meses de cada tres años, la disponibilidad de las aguas nacionales por cuenca y región hidrológica. En el caso del Valle de México, no ha sido sino hasta años recientes que se ha emprendido un esfuerzo sistemático y completo para actualizar los datos de disponibilidad.

El 5 de noviembre de 2008 se publicó en el DOF el acuerdo por el que se dio a conocer la disponibilidad del agua de las cuencas hidrológicas pertenecientes a las Subregiones Valle de México y Tula. Por otra parte, el 28 de agosto de 2009 se publicó la actualización de la ubicación geográfica y la disponibilidad media anual de agua subterránea de un conjunto de acuíferos en todo el territorio nacional, en los cuales se incluyeron los de la región que nos ocupa.

En este sentido, es de llamar la atención el rezago que existía en la determinación de una variable tan sensible como lo es la disponibilidad media anual de aguas subterráneas, sobre todo considerando que la veda data de 1954. Por eso reviste mucho valor el que la CONAGUA haya abordado en la última administración su actualización y publicación. Además, en las publicaciones oficiales se consignó no únicamente el volumen concesionado y reportado en el REPDA, sino la extracción estimada a partir de estudios técnicos, con lo que el estado real de los acuíferos ha podido ser evaluado.

De acuerdo con lo manifestado en las entrevistas, sin embargo, las labores de monitoreo piezométrico y vigilancia no reciben todo el recurso que se necesita para garantizar el cumplimiento de esta función, fundamental para la labor central de CONAGUA.

#### **4.1.2 Registro de aprovechamientos**

En este rubro también se tenía un rezago considerable, en particular en materia de aguas subterráneas. CONAGUA emprendió un esfuerzo de actualización para definir una estrategia de atención al problema.

En 2007 el REPDA incluía 2 953 aprovechamientos correspondientes a los 14 acuíferos de la Región XIII, mientras que el Censo de 2007 arrojó un total de 6 871 aprovechamientos, de los cuales (SGAA - CONAGUA, 2010):

- 3 019 contaban con título.

- 3 830 no tenían título.
- 22 estaban ubicados en la región equivocada.

La siguiente figura muestra el contraste entre los pozos registrados en el REPDA y el resultado del censo realizado por la CONAGUA.

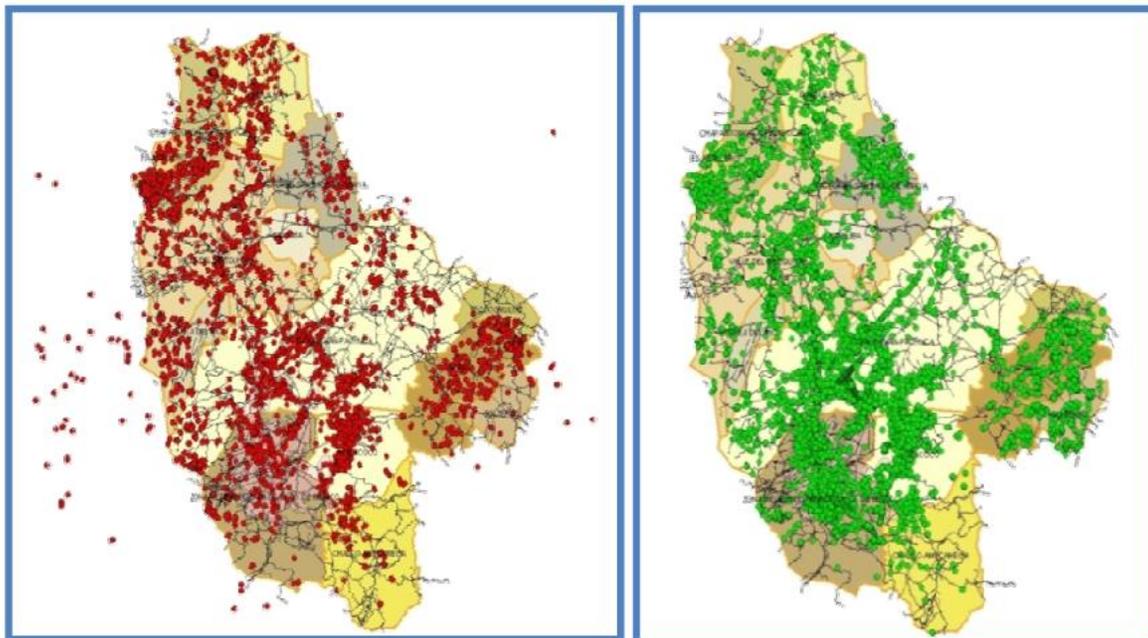


Figura 81: Pozos registrados en el REPDA (izq.) vs. pozos censados en 2007 en el Valle de México.

Fuente: (SGAA - CONAGUA, 2010: 11).

#### 4.1.3 Inspección, verificación e instauración de procedimientos

A partir de ahí se instrumentaron visitas de inspección para identificar conductas sancionables e iniciar procedimientos, ejecutar resoluciones e imponer multas. Cabe resaltar que CONAGUA reporta haber realizado 641 visitas entre 2007 y 2010, con un esfuerzo sin precedente que sin embargo cubrió sólo menos de una décima parte de los aprovechamientos censados.

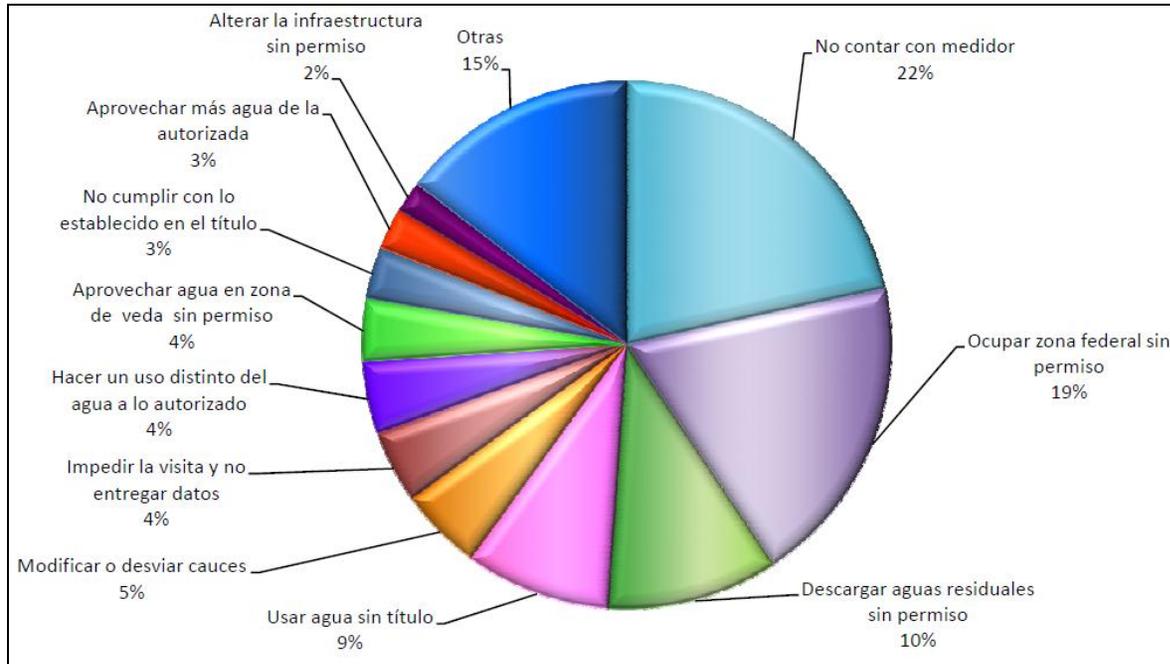


Figura 82: Conductas sancionables identificadas a partir de visitas de inspección entre 2007 y agosto de 2010.

Fuente: (SGAA - CONAGUA, 2010: 11).

A partir de estas visitas fueron identificadas conductas sancionables por no corresponder a las estipulaciones legales (tal y como queda reflejado en la anterior figura), por lo que fueron substanciados y concluidos 582 procedimientos e impuestas 185 multas, logrando únicamente la clausura de 27 pozos, 32 suspensiones en zona federal, 20 revocaciones o extinciones y 17 suspensiones de derechos.

Estas cifras dan una idea de la complejidad que reviste cumplir con una labor eficaz de inspección, verificación y ejecución de procedimientos, tomando en cuenta el universo de aprovechamientos en el Valle.

#### 4.1.4 Bancos del agua

La LAN prevé la implementación de “bancos del agua” como instancias temporales o definitivas en las que se gestionen las operaciones reguladas de transmisión de derechos. En el Valle de México se implementó un banco del agua desde octubre de 2011. De acuerdo con lo manifestado en entrevistas, el banco ha tenido una influencia limitada en mejorar la transparencia e influir en los precios de las transmisiones en el Valle de México.

Un problema recurrente ha sido la falsificación de títulos, la cual se ha buscado bloquear mediante el uso de tecnología electrónica para el trámite, los pagos y las firmas de los documentos. Sin embargo, resta mejorar la coordinación con las autoridades locales responsables de autorizar fraccionamientos, ya que en ocasiones autorizan estos desarrollos con base en títu-

los que no han sido verificados con CONAGUA.

También en las entrevistas se ha mencionado que debe buscarse la manera de mejorar la interacción entre las áreas técnica y de administración del agua respecto de la identificación de aprovechamientos, la integración de expedientes para el apoyo a decisiones de administración del agua y su cotejo con los registros del REPDA, ya que frecuentemente las bases de datos no coinciden en tiempo real, lo que actualmente sería deseable y tecnológicamente posible.

#### 4.1.5 Coordinación interinstitucional

Las acciones ligadas a la función de administración del agua están por su naturaleza vinculadas a actos de autoridad, por lo que en su ejecución es poco el espacio para explorar mecanismos de participación de otros órdenes de gobierno o de los particulares.

Hay sin embargo varios temas en los que el propio marco legal prevé esta participación:

- El establecimiento de una prelación de usos para efectos de definir una política de prioridades en el otorgamiento de concesiones o asignaciones, que es propuesta por el Consejo de Cuenca a la CONAGUA (LAN, Art. 22), pero es ésta quien asume la plena responsabilidad de definir la prelación y aplicarla, por ejemplo, para decidir la duración de una concesión y, en su caso, si se prorroga o no la misma.
- La definición de limitaciones temporales al ejercicio de los derechos de extracción, uso o aprovechamiento de aguas nacionales “en casos de emergencia, escasez extrema, desequilibrio hidrológico, sobreexplotación, reserva, contaminación y riesgo” (LAN, Art. 13bis4), casos en los cuales la CONAGUA debe consultar a los usuarios a través de los Organismos de Cuenca y Consejos de Cuenca, y resolver en consecuencia.

En este sentido, aquí se encuentra una posible vía para implementar un programa de reducción de los títulos y las extracciones, una vez que se defina con la participación de los usuarios un programa de rescate de concesiones y asignaciones, o bien una prelación que dé pie a la negativa de prórrogas basada en la prelación establecida, posiblemente en forma gradual y con apoyos financieros que permitan minimizar el impacto de dicho programa de estabilización en las economías locales.

De acuerdo con las entrevistas realizadas:

- No se han implementado mecanismos relevantes de colaboración con el Distrito Federal o los estados de México, Tlaxcala o Hidalgo, con el objeto de que existan esfuerzos de coadyuvancia en la medición del ciclo hidrológico; en términos del Art. 19bis de la LAN, es potestad de la CONAGUA decidir la medida en que se apoya en otros órdenes de gobierno y en particulares para mejorar el conocimiento del estado del agua.

- Como se comentó antes, en ocasiones, las autoridades estatales y municipales en materia de autorización de cambios de uso del suelo y fraccionamientos, autorizan desarrollos con base en títulos no verificados que pueden resultar falsos; aquí hay un área urgente de coordinación, ya que la amenaza más importante a la sustentabilidad de los acuíferos en el Valle es el desorden en el uso del territorio.
- En otras partes del país los organismos operadores de agua y saneamiento, que son responsables por la medición y lectura de consumos de decenas o centenas de miles de medidores, han propuesto buscar un mecanismo de coordinación que les permita encargarse de la supervisión de las extracciones. Dado que realizar visitas a usuarios de aguas nacionales constituye un acto de autoridad, no se ha encontrado una forma práctica de llevar a cabo esta colaboración, pero la urgencia de la situación reclama una reforma que permita aprovechar las sinergias potenciales entre operadores. La falta de personal manifestada en algunas entrevistas, contribuye especialmente a la problemática de la administración del agua indicada.
- Es posible que en algunas funciones de la administración del agua puedan ser apoyadas también por los usuarios a través de los COTAS y el Consejo de Cuenca, en particular la identificación y denuncia de posibles infracciones, teniendo cuidado de no rebasar las facultades de la CONAGUA ni perjudicar la solidez de los expedientes. Un área en la que, según las entrevistas, la coordinación con los usuarios es promisoria, ha sido la de capacitación en materia de legislación de aguas nacionales, ya que incluso para el personal de la CONAGUA son experiencias que permiten generar nuevos criterios frente a situaciones imprevistas por la Ley.

#### 4.1.6 Conclusiones

La función central de la CONAGUA es custodiar la calidad, cantidad y disponibilidad de las aguas nacionales, mediante actividades que comprenden la medición y determinación del agua disponible y la gestión del régimen de concesiones, asignaciones y permisos. En su mayor parte, se basan en actos de autoridad indelegables por naturaleza. De cualquier manera, existen áreas de oportunidad para propiciar la colaboración de usuarios y autoridades estatales y municipales que deberían aprovecharse más.

En el Valle de México la CONAGUA ha logrado revertir un grave rezago en el conocimiento de los aprovechamientos y las disponibilidades. Sin embargo, los recursos y procedimientos mediante los cuales puede efectuar visitas de inspección e instrumentar procedimientos son limitados frente a la dimensión del problema. Debe, ante la gravedad del caso, explorarse el cambio de procedimientos, reglas, normas e incluso de las leyes, así como reforzar las capacidades de CONAGUA, si se quiere que se implemente una administración del agua eficaz.

En el marco legal se prevé que CONAGUA consulte a usuarios y otras autoridades para definir

prelación de usos y establecer limitaciones temporales o permanentes al ejercicio de los derechos adquiridos, incluso mediante decisiones de negar la prórroga de títulos de manera progresiva y apegada a una prelación consensuada. Con esto podría evitarse un impacto económico mayor en las localidades que dependen de los modelos actuales de extracción de agua.

Es deseable también que se exploren mecanismos para que las entidades federativas, municipios y usuarios puedan coadyuvar en funciones de medición, monitoreo, inspección y denuncia. En particular, deben explorarse mecanismos para aprovechar las capacidades de los operadores para reforzar la inspección de los aprovechamientos de aguas nacionales.

## 4.2 Abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua potable es un aspecto clave para el desarrollo humano, el crecimiento urbano y la salud de la población. El agua y el acceso a la misma es un derecho humano, y es importante asegurar unos mínimos tanto de calidad como de disponibilidad para el abastecimiento humano. Además de asegurar dichos mínimos se debe tratar de mejorar y tener disponibilidad para abastecer a la población continua y suficientemente.

En el diagnóstico sobre abastecimiento de agua en la Región del Valle de México se van a enmarcar los problemas existentes, en las líneas fundamentales que define la ONU sobre cómo debe ser el abastecimiento de agua potable. Dichos criterios se enuncian a continuación y serán tratados más detalladamente en el diagnóstico.

Por tanto, según indica la ONU el agua potable debe ser:

- Suficiente – El abastecimiento de agua debe ser suficiente y continuo para el uso personal y doméstico. La Organización Mundial de la Salud estima entre 50 y 100 litros de agua por persona y día para cubrir las necesidades mínimas de salud e higiene.
- Saludable – El agua para el uso doméstico debe tener una calidad mínima y estar libre de microorganismos y otras sustancias que supongan un riesgo para la salud humana.
- Aceptable – El agua debe presentar un color, olor y sabor aceptable para los usos personales y domésticos.
- Físicamente accesible – El servicio de agua debe estar situado dentro o en las inmediaciones del hogar, de las instituciones académicas o el lugar de trabajo. Según la OMS, de no encontrarse en el hogar o en sus inmediaciones, las fuentes de abastecimiento deberían estar a menos de 1000 metros del hogar y el tiempo de recogida no debería superar los 30 minutos.
- Asequible – El coste del agua debe ser asequible económicamente para todos. Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) este coste no debería superar el 3

% de los ingresos familiares.

La situación en el Valle de México es compleja y los objetivos mínimos que establece la ONU en cuanto abastecimiento de agua potable deben ser una prioridad. Los puntos presentados anteriormente se ponen a continuación en el contexto del Valle de México.

#### **4.2.1 Suficiencia**

En el Valle de México, la alta concentración de población junto al elevado crecimiento urbano suponen una alta presión sobre el recurso hídrico. En la subregión del Valle de México la demanda supera la disponibilidad y este desfase se cubre con importaciones de otras cuencas, así como con agua extraída del subsuelo que da lugar a una sobreexplotación del acuífero, tal como se trata en el apartado 3.6.

#### **Desarrollo urbano**

En la ZMVM el crecimiento urbano es considerable, se podría decir que en ciertos aspectos es incontrolado, tal como señalan la mayoría de entrevistados para el estudio. Dicho desarrollo urbanístico demanda servicios de abastecimiento y saneamiento, por lo que estos servicios deben suponer una prioridad a la hora de autorizar nuevos asentamientos. En lo relativo a la previsión de agua potable, el sistema no funciona de forma correcta. El principal problema es el desarrollo urbano sin previsión en lo que se refiere a abastecimiento. Es decir, en líneas generales no se tiene en cuenta la existencia de red de distribución y mucho menos la disponibilidad hídrica.

Un ejemplo de esta caótica situación, que genera mayores presiones sobre el recurso hídrico y problemas de planificación, ocurre con frecuencia puesto que para iniciar una nueva construcción, únicamente se solicita un derecho o título de concesión, sin considerar si existe red de abastecimiento en la zona, o, lo más importante, disponibilidad del recurso hídrico. La situación llega a tal extremo que en ocasiones se falsifican los títulos de concesión. De esta manera se autorizan nuevos desarrollos urbanos, se genera una mayor presión sobre el recurso y su disponibilidad, y se dificulta una correcta planificación hidráulica.

Otra problemática son los asentamientos ilegales, estos lógicamente carecen de servicio de agua potable y de saneamiento. Invaden zonas que pueden ser protegidas, de uso agrícola y alteran el ciclo de infiltraciones o incluso generan contaminación de las fuentes subterráneas al carecer de red de drenaje.

Como conclusión se puede decir que no existe una adecuada planificación urbanística y territorial que se anticipe a los problemas asociados a la distribución de agua potable, puesto que, para su correcto diseño y funcionamiento, las infraestructuras necesarias para prestar el servicio deben realizarse, en todo caso, antes del inicio de la construcción de las viviendas.

### Intermitencias

La continuidad en el servicio es una cuestión de importancia, ya que afecta tanto a la disponibilidad como a la calidad. A pesar de no disponer de datos de continuidad o intermitencias en el servicio, se tiene constancia de que éstas se producen. Por tanto, pese a que el 96.7% de la población tiene acceso a agua potable, se sufren cortes en el servicio, y este es un aspecto a tener en cuenta en lo relativo a cobertura de agua potable.

Tal y como se ha enunciado anteriormente, la ONU estima una necesidad de agua **diaria** de entre 50 y 100 litros por habitante. Las discontinuidades en el servicio evitan que se cumpla este derecho básico relacionado con el abastecimiento diario. Así, esto obliga a los usuarios a almacenar agua para poder disponer de los mencionados volúmenes mínimos. Lo cual puede causar una disminución en la calidad del agua debido a métodos de almacenamiento inadecuados, además fuerza a los usuarios a desplazarse para obtener agua que es transportada por acarreo, para cubrir los periodos de intermitencia.

### Camiones Cisterna o “Pipas”

La intermitencia en el servicio y la escasez de agua en la Región han propiciado el abastecimiento a través de camiones cisterna o “pipas”.

El principal problema del abastecimiento a través de camiones cisterna es que es costoso y difícil de gestionar. Se debe aplicar como una medida provisional mientras se desarrolla una solución sostenible. Normalmente es un medio que se lleva a cabo ante algún tipo de emergencia. En el caso de que la solución de abastecimiento mediante “pipas” continúe por un largo espacio de tiempo, se debería tomar al menos las siguientes medidas:

- Gestión de la flota de camiones cisterna – Hay que tener en cuenta que el transporte de agua en “pipas” es costoso, los vehículos de distribución son pesados y requieren de mantenimiento constante para mantener la operatividad y la calidad del agua almacenada y transportada. Para lograr un servicio eficiente es necesario una correcta planificación.
- Método de distribución – Normalmente la distribución de agua a los usuarios es lenta, y se recomienda la instalación de un grifo en la parte de atrás del depósito contenedor de agua.
- Emplear tanques fijos – El mejor método de distribución es transferir el agua a un tanque de almacenamiento fijo, permite mantener la calidad del agua y prolonga el servicio de abastecimiento.

Sin embargo, existe una distribución a través de “pipas” que no tiene un carácter oficial. Se trata de un “negocio” que se lleva a cabo por particulares ante las crecientes demandas de agua y la falta de abastecimiento. Por tanto, no se trata de un servicio gestionado y organiza-

do por un organismo o entidad, suponiendo además un riesgo en cuanto a la calidad del agua suministrada, ya que no se somete a ningún control de calidad. Es más, estos “piperos”, en ocasiones compran el agua de uso agrícola y la venden como agua potable para consumo o uso doméstico.



Figura 83: Distribución de agua en pipas.

Fuente: 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. SACMEX.

### **Tomas y extracciones ilegales**

En cuanto a las tomas ilegales es un aspecto a tener muy en cuenta. Existe un incremento en las captaciones ilegales principalmente destinadas al riego agrícola, tanto de agua superficial como de agua subterránea. El problema conlleva dos consecuencias importantes:

- En primer lugar, las extracciones ilegales, ya sea de agua superficial o subterránea, pueden ser consideradas como fugas o pérdidas, ya que esta agua no queda registrada ni contabilizada a la hora de realizar estudios de disponibilidad, extracción o captación. Asimismo, estas captaciones no pagan su derecho por uso del agua, por lo que se benefician de un recurso de forma gratuita, lo que conlleva que la infraestructura sea menos sostenible.
- En segundo lugar, las captaciones o extracciones ilegales generalmente emplean el agua para riego agrícola. Esta agua es captada de sistemas como el PAI o el Cutzamala, lo que supone agua de mayor calidad, destinada al abastecimiento humano, cuyo destino final es el riego. Para evitar este problema se deben implantar un mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales, y emplear el agua a la salida de estas plantas para usos

agrícolas. De esta manera, la disponibilidad de agua para abastecimiento, será mayor y se empleará para su objetivo inicial.

Existen extracciones ilegales de aguas subterráneas que son realizadas de manera particular o individual, lo cual ha quedado patente en los censos realizados. Éstas son difíciles de controlar y gestionar y suponen una presión adicional sobre el acuífero. Además, la existencia de numeroso pozos, muchos de estos ilegales, incrementan la sobreexplotación del acuífero de manera descontrolada y disminuyen la calidad del agua subterránea.

En el Sistema Cutzamala, especialmente en el tramo "El Bosque - Ixtapan del Oro - Colorines", probablemente motivados por la falta de agua destinada para el riego, estas captaciones toman agua destinada en principio al consumo humano, de mayor calidad, y la destinan al riego. Es necesario ofrecer soluciones mediante las cuales se destinen aguas tratadas, aguas de menor calidad pero aptas para el uso agrícola, al riego y se eviten así captaciones ilegales, que en definitiva suponen pérdidas para los sistemas de abastecimiento.

Como ya se ha visto, en la subregión de Tula se emplean las aguas residuales para el riego agrícola. Esta situación, supone cierto descontrol, no solo por los riesgos para la salud que supone el riego empleando aguas residuales, sino también porque muchos de esos riegos se hacen sin disponer de concesión, lo que supone un problema grande para la gestión.

### **Falta de Mantenimiento**

La falta de mantenimiento es un rasgo frecuente en las diferentes infraestructuras hidráulicas de la Región. Por ejemplo, en el Sistema Cutzamala se han identificado problemas que están directamente relacionados con las pérdidas, como pueden ser, agrietamientos, filtraciones y corrosión en compuertas y válvulas. Además, la gran erosión hídrica provoca el azolve de las presas que pierden capacidad de almacenamiento y por tanto de operación. En el Sistema Lerma la principal causa de cierre, reposición y rehabilitación de pozos es la antigüedad de los mismos.

Lo anterior es solo un ejemplo de algunos de los problemas en la Región derivados de la falta de mantenimiento que, reiteradamente, se han puesto de manifiesto por parte de los entrevistados. Estos son extensibles de manera general al resto de las redes e infraestructuras, además suponen un problema de pérdidas del recurso y dificultades de operación.

En un área de insuficiencia hídrica en la que constantemente se plantean nuevas posibilidades de importación de agua de otras cuencas o se continúa explotando el acuífero de manera excesiva, es importante disminuir este tipo de pérdidas. Así, un adecuado y frecuente mantenimiento puede ayudar a reducir las fugas y hacer más eficientes, y por tanto más sostenibles, las infraestructuras existentes, disminuyendo así la demanda de agua del resto de fuentes de abastecimiento.

### Pérdidas de agua potable y sectorización de la red

Como se ha visto, las pérdidas de agua potable en las redes de distribución en la ZMVM se encuentran alrededor del 40 % del suministro. Se trata de un problema muy importante en una zona en la que existe escasez de agua.

El problema surge desde la implantación del servicio de distribución de agua potable y el comienzo del suministro. Sin embargo, se ha visto incrementando debido a los problemas de hundimiento en la Ciudad de México y al desarrollo urbanístico, lo cual lleva aparejado el crecimiento de la red de distribución de abastecimiento.

Las siguientes deficiencias son consecuencia de la red de distribución implantada en la actualidad:

- Localización del suministro de agua – Se trata de una red poco flexible con puntos de captación y abastecimiento muy localizados.
- Sistema de distribución de difícil mantenimiento – Los cortes para llevar a cabo acciones de mantenimiento suponen problemas de desabastecimiento durante el periodo de reparación.
- Sistema de distribución obsoleto – La falta de mantenimiento genera averías y fugas en las redes de distribución.
- Contaminación del agua potable – Las sustancias contaminantes en las inmediaciones de las tuberías entran en contacto con el agua potable a través de las fugas u orificios existentes en las canalizaciones.

La problemática expuesta anteriormente está tratando de ser corregida actualmente a través de diversos intentos de sectorización de la red de distribución, propuestos por las entidades gestoras federales y estatales.

Las ventajas de la **sectorización de la red de abastecimiento de agua potable**, que son a su vez solución de la problemática de pérdidas de agua, se puede resumir a través de los siguientes puntos:

- Flexibilización del suministro de agua potable – La topología de red mallada de suministro de agua potable permite flexibilizar el suministro del recurso hídrico en cuanto que una red concreta de distribución ya no es imprescindible, dado que cualquier red específica puede ser derivada a través del resto de secciones que componen la malla de distribución. Esta es una característica fundamental de este tipo de redes y en ella se fundamentan el resto de los siguientes puntos a favor.
- Modernización del sistema de distribución – La modernización de la infraestructura de

distribución es un factor muy influyente en el campo del ahorro de recurso hídrico debido a pérdidas. Este hecho se debe a que la flexibilización del sistema de abastecimiento y por ende la capacidad de derivación del agua potable por otras canalizaciones permite el corte de canalizaciones específicas sin necesidad de interrumpir el suministro en zonas concretas, y por tanto, reducir o eliminar los tiempos de parada del servicio a los consumidores finales. En consecuencia, hace factible cortes específicos en la red de distribución, y por tanto la modernización o la reparación y mantenimiento de las canalizaciones defectuosas, disponiendo en todo momento una red de distribución moderna y actualizada. En cuanto a la tecnificación de la red, este sistema permite la implementación de dispositivos tecnológicos tales como detectores de presión, caudal, detección de fugas, operación a distancia y por radio control, que favorece enormemente la reducción de costos de operación.

- Fomenta el mantenimiento de instalaciones – Los cortes específicos de abastecimiento de recurso hídrico sin reducir o impedir el abastecimiento de los consumidores finales hace factible el mantenimiento de la instalación, la localización de fugas, las reparaciones y las renovaciones de las conducciones, con una importante reducción de las pérdidas. Este sistema además permitirá la detección temprana de fugas por distintos métodos, y la implementación de futuros sistemas de detección con el desarrollo de la tecnología.
- Reducción de la contaminación de agua potable en las canalizaciones – De forma indirecta, se consigue la reducción de la contaminación en canalizaciones, especialmente en las cercanas a sistemas de saneamiento con fugas. La modernidad de la instalación y la capacidad de mantenimiento de la misma es un factor decisivo, ya que un buen estado de las canalizaciones de distribución es la primera barrera a la contaminación procedente del exterior de las mismas. Evitar fugas en el suministro de agua reduce con creces la probabilidad de contaminación de la distribución de agua potable, principalmente evitando el contacto del recurso hídrico con flujos contaminantes.

#### 4.2.2 Salubridad y aceptabilidad

Esta línea consiste fundamentalmente en garantizar un suministro de agua potable con una calidad adecuada.

##### Fuentes de abastecimiento

Las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de la ZMVM son los sistemas Lerma, Cutzamala y PAI, así como las extracciones del acuífero. Es lógico pensar que el agua captada o extraída de estas fuentes, cuyo destino es el abastecimiento humano, deben encontrarse en buen estado y su calidad ser suficiente y no suponer un riesgo para la salud. Sin embargo, las indicadas fuentes sufren episodios de contaminación lo que genera una pérdida de calidad en el agua destinada al abastecimiento. Los principales problemas detectados son:

- Sistema Lerma – Algunos de los pozos han sido suspendidos por mala calidad del agua. Los

cuerpos de aguas superficiales sufren vertidos de aguas residuales, además existen zonas industriales en la zona donde se ubica el Sistema Lerma. En cuanto a las aguas subterránea, una de sus fuentes de contaminación es la gran cantidad de basureros en áreas de alta infiltración

- Plan de Acción Inmediata – La alta explotación de los pozos hace que la calidad del agua vaya disminuyendo progresivamente. Existen pozos cuyos índices de calidad no superan los controles y es necesario diluir las aguas extraídas de los mismos.
- Sistema Cutzamala – Algunas de las presas que forman el sistema sufren contaminación, a través de vertidos incontrolados y debido a la erosión hídrica del terreno que arrastra los agentes contaminantes presentes en el terreno como por ejemplo fertilizantes o insecticidas, y además provoca el azolve de las presas.
- Extracciones de aguas subterráneas en la ZMVM – El gran número de pozos existente en la ZMVM supone un gran volumen de extracciones de agua subterránea. Esta elevada presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico conlleva que cada vez sea necesario extraer agua de mayor profundidad. Esta última circunstancia, unida a la alta densidad de pozos provocan una disminución de la calidad.
- Aguas residuales en la subregión de Tula – El elevado volumen de aguas residuales que circulan por los ríos y se almacenan en los embalses en esta región, no solo supone una contaminación de las aguas superficiales, sino que, debido a las infiltraciones y el alto grado de contaminación de las aguas superficiales, las aguas subterráneas sufren contaminación fundamentalmente por infiltración.

Es necesario establecer controles de calidad del agua, ya que ciertos contaminantes pueden requerir procesos de tratamiento de otro nivel al tratarse de agua que ha sido contaminada por diferentes agentes. Del mismo modo, la contaminación de las fuentes de abastecimiento debe ser controlada de forma preventiva, ya que impedir la contaminación en primera instancia evita la necesidad de tratar el agua de manera más exhaustiva, así como problemas de salud al no hacerlo.

Por otra parte, se ha visto que la erosión hídrica es un factor importante en la contaminación de los embalses y azolve de los mismos, las medidas de forestación en las zonas de captación evitarán estos problemas y adicionalmente mejorarán la infiltración. Asimismo, la puesta en práctica de códigos de buenas prácticas agrarias también reduciría la posible eutrofización de embalses.

Finalmente, el tratamiento de un mayor volumen de aguas residuales disminuirá la afección de éstas a otros cuerpos de agua “limpia”. Asimismo, esto permitirá destinar agua regenerada a usos como el regadío, liberando fuentes que actualmente emplean, como es el caso del acuí-

fero.

### **Discontinuidades en el servicio**

Las intermitencias en el servicio suponen otra importante consecuencia principalmente relacionada con la calidad. Una toma de agua domiciliaria es uno de los modos más seguros y eficientes de controlar la calidad del agua. Sin embargo, a pesar de la existencia de redes de distribución, las intermitencias en el servicio o la reducción del suministro generan la contaminación del agua. La caída de presión que supone la interrupción o reducción del servicio, puede dar lugar a la absorción de cualquier líquido o sustancia contaminante que se encuentre en las inmediaciones de la tubería y se introduzca en ésta mediante cualquier orificio existente.

Por otra parte, como ya se ha visto, no todas las personas están conectadas a una red doméstica, si no que extraen el agua directamente de pozos o de fuentes de aguas superficiales. Estas fuentes en muchos casos pueden ser inseguras y haber sido contaminadas, entre otros, por vertidos industriales, residuos agrícolas o aguas fecales.

Asimismo, tanto las intermitencias como la ausencia de tomas domiciliarias, obligan a los usuarios a almacenar agua, de tal manera que si el almacenamiento no se realiza de forma correcta, el agua se puede ver contaminada.

### **4.2.3 Accesibilidad**

#### **Cobertura de la red de distribución**

Existe un 3.3 % de la población que no dispone de acceso al agua potable. De la población con acceso a agua potable el 1.6 % lo hace por acarreo y el 18.5% tiene una toma dentro del terreno.

Las cifras presentadas anteriormente indican que una parte importante de la población tiene que desplazarse para tener acceso al agua, y para disponer de ella en sus hogares deben acarrearla y almacenarla, con los problemas de calidad que ello conlleva.

Además en los nuevos desarrollos urbanos, no se tiene en cuenta la planificación de desarrollo de la red de distribución y en muchas ocasiones no existen tomas hasta dichas ubicaciones.

Las consecuencias de no disponer de servicio de agua potable derivados de los problemas de calidad tratados anteriormente, pueden generar problemas de salud. El uso de agua es fundamental en la vida diaria de las personas y comprende el consumo, la preparación de alimentos, la higiene personal y doméstica y el lavado de ropa. La ausencia de agua potable de calidad, para cubrir cualquiera de estas actividades cotidianas puede conllevar riesgos para la salud. Asimismo, acarrear agua para cubrir las necesidades diarias de un hogar supone un gran esfuerzo físico, que normalmente deriva en descuidar algunos aspectos de los mencionados

anteriormente.

Se plantea actualmente, el objetivo de dotar de un servicio universal a la población para lo cual, los tres órdenes de gobierno mediante sus respectivas administraciones, llevarán a cabo programas y proyectos para beneficiar a un volumen importante de la población. Sin embargo, es necesaria la coordinación y el compromiso suficiente para que el objetivo sea alcanzable.

Las inversiones necesarias hasta 2030, en términos de abastecimiento de agua potable en zonas urbanas y rurales, para lograr el servicio universal, se presentan en la siguiente tabla.

Programa de Inversión por sector en el Eje. Cobertura de abastecimiento									
Célula	Sector	Impacto por sexenio (hab)				Inversión total (millones de pesos)			
		2012	2018	2024	2030	2012	2018	2024	2030
Valle de México_DF	Agua potable zona urbana	35 354	212 126	212 126	212 126	93.2	559.2	559.2	559.2
	Agua potable zona rural	1 561	9 368	9 368	9 368	3.4	20.3	20.3	20.3
	Total	36 915	221 494	221 494	221 494	96.6	579.5	579.5	579.5
Valle de México_Mex	Agua potable zona urbana	206 761	1 240 563	1 240 563	1 240 563	545.4	3 272.7	3 272.7	3 272.7
	Agua potable zona rural	8 608	51 645	51 645	51 645	17.8	106.8	106.8	106.8
	Total	215 369	1 292 208	1 292 208	1 292 208	563.2	3 379.5	3 379.5	3 379.5
Valle de México_Hgo	Agua potable zona urbana	15 222	91 335	91 335	91 335	47.5	283.8	283.8	283.8
	Agua potable zona rural	1 293	7 756	7 756	7 756	6.7	40.5	40.5	40.5
	Total	16 515	99 091	99 091	99 091	54.2	324.3	324.3	324.3
Valle de México_Tlax	Agua potable zona urbana	959	5 755	5 755	5 755	2.9	17.6	17.6	17.6
	Agua potable zona rural	73	438	438	438	1.1	6.8	6.8	6.8
	Total	1 032	6 193	6 193	6 193	4	24.4	24.4	24.4
<b>Subtotal Subregión Valle de México</b>		<b>269 831</b>	<b>1 618 986</b>	<b>1 618 986</b>	<b>1 618 986</b>	<b>718</b>	<b>4 307.7</b>	<b>4 307.7</b>	<b>4 307.7</b>
Tula_Mex	Agua potable zona urbana	3 631	21 787	21 787	21 787	13.3	79.6	79.6	79.6
	Agua potable zona rural	3 307	19 839	19 839	19 839	8.1	48.7	48.7	48.7
	Total	6 938	41 626	41 626	41 626	21.4	128.3	128.3	128.3

Programa de Inversión por sector en el Eje. Cobertura de abastecimiento									
Célula	Sector	Impacto por sexenio (hab)				Inversión total (millones de pesos)			
		2012	2018	2024	2030	2012	2018	2024	2030
Tula_Hgo	Agua potable zona urbana	4 750	28 497	28 497	28 497	16.3	97.7	97.7	97.7
	Agua potable zona rural	2 395	14 368	14 368	14 368	9.7	58.2	58.2	58.2
	Total	7 145	42 865	42 865	42 865	26	155.9	155.9	155.9
Subtotal Subregión tula		14 083	84 491	84 491	84 491	47.4	284.2	284.2	284.2
Total zona urbana		266 677	1 600 063	1 600 063	1 600 063	718.6	4 310.6	4 310.6	4 310.6
Total zonas rurales		17 237	103 414	103 414	103 414	46.8	281.3	281.3	281.3
Total del eje		283 914	1 703 477	1 703 477	1 703 477	765.4	4 591.9	4 591.9	4 591.9

Tabla 60: Programa de inversión. Cobertura de abastecimiento.

### Conflictos Sociales

El acceso al agua es con frecuencia fuente de conflictos sociales. En ocasiones lo que supone abastecimiento para una parte de la población redonda en falta de acceso al agua para otros.

Un ejemplo muy ilustrativo de lo anterior es el caso del Sistema Cutzamala, donde los conflictos sociales tienen su origen en la escasez de agua para las poblaciones situadas en las zonas de captación del sistema. Se estima que en la zona de la presa de Villa Victoria, 8 de cada 10 familias no cuentan con agua en el domicilio y el agua que se toma es de mala calidad. Por ejemplo, en la zona de Mazahua, las demandas no cumplidas por las autoridades llevaron a la toma de la potabilizadora Los Berros. Esta situación es cuanto menos paradójica, por una parte se construyen infraestructuras hidráulicas de altísimos costos para abastecer de agua potable a otra cuenca, mientras que la población de esa subcuenca carece de acceso al agua potable.

Los asentamientos humanos irregulares en las cercanías de los embalses motivados por la cercanía al agua del embalse y acceso al agua, dificultan la capacidad de operación y almacenamiento de los mismos. Estos asentamientos se presentan en las presas de Valle de Bravo, El Bosque, Colorines, Tuxpan e Ixtapan del Oro. Este problema por una parte supone un riesgo para las poblaciones que se asientan en dichas zonas y por otra parte disminuye la capacidad de almacenamiento del embalse.

#### 4.2.4 Asequibilidad

Puesto que el agua es un derecho, debe ser asequible para todas las personas, ninguna persona debe verse privada de agua por no poder pagar. Esto no quiere decir que el agua deba ser gratuita, pero no debe suponer una carga para el presupuesto familiar. El acceso al agua no

debería suponer más de un 3% de la renta del hogar según la ONU.

En el Valle de México la situación es compleja, la disponibilidad de agua de las distintas fuentes existentes no es suficiente y es necesario importar agua de otras cuencas y extraerla del subsuelo.

La importación y extracción necesitan mecanismos de bombeo para hacer llegar el recurso hídrico a su destino. Estas operaciones de bombeo generalmente suponen un gran consumo energético, lo que conlleva un encarecimiento del agua únicamente en el transporte del mismo.



Figura 84: Trabajos al interior de una de las plantas de bombeo del sistema Cutzamala.

Fuente: CONAGUA.

El Sistema Cutzamala salva un desnivel de 1100m hasta elevarlo a una altitud aproximada de 2700 msnm, esta operación es realizada mediante plantas de bombeo. Del mismo modo el PAI emplea estaciones de bombeo para la extracción y distribución del agua. El gasto energético en los sistemas Cutzamala y PAI es enorme, y los costos de la energía necesarios para operar el sistema suponen el 79% y el 77% respectivamente del coste total de operación. Esto hace pensar que el desarrollo de medidas de eficiencia energética y de autosuficiencia puedan suponer una importante reducción en los costos de operación y, por tanto, de los servicios.

La controversia se produce cuando el coste del agua no es asequible para las familias, pero tampoco cubre los costos de operación y mantenimiento.

Por otra parte, las grandes infraestructuras y en el presente caso de estudio, las infraestructuras hidráulicas, son sistemas que necesitan de una gran inversión para su construcción, mantenimiento y operación. Estas instalaciones, requieren de una gestión centralizada y autosuficiente para ser sostenibles financieramente, tal como manifiestan la mayoría de entrevistados. La gran cantidad de operadores, y gestores del agua tanto federales, como estatales y municipales, dificultan una gestión centralizada, la solidaridad de las zonas más rentables respecto a las que lo son menos, y la sostenibilidad de las infraestructuras.

#### 4.2.5 Conclusiones

La problemática en temas de abastecimiento en el Valle de México, así como su complejidad, es enorme. Como se ha visto cada uno de los problemas enunciados no es una dificultad aislada, sino que tiene influencia sobre otros muchos aspectos. Por ejemplo, donde aparentemente existe un problema de disponibilidad, se ha visto como éste a su vez afecta de manera directa a la calidad o a la accesibilidad. Es importante darse cuenta que esta problemática, tan compleja y tan interrelacionada, no puede ser tratada de manera individual, por tanto deben buscarse soluciones desde un punto de vista global. Esto es algo sobre lo que los entrevistados para este estudio llegan a cierto consenso.

Comenzando con el crecimiento urbano, se ha visto que las políticas de desarrollo urbano y políticas hídricas no se han integrado bien y el crecimiento ha sido independiente y desordenado por parte de ambos aspectos. Sin embargo, es lógico pensar que estos desarrollos deben estar interrelacionados y evolucionar en paralelo. Uno de los objetivos clave debe ser abastecer a la población de forma continua y mediante una toma domiciliaria, y evitar así el acceso al agua por acarreo.

El abastecimiento a la ZMVM depende directamente de sistemas externos y de las extracciones de aguas subterráneas, que ya de por sí están sobreexplotadas. Las fuentes de abastecimiento sufren episodios de contaminación que es importante controlar y evitar. En este aspecto, cortes en las fuentes de abastecimiento debidos a colapsos en las mismas o acciones de

mantenimiento supondrán cortes en el abastecimiento a la zona metropolitana.

En lo referente a las pérdidas, es patente el alto porcentaje de pérdidas existente en las redes, se trata de un problema del que se es consciente, pero a su vez es difícil de identificar y medir, debido a la ausencia generalizada de aparatos de medición. La medición de volúmenes, tanto los que circulan por los sistemas de distribución como los que llegan al usuario final, son aspectos cruciales para llevar una correcta gestión del recurso.

### 4.3 Saneamiento y reúso de agua

El Valle de México se enfrenta a una condición sumamente delicada: sobreexplotación de mantos acuíferos, insuficiente capacidad de drenaje, emisión de aguas negras, de las que sólo se sana un 10%, y poca conciencia de ahorro y uso eficiente del recurso.

El tratamiento de agua es, sin duda, un concepto necesario desde el punto de vista primario de salud, desde el punto de vista evolutivo, desde el punto de vista de producción económica y de eficiencia física.



Figura 85: Contaminación del recurso hídrico.

Fuente: CONAGUA.

Se desarrolla el diagnóstico de este aspecto en tres partes:

- Se comentan las deficiencias y posibles soluciones que presenta la infraestructura de sa-

neamiento en su conjunto, y de manera particular las grandes obras de drenaje y plantas de bombeo, así como las plantas de tratamiento de aguas residuales.

- Se analiza el aprovechamiento que se obtiene de las aguas residuales en la región del Valle de México.
- Se analizan las peculiaridades de la gestión y las posibles medidas para mitigarlos.

#### **4.3.1 Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales**

Se tratan a continuación las infraestructuras asociadas al desalojo y tratamiento de las aguas residuales generadas en la Región del Valle de México.

La finalidad de la compleja red de drenaje que opera en la ciudad es desalojar el agua de una cuenca hidrológica cerrada en su origen, formada por una zona lacustre con baja pendiente e impermeable y cuya estructura consta de cuatro salidas artificiales, además de una red de drenaje primaria de tipo combinado para la conducción de agua residual y pluvial mediante colectores; y una red secundaria conformada por sistemas de atarjeas que recolectan las aguas residuales y pluviales provenientes de las descargas domiciliarias.

Por otra parte, no solamente se va a diagnosticar la recogida del agua residual, muy relacionada con la de drenaje de aguas pluviales, sino también las infraestructuras existentes y necesarias para su tratamiento.

##### **4.3.1.1 Infraestructura de drenaje y bombeo**

A lo largo de la historia han sido desarrolladas importantes obras de drenaje que en su momento representaron una solución viable en la búsqueda de alternativas que permitieran el desalojo de las aguas residuales y pluviales fuera de la ciudad, sin embargo, con el paso del tiempo estos proyectos se han vuelto insuficientes para satisfacer la demanda de una población en constante crecimiento.

El Sistema de Drenaje Profundo ha estado operando de manera permanente desde su construcción hasta la actualidad, omitiéndose acciones de supervisión que permitieran detectar afectaciones en su interior, provocadas en gran medida por la corrosión de los materiales debido a la conducción de aguas negras.

Como se comentó en el apartado 4.2, las tuberías de agua potable deben modernizarse, pues por sus fisuras se fuga un porcentaje considerable del caudal que conducen. Igual de importantes son las redes de alcantarillado sanitario, que deben reponerse cada vez que agotan su vida útil, y es en esa situación en la que se encuentra buena parte de la infraestructura como así han señalado los entrevistados.

Las fugas existentes en las canalizaciones de drenaje, son generalmente producidas por falta

de mantenimiento y por el transporte de aguas residuales, las cuales propician un deterioro más rápido de la infraestructura. Estas pérdidas deben ser tenidas en cuenta, puesto que se filtran directamente al acuífero y pueden contaminar aguas subterráneas que se emplean fundamentalmente para el abastecimiento. Estas fugas, además contaminan el entorno de las tuberías y pueden contaminar otras fuentes o tuberías de abastecimiento, lo que supone un problema en cuanto a la calidad del agua potable.

Los mantenimientos deben determinar un posible aumento del coeficiente de rugosidad y la disminución de la capacidad de conducción de numerosos colectores, además de afectaciones como son filtraciones, exposición del acero y corrosión del concreto, que si bien pueden no representar un riesgo de colapso inmediato, requerirán de una rápida atención para subsanar dichos fallos.

Aunque en los últimos años se inició un proceso de reposición de tuberías de drenaje y alcantarillado, éste debe incrementar su ritmo de manera considerable en un futuro cercano<sup>36</sup>.



Figura 86: Labores de mantenimiento y reparación en el Túnel Emisor Central.

Fuente: 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. SACMEX.

<sup>36</sup> En cinco etapas se han rehabilitado 48.5 kilómetros de túneles del Drenaje Profundo, con una inversión de 1 643 millones de pesos en el periodo 2007–2012.

Se deben tratar de reducir en todo lo posible los costos y tiempos de ejecución de los mantenimientos realizados a la infraestructura de drenaje y saneamiento de la región, sobre todo de la zona metropolitana, por ser la que más daños sufre debido a los residuos y gases tóxicos que traslada en su interior.

Para mejorar la infraestructura de alcantarillado y drenaje de aguas negras, la primera fase debe contemplar en primera instancia la detección de las deficiencias en el interior de la tubería. Para ello, es recomendable aprovechar las ventajas de las nuevas tecnologías, como puede ser el uso de sistemas móviles computarizados con cámara de vídeo, que permiten elaborar un diagnóstico confiable y oportuno del estado físico y de los obstáculos presentes a lo largo del colector.

En ciertas zonas del Distrito Federal ya se ha aplicado un novedoso proceso denominado curado en sitio, el cual consiste en la reparación de la tubería a través de un tubo flexible conocido como “manga”, elaborado a base de felpa con resinas de poliéster que posee propiedades de adherencia y solidificación, lo que permite recubrir de manera firme el interior del ducto proporcionándole un nuevo grosor, un menor coeficiente de fricción, mayor resistencia, flexibilidad, y por ende, una mayor vida útil.

Con este proceso y otros como la tecnología sin zanja, se produce una reducción en tiempos y costos al no ser necesario excavar las vías públicas, lo cual se traduce en un beneficio directo para la población que habita o transita en esa zona, y reduce de forma notable las molestias que generan este tipo de obras en calles con alto tránsito de vehículos.

En cuanto a las Plantas de Bombeo, por la gran importancia que tienen, deben ser objeto del mantenimiento, sustitución o reparación requerido, cosa que es fundamental para su eficiencia, tanto operativa como energética.

Y en base a eso, se destinaron cerca de 2 307 millones de pesos a la construcción de 15 plantas de bombeo de aguas negras y para la rehabilitación de 53 más, destacando entre los nuevos proyectos las tres plantas siguientes, que acumulan una capacidad conjunta de 9.55 m<sup>3</sup>/s:

- El Rosario en la delegación Azcapotzalco.
- Indeco–Laguna en la delegación Iztapalapa.
- La Gitana y Tepantitlamilco en la delegación Tláhuac.

De aquellas que han sido rehabilitadas pueden mencionarse las plantas de bombeo Gran Canal, Casa Colorada, Canal de Sales y Vaso el Cristo, cuyos trabajos fueron realizados en coordinación con el Gobierno del Distrito Federal y los Gobiernos Federal y del Estado de México, permitiendo incrementar en 50 metros cúbicos por segundo la capacidad del Gran Canal, así como aumentar la capacidad de regulación en el poniente y facilitar el aislamiento del Emisor

Central para su mantenimiento y reparación, disminuyendo el riesgo de inundaciones y posibles afectaciones.

Como ocurre con la mayoría de infraestructuras del Valle, las actuaciones deben ser coordinadas para conseguir el éxito perseguido.



Figura 87: Bombeo de aguas residuales.

Fuente: CONAGUA

Por otra parte, en cuanto a la cobertura del alcantarillado, es necesario realizar esfuerzos para su extensión, sobre todo en las zonas rurales. En el horizonte del año 2030 están previstas inversiones de los tres niveles de la administración con este objetivo, pero que todavía están por concretar y por financiar. El volumen de inversión se indica en la tabla siguiente.

Programa de Inversión por sector en el Eje de cobertura de alcantarillado									
Célula	Sector	Impacto por sexenio (hab)				Inversión total (millones de pesos)			
		2012	2018	2024	2030	2012	2018	2024	2030
Valle de México_DF	Alcantarillado zona urbana	31 828	190 965	190 965	190 965	38,8	232,9	232,9	232,9
	Alcantarillado zona rural	1 863	11 179	11 179	11 179	2,8	17,1	17,1	17,1
	Total	33 691	202 144	202 144	202 144	41,6	250	250	250
Valle de México_Mex	Alcantarillado zona urbana	198 840	1 193 037	1 193 037	1 193 037	243,3	1 460,1	1 460,1	1 460,1
	Alcantarillado zona rural	17 062	102 371	102 371	102 371	21	126	126	126
	Total	215 902	1 295 408	1 295 408	1 295 408	264,3	1 586,1	1 586,1	1 586,1
Valle de México_Hgo	Alcantarillado zona urbana	15 204	91 223	91 223	91 223	22,9	137,4	137,4	137,4
	Alcantarillado zona rural	6 076	36 455	36 455	36 455	6	36,1	36,1	36,1
	Total	21 280	127 678	127 678	127 678	28,9	173,5	173,5	173,5
Valle de México_Tlax	Alcantarillado zona urbana	980	5 883	5 883	5 883	1,4	8,7	8,7	8,7
	Alcantarillado zona rural	407	2 440	2 440	2 440	0,3	1,8	1,8	1,8
	Total	1 387	8 323	8 323	8 323	1,7	10,5	10,5	10,5
<b>Subtotal Subregión Valle de México</b>		<b>272 260</b>	<b>1 633 553</b>	<b>1 633 553</b>	<b>1 633 553</b>	<b>336,5</b>	<b>2 020,1</b>	<b>2 020,1</b>	<b>2 020,1</b>
Tula_Mex	Alcantarillado zona urbana	5 027	30 165	30 165	30 165	9,1	54,5	54,5	54,5
	Alcantarillado zona rural	35 178	211 065	211 065	211 065	28,7	172,5	172,5	172,5
	Total	40 205	241 230	241 230	241 230	37,8	227	227	227
Tula_Hgo	Alcantarillado zona urbana	5 273	31 636	31 636	31 636	9	53,9	53,9	53,9
	Alcantarillado zona rural	25 204	151 223	151 223	151 223	19,6	117,7	117,7	117,7
	Total	30 477	182 859	182 859	182 859	28,6	171,6	171,6	171,6
<b>Subtotal Subregión tula</b>		<b>70 682</b>	<b>424 089</b>	<b>424 089</b>	<b>424 089</b>	<b>66,4</b>	<b>398,6</b>	<b>398,6</b>	<b>398,6</b>
<b>Total zona urbana</b>		<b>257 152</b>	<b>1 542 909</b>	<b>1 542 909</b>	<b>1 542 909</b>	<b>324,5</b>	<b>1 947,5</b>	<b>1 947,5</b>	<b>1 947,5</b>
<b>Total zonas rurales</b>		<b>85 790</b>	<b>514 733</b>	<b>514 733</b>	<b>514 733</b>	<b>78,4</b>	<b>471,2</b>	<b>471,2</b>	<b>471,2</b>
<b>Total del eje</b>		<b>342 942</b>	<b>2 057 642</b>	<b>2 057 642</b>	<b>2 057 642</b>	<b>402,9</b>	<b>2 418,7</b>	<b>2 418,7</b>	<b>2 418,7</b>

Tabla 61: Inversiones en el horizonte 2030 para ampliar la cobertura de alcantarillado.

#### 4.3.1.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales

Como ya se ha descrito en el apartado 3.8, de los aproximadamente 1 900 hm<sup>3</sup>/año de aguas residuales generadas en la región del Valle de México, tan solo un 10% del agua que discurre por los colectores es tratada en las 102 plantas existentes en la actualidad.

Por tanto, el aumento de las plantas de tratamiento debe ser una prioridad, pero también la mejora de la eficiencia de las plantas instaladas, pues solamente se aprovecha el 56% de su capacidad instalada, lo que puede ser debido a un sobredimensionamiento en el momento de la planeación o a la falta de medios para su operación.

Esta deficiencia de capacidad de tratamiento es conocida, así hay nuevas plantas en proyecto y, por ejemplo, está en construcción la planta más grande del país y de América Latina en el municipio de Atotonilco de Tula, Hidalgo. Esta planta, cuya primer línea ya está finalizada, tendrá capacidad para tratar 23 m<sup>3</sup>/s durante el estiaje (mediante proceso convencional) y un módulo adicional (mediante proceso físico-químico) para tratar 12 metros cúbicos por segundo en época de lluvias<sup>37</sup>.

Aunque en el Distrito Federal se cuenta con 25 plantas de tratamiento donde destaca la Cerro de la Estrella, con capacidad de unos 5 000 litros por segundo, en el conjunto de las mismas se procesa tan solo el 6%<sup>38</sup> del volumen de aguas residuales descargadas por la capital del país. Para el resto se requiere de la construcción de plantas con carácter metropolitano, debido a que se deberán procesar no sólo aguas descargadas por el Distrito Federal sino también por los municipios conurbados del Estado de México.

---

<sup>37</sup> Según cita de Rafael Bernardo Carmona Paredes, Gerente de Coordinación Técnica en la Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México, una vez esté concluida esta obra, se tratará entre un 65-70% de las aguas residuales generadas en la zona urbana.

<sup>38</sup> Este porcentaje es del 14% según la publicación "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. SACMEX, 2012".



Figura 88: Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella.

Fuente: 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. SACMEX.

En ese sentido, las plantas metropolitanas que procesarán aguas de las dos entidades y que se tienen consideradas en el Plan Hídrico del Valle de México que elaboró la CONAGUA, son la ya nombrada de Atotonilco; Vaso El Cristo, con capacidad programada de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ; El Caracol con capacidad de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , la cual también ya inició su construcción, y finalmente la planta Nextlalpan que todavía se encuentra en estudio debido a que se requiere también tratar aguas de los municipios ubicados al norte del Valle de México.

Otras plantas contempladas en el Plan Hídrico del Valle de México, pero que atenderán caudales exclusivamente de municipios mexicanos son Berriozábal de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , Zumpango de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  y del orden de una decena de plantas municipales para procesar sus descargas sobre el Gran Canal.

Con el aumento del volumen de agua residual tratada en el Valle de México se conseguirán los siguientes avances:

- Proteger la Salud Pública y el Medio Ambiente. Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar

enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural.

- El Reúso del Agua Tratada. Existen actividades en las que no se requiere utilizar agua potable estrictamente y que se pueden realizar con agua tratada, sin ningún riesgo para la salud, tales como:
  - Riego de parcelas agrícolas y áreas verdes (glorietas, camellones, jardines, centro recreativos, parques, campos deportivos, etc)
  - Industriales y de servicios (lavado de patios y nave industrial, lavado de flota vehicular, sanitarios, intercambiadores de calor, calderas, cortinas de agua, etc.).

En este caso, la función del tratamiento de las aguas residuales será garantizar que no existirán efectos nocivos para la salud por entrar en contacto con el agua tratada en las actividades antes descritas. Este tipo de objetivos involucran tratamientos de mayor nivel, que generalmente involucran la implementación de las mejores tecnologías y las calidades logradas son casi tan buenas como las generadas para el agua potable.

En la mayoría de las plantas, tanto en proceso como programadas, el concepto de reúso está presente; el reto consiste en hacer realidad la sustitución de caudales y la cancelación de pozos que transfieren agua potable para riegos agrícolas. Se trata este tema con detalle en el siguiente punto.

#### 4.3.2 Reúso

El reúso del agua debe entenderse como la posibilidad de destinar el agua residual a otros usos una vez que ésta haya sido tratada y presente la calidad apropiada. Volver a usar las aguas residuales, sin tratar, para usos como el agrícola, debe ser una práctica a extinguir por los riesgos para la salud que conlleva, y en su lugar se deben reusar únicamente aguas tratadas previamente.

Por tanto, el reúso del agua supone tratarla primero y reutilizarla en usos que no requieren agua potable, siendo el objetivo aprovechar el agua cuantas veces sea posible antes de dejarla escurrir hacia aguas abajo, y depurarla cuando vaya a ser liberada a los cauces naturales. Sin embargo, existen ciertas limitaciones, ya que es necesaria inversión inicial, se requieren terrenos para construir las plantas de tratamiento, y es necesario adecuar la infraestructura a la localización de la planta.

Un aspecto importante relativo al tratamiento y reúso, es establecer índices de calidad, según el uso final que se le vaya a dar a las aguas tratadas. El control de la calidad del agua tratada mediante índices, permite asegurar la calidad objetivo del agua tratada y destinar éstas al uso

adecuado en función de su calidad. Lo anterior favorece la optimización del ciclo completo del proceso de tratamiento, ya que no se emplean aguas de mayor calidad en usos que requieren menor. A pesar de que el objetivo inicial debe ser tratar la mayor cantidad de aguas residuales, dada la situación actual, una buena planificación en la asignación de aguas tratadas mediante la gestión de las calidades es fundamental.

En la zona sur del Valle de México, es poco el volumen que puede reusarse porque el drenaje de aguas residuales va en dirección norte, en donde se puede tratar un volumen superior. En caso de planear el reúso en el sur, el agua debería ser bombeada de vuelta y se incrementarían los costos de operación.

En la zona norte del Valle de México, se está construyendo una planta de tratamiento, denominada planta de Atotonilco, se encuentra localizada en el municipio de Atotonilco de Tula, punto de descarga de las aguas negras procedentes de la subregión del Valle de México. Este punto a su vez, se puede considerar el comienzo de los distritos de riego de la región. Por tanto, será posible el aprovechamiento de las aguas tratadas. Actualmente en esta región, se emplean para riego las aguas negras directamente sin tratar.

Es el caso de las aguas residuales que se acumulan finalmente en la presa de Endhó. Las aguas de esta presa, según análisis realizados<sup>39</sup> contienen cianuros, detergentes, grasas, aceites, nitritos, nitratos, fosfatos, coliformes fecales y metales pesados, entre ellos plomo y mercurio, en cantidades que superan las estipuladas por las normas oficiales. Esto supone un problema tanto para los habitantes de la región como para todos los consumidores de los productos cultivados en la región. Estudios realizados<sup>40</sup> concluyeron la existencia de metales pesados como cadmio y cromo en las tierras y en los cultivos.

La planta de Atotonilco será de gran beneficio para los habitantes locales, ya que posibilitará emplear agua tratada, libre de contaminantes, en la agricultura y mejorará las condiciones sanitarias de la población, además de permitir la tecnificación de los regadíos y ampliar el espectro de cultivos que podrán ser producidos.

---

<sup>39</sup> Laboratorios ABC y Química de Investigación y Análisis, 2008.

<sup>40</sup> TREJO, Amparo s.f. "La presa de oro negro", en DIASIETE.COM, 7-8-2008.



Figura 89: Vista panorámica de avance de obras de la PTAR Atotonilco.

Fuente: CONAGUA.

El agua tratada se distribuirá principalmente a través de dos canales: el Canal Salto Tlamaco para uso agrícola y el Río El Salto del cual se realizarán captaciones para algunos canales de riego, en particular el Canal Viejo Requena, cuyos excedentes se descargan en la presa Endhó. Con el procesamiento de las aguas residuales se favorecerá positivamente a 700 000 personas del Valle del Mezquital, de las cuales 300 000 habitan en zonas de riego.

Sin embargo, las estrategias para fomentar el reúso del agua parece que no han tenido el éxito deseado, puesto que existe todavía una barrera cultural e incluso ideológica para su empleo, ya que se “habla muy fácilmente del reúso y venta de agua tratada, pero son pocos los casos en que se logra comercializarla<sup>41</sup>”. Con el apoyo de campañas adecuadas, garantizando que los procesos de tratamiento sean eficientes e incrementando las redes de distribución seguramente se podrá incrementar el reúso en la ciudad.

---

<sup>41</sup> Francisco Muñiz Pereyra - Presidente de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, ANEAS.

No obstante, es importante incrementar el volumen de agua tratada ya que conlleva, entre otras, las siguientes ventajas:

- Menor presión sobre los acuíferos – Actualmente se realizan extracciones de agua del subsuelo y se destinan a diferentes usos. Esto supone un problema, puesto que las aguas subterráneas que se caracterizan por tener una mayor calidad y ser aptas para el abastecimiento, tras un proceso de potabilización, se destinan al riego y a otros usos, que no requieren de semejante calidad. El empleo de aguas tratadas para usos agrícolas e industriales por ejemplo, liberará una gran presión sobre el recurso hídrico subterráneo.
- Mejor calidad para el agua de riego – Actualmente, es fundamental darse cuenta de que emplear aguas residuales para el uso agrícola supone un riesgo importante para la salud. Las aguas residuales deben ser tratadas y controladas, para ser empleadas para riego u otros usos.
- Disminución de la contaminación de las masas de agua – Las aguas residuales de una u otra forma van a parar a los ríos y embalses, asimismo mediante las filtraciones, pueden contaminar las aguas subterráneas y en general las fuentes de abastecimiento. La única forma de recuperar el entorno natural y el medio ambiente, es mediante el tratamiento del agua, evitando los vertidos que no cumplan unos mínimos de calidad.
- Para un mejor aprovechamiento del agua residual en el Valle de México, una vía puede ser tratarla para la recarga del acuífero, práctica que ya se utiliza en ciudades africanas, americanas y europeas. Una de las principales ventajas de reusar las aguas residuales tratadas es que, a diferencia del agua de lluvia, el volumen es mucho más constante y con ello el funcionamiento de la infraestructura es mucho más eficiente y rentable.

### 4.3.3 Gestión

En lo que compete a la gestión de las aguas residuales, existen varios Organismos Operadores involucrados, tanto estatales como municipales:

- Existen 3 organismos estatales (SACMEX, CAEM y CEA): Encargados de prestar los servicios públicos de drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización, así como coordinar a los municipios y el Estado, y a éste y la Federación.
- Existen 41 organismos que atienden los servicios de alcantarillado y saneamiento y que poseen las competencias en el tema de aguas residuales para cada uno de los municipios.

Por otra parte, y reflejando el hecho de la importancia que posee la correcta gestión de las aguas residuales, en el Consejo de Cuenca del Valle de México existe un Grupo Especializado

de Saneamiento<sup>42</sup>, instaurado en 1997 y que está coordinado por SACMEX para alcanzar los siguientes objetivos:

- Lograr la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua superficial y del subsuelo.
- Establecer el programa de estudios, proyectos, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura que se requiera en el contexto de un saneamiento integral de la cuenca.

La presencia de este Grupo Especializado no parece ser suficiente en relación a la gestión que las aguas residuales requieren en la región, por lo que puede ser necesario pensar en otras alternativas; por ejemplo, una gestión conjunta de los servicios públicos del agua, que lograría un desarrollo más equilibrado en lo que a saneamiento de aguas se refiere, lográndose una autosuficiencia técnica, administrativa y financiera.

#### **Crecimiento urbano descontrolado**

Cabe mencionar aquí que ninguna medida que se lleve a cabo será útil si no se detiene el proceso de urbanización desmedido y se aplica un riguroso reordenamiento territorial.

El desarrollo o la existencia de la red de alcantarillado público deben ser considerados en la autorización de desarrollos urbanísticos, análogamente a como debería ser tenido en cuenta el servicio de abastecimiento. Una correcta planificación del servicio de alcantarillado que se anticipe al crecimiento urbano, valorando capacidades de drenaje existentes, cobertura de la red, etc., es un factor clave en lo que se refiere a crecimiento urbanístico ordenado y sostenible. Asimismo, la planificación del alcantarillado y del servicio de abastecimiento debe ser estudiada y autorizada en paralelo, como así lo son las concesiones de uso y descarga.

Los asentamientos ilegales son un factor reseñable en el tema del saneamiento. No disponen de servicio de saneamiento por lo que los residuos que generan van a ríos, grietas, barrancas, etc. Y estos a su vez acaban contaminando las distintas fuentes de abastecimiento, ya sean superficiales o subterráneas.

El tema de las descargas ilegales debe tomarse muy en cuenta por los riesgos que ello conlleva. En primer lugar, las descargas ilegales y descontroladas suponen la contaminación de fuentes subterráneas y superficiales, que necesitarán, por tanto, procesos de tratamiento según el uso al que se destinen, y pueden suponer problemas para la salud, dada la gran cantidad de pozos que extraen agua del subsuelo. Otro aspecto importante, es la saturación de las fuentes

---

<sup>42</sup> Es este un grupo creado con la finalidad de desahogar la agenda de trabajo del Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM), y que se organiza conforme a los requerimientos de los programas de actividades del Consejo.

de drenaje, debido a las conexiones de descargas ilegales. Lo anterior dificulta la gestión de las infraestructuras de drenaje, en el sentido de que éstas se encuentran trabajando con una carga mayor que la estimada, por lo que nuevas concesiones de descarga podrían implicar mayor carga para las infraestructuras. Asimismo, las aguas pluviales pueden llegar a desbordar los sistemas de drenaje, produciendo inundaciones que además serían de aguas residuales. Un ejemplo de lo anterior fueron las inundaciones del Valle Dorado.

Es decir, el otorgamiento de derechos y concesiones de descarga de agua residual deberá ir ligado íntimamente a los derechos y concesiones de agua potable en los nuevos asentamientos que se produzcan. De no ser así, se estará fomentando el desalojo de aguas negras mediante métodos de grave impacto ambiental y salubre, que deben ser erradicados de manera progresiva.

#### 4.3.4 Conclusiones

Se requiere con cierta urgencia una infraestructura capaz de desalojar de manera independiente aguas residuales y pluviales, ya que hasta ahora ambas discurren por las mismas canalizaciones. A este respecto, es relevante considerar la “variable” del cambio climático como condicionante en eventos extremos a la hora de desalojar aguas residuales y pluviales. Los ciclos pluviales no son constantes y presentan cambios en el tiempo. El cambio climático actual, acentúa especialmente esos cambios. Este hecho debe ser tenido en cuenta, y se tiene que asumir que estos cambios suponen cada vez más un riesgo para la población.

Es importante desarrollar o contemplar medidas o incluso infraestructuras capaces de aprovechar las aguas pluviales. Actualmente, la infraestructura para desalojar aguas residuales y pluviales es la misma, lo que genera riesgo de inundaciones durante la época de lluvias. La alternativa consistente en redes independientes, o metodologías para aprovechar el agua pluvial, de modo que, al mismo tiempo que se reduce el riesgo de inundación, se libera presión sobre las fuentes de abastecimiento, al ser éstas sustituidas por el aprovechamiento que se hace de las aguas pluviales.

Otro aspecto relevante para evitar saturaciones en las redes y mejorar la calidad del recurso es el control de las descargas ilegales, que debe ser un aspecto prioritario al que deben dedicarse recursos y medidas de concienciación y disuasión.

El mantenimiento periódico del sistema de desalojo de aguas negras permitirá reducir las fugas, que en su mayoría van a parar a los acuíferos, contaminando el agua que será usada después en el abastecimiento de la población. Se debe tener en cuenta la vulnerabilidad del sistema de drenaje que presenta pérdidas debidas fundamentalmente a los hundimientos y a las sustancias corrosivas que transporta. Es por ese motivo, y con el objetivo de reducir la contaminación del acuífero, que se deben realizar acciones de mantenimiento preventivo y correc-

tivo.

Existe una gran necesidad de incrementar el tratamiento y el reúso, y de esta manera optimizar la utilización del recurso agua. Las aguas tratadas permiten hacer un reúso del agua seguro y sin riesgos para la salud. Al mismo tiempo, el volumen de agua empleada en el reúso se libera de la captada o extraída de las fuentes de abastecimiento, mejora, por tanto, la disponibilidad y la calidad del agua.

Una cuestión importante es el marco normativo en relación a la calidad del agua del reúso, así, deben definirse claramente los usos autorizados y la calidad requerida por el agua que se reutilice en cada uno de ellos.

Dada la situación actual, es vital y de suma importancia que se invierta en investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación para generar conocimiento, particularmente en el tema de reúso y recarga de acuíferos, y adicionalmente formar recursos humanos en la materia, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la disponibilidad del recurso hídrico.

Los temas tratados en este apartado, así como la problemática presentada, no pueden considerarse compartimentos estancos, sino que se encuentran muy relacionados, y las decisiones que se tomen en un aspecto van a influir inevitablemente en otro. Debe considerarse por tanto la posibilidad de una gestión centralizada en un organismo con visión global.

#### **4.4 Gestión de las aguas pluviales**

Como ya se ha descrito en el apartado 3.9 sobre inundaciones y medidas de mitigación, el crecimiento desordenado del área urbanizada y los hundimientos han complicado sobremanera el drenaje y la capacidad de conducción del sistema combinado de evacuación de aguas pluviales y residuales, agravando los problemas de inundaciones, sobre todo en la Zona Metropolitana del Valle de México, con enormes consecuencias económicas, políticas y sociales.

Por tanto, el hecho de haberse duplicado la población que habita la mancha urbana del Valle de México desde la década de 1970, con el consiguiente hundimiento de la ciudad, sumado a los descensos del volumen de agua desalojada debido al poco mantenimiento y reparación de las infraestructuras, hace que la ciudad de México esté sujeta a un riesgo muy alto de sufrir inundaciones graves, las cuales dependen, en gran medida, de la gestión que se realice sobre las aguas pluviales.

Como dato para comprender el riesgo existente en la Región, basta indicar que el Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación (CENAPRED), realizó una simulación tomando datos reales de lluvia de 2002 suponiendo un fallo operativo en el Emisor

Central. El resultado de la mencionada simulación fue la posibilidad de que se produjera una inundación<sup>43</sup> que afectaría a varias delegaciones.

Así pues, con todos estos antecedentes, se realiza el diagnóstico de la gestión de las aguas pluviales respecto a tres aspectos considerados clave:

- Infraestructura de drenaje.
- Hundimiento de la zona metropolitana.
- Gestión.

#### 4.4.1 Infraestructura de drenaje

La infraestructura de drenaje es clave para la gestión de las aguas pluviales, ya que de forma natural el Valle de México es una cuenca endorreica, con lo que tendería a acumular agua si no existiese un sistema de drenaje artificial.

Históricamente la infraestructura ha ido planteando problemas de desagüe, los cuales se han ido agravando durante todo el siglo XX y principios de éste, a medida que la Ciudad de México ha continuado aumentando sus áreas pavimentadas, produciéndose un incremento del coeficiente de escurrimiento, y requiriendo, como consecuencia, una mayor capacidad de drenaje.

Por otra parte, las perspectivas en el contexto actual de cambio climático ya descritas en este documento, no hacen prever un escenario más favorable, sino con fenómenos extremos de precipitación más frecuentes e intensos.

En este contexto es necesario plantear algunas medidas dirigidas a mejorar la prevención e infraestructura de drenaje y, consecuentemente, a disminuir significativamente el riesgo de inundación. Así, se proponen las siguientes líneas de actuación:

- Realización de inspecciones periódicas y obras de reparación del Emisor Central.
- Aumento de la sección de las tuberías que evacuan el agua fuera de la Ciudad de México.
- Realización de las derivaciones necesarias de agua almacenada en los diferentes vasos hacia el Emisor Poniente.
- Aumento y mejora de las plantas de bombeo. Existen ya tres proyectos programados (Casa Colorada Profunda, La Caldera y El Caracol).

---

<sup>43</sup> La inundación cubriría un área de 164 km<sup>2</sup> con un tirante de 5 metros, que afectaría entre otros al Distrito Federal y a infraestructuras tan importantes como el aeropuerto “Benito Juárez”, las nueve líneas de metro, etc.

- Rectificación del Dren General en aquellos tramos en los que se están produciendo pérdidas conocidas y, de esta manera, aumento de la capacidad de conducción.
- Puesta en operación de aquellas plantas de bombeo que carecen de bombas o que se encuentran inactivas debido a averías. La inversión a realizar no ha de ser elevada en comparación con el incremento en la productividad de las mismas.
- Construcción de nuevos túneles, presas y plantas de bombeo que deberían incrementar en un plazo breve la capacidad de desalojo del sistema.
- Ejecución de diques de protección en asentamientos urbanos vulnerables.
- Implementación de sistemas automáticos de alerta temprana y prevención con tecnología punta.

Dado que muchas de estas actuaciones son a largo plazo, el reto principal a corto/medio plazo debe ser priorizar y dirigir las acciones hacia aquellas zonas que ya han tenido impactos. Esto implica también priorizar los requerimientos de inversión de acuerdo a los niveles de impacto que se tengan.

Por otra parte, ya se encuentran en proceso de ejecución las obras del Túnel Emisor Oriente<sup>44</sup> (TEO), que es una de las mayores inversiones en el país en infraestructura de drenaje. Así, el monto de la inversión es de 19 500 mil millones de pesos, recursos provenientes del programa K000- Proyectos de Inversión, Programa Especial de Gobierno Federal, Recursos del Programa de Estímulos Fiscales (PEF) y del Fideicomiso 1928, creado para apoyar el Proyecto de Saneamiento del Valle de México.

En esta magna obra participan y tienen competencia distintas entidades: la secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría de la Función pública, en colaboración con el Gobierno del Distrito Federal, el Estado de México y el de Hidalgo.

El objetivo del TEO, una vez en operación, será:

- Evitar inundaciones en el Valle de México, trabajando conjuntamente con los demás emisores.
- Disminuir el riesgo de fallas del sistema de drenaje.
- Implementar un procedimiento que permita inspeccionar y realizar mantenimiento al drenaje sin suspender su funcionamiento, al poder alternar con el Túnel Emisor Central.

---

<sup>44</sup> Comenzó a construirse en agosto de 2008 y se prevé su finalización en 2014.

- Mejoramiento ambiental.

### **Caso particular de la cuenca del Río Tula**

Si bien es cierto que con la conclusión del Túnel Emisor Oriente y las demás medidas descritas el sistema de drenaje habrá de adquirir una mayor flexibilidad para la emisión de los escurrimientos en la Zona Metropolitana del Valle de México y el mantenimiento del sistema durante la época de estiaje, también es cierto que las concentraciones de lluvia en poco tiempo hacen indispensable trabajar en los estudios y proyectos para ampliar las zonas lagunares que permitan la regulación de las aguas de lluvia.

Debe prestarse atención a todas las aguas desalojadas desde el Valle de México a Tula, ya que, transfiriendo sin regulación las avenidas provocadas por las lluvias dentro de la cuenca del Valle de México, se transfiere el problema de las inundaciones a Tula.

Debe estudiarse la posibilidad de conservar el agua contenida en los almacenamientos de regulación actuales o incluso ampliarlos dada su insuficiente capacidad.

Sería óptima la existencia de un protocolo de operación conjunta más completo, en donde una de las variables de control sea precisamente la intensidad máxima de las avenidas que se transfieran a Tula.

Desde 2011 están ya considerados y registrados (o en proceso de registro) ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 77 proyectos encaminados a acciones y medidas que permitirán disminuir el riesgo por inundación en la RHA XIII.

Nombre de la infraestructura	Entidad federativa	Inversión en millones de pesos				
		Total	Hasta el 2010	2011	2012 en adelante	
					Inversión	Hasta el año
Construcción del Túnel Emisor Oriente	9- Distrito Federal	20747.05	5364.52	5788.82	9539.71	2014
Sistema de conducción para disminuir el riesgo de inundaciones en la cuenca del río de la Compañía	15- Estado de México	2547.81	1487.61	763.62	296.58	2012
Proyecto, construcción y supervisión de la Planta de Bombeo Casa Colorada Profunda	15- Estado de México	743.50	343.10	400.40	-	-

Nombre de la infraestructura	Entidad federativa	Inversión en millones de pesos				
		Total	Hasta el 2010	2011	2012 en adelante	
					Inversión	Hasta el año
Rectificación Emisor Poniente (Tajo de No-chistongo)	15- Estado de México	770.00	-	220.00	550.00	2012
Plan de Modernización del servicio Meteorológico Nacional	9- Distrito Federal	1442.45	144.24	-	1298.20	2017 y más
Equipamiento diverso para los Centros Regionales para la Atención de Emergencia en el país	9- Distrito Federal	250.000	-	-	250.000	2017 y más

Tabla 62: Programas y proyectos reseñables en fase de estudio y ejecución contra inundaciones<sup>45</sup>

La inversión total que prevé realizarse asciende a 45,911 millones de pesos hasta 2030.

Hasta la fecha, y dada la naturaleza de estas infraestructuras, el financiamiento ha sido a cargo del erario federal, ejercido a través del presupuesto de inversión de CONAGUA. Se estima que dada la evolución reciente de los presupuestos destinados a este concepto por CONAGUA y las perspectivas de crecimiento futuro, el presupuesto será insuficiente y alcanzaría a cubrir sólo parte de las necesidades.

Se requerirá de una gran coordinación entre los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y local) y participación social. Asimismo, será necesario aumentar la inversión federal y buscar recurrir a otras fuentes de financiamiento distintas y novedosas como: participación privada, recaudación por derechos de extracción y uso de aguas nacionales, participación de estados y municipios, etc., para cubrir la inversión necesaria.

Por otra parte, el diseño de las redes de drenaje tiene que considerar el empleo de vasos de regulación que permitan el manejo del sistema e impidan su saturación en picos de lluvia. Este hecho puede ser aprovechado para diseñar infraestructuras de almacenamiento que a la vez que ayuden al objetivo señalado, permitan recoger y tratar el agua de lluvia para ser utilizada como una fuente alternativa de suministro para determinados usos<sup>46</sup>.

<sup>45</sup> Pueden consultarse todas las obras previstas, así como su presupuesto en el Catálogo de Proyectos, incluido dentro del documento "Programa Hídrico Regional. Visión 2030" CONAGUA. Año 2012.

<sup>46</sup> Se han realizado algunos experimentos en esta línea y los resultados obtenidos concluyen que existe una gran cantidad de aceites y sólidos en suspensión en esta agua, por lo que no servirían como agua utilizable como abastecimiento para la población.

Por otra parte, se considera positivo legislar para que en los nuevos desarrollos urbanos se implementen esquemas de aprovechamiento del agua de lluvia, ya que con ello se contribuye en dos sentidos; por una parte se disminuye el consumo de agua potable con instalaciones incluidas en el diseño original de los conjuntos habitacionales, y por la otra, se disminuye el impacto y mayor concentración de aguas de lluvia que saturan el sistema de drenaje.

#### **4.4.2 Hundimiento de la ciudad de México**

Tal y como se describe en el apartado 3.6 de este informe, el hundimiento diferencial de la zona metropolitana es un grave problema que afecta directamente al desalojo de aguas residuales y pluviales. Así, el drenaje no va a quedar resuelto nunca si la ciudad se sigue hundiendo.

Los costos de este hundimiento son incuantificables e incluyen la construcción del drenaje profundo, de los sistemas de bombeo del drenaje, y el deterioro de todo tipo de infraestructura pública y privada.

Se requiere una prospectiva, como mínimo a 50 años, de las deformaciones del suelo y las zonas de agrietamiento, así como realizar un inventario de los pozos para determinar qué efectos tienen los pozos poco profundos y los profundos a fin de definir estrategias para estabilizar el acuífero.

Asimismo, a fin de detener el hundimiento de la ciudad es necesario apoyar la recarga con agua residual potabilizada, sobre todo la capa inferior a las arcillas, y la recarga inducida con agua de lluvia mediante presas de gaviones, pozos de absorción y otras estructuras.

Frenar el hundimiento representa uno de los mayores retos, porque requiere de una decisión de carácter metropolitano que no será fácil de consensuar. Por ello, habría que analizar la necesidad y conveniencia de avanzar hacia soluciones metropolitanas de fondo.

Se podrá evitar la sobreexplotación que favorece el hundimiento en la medida en que se sustituyan los caudales extraídos del acuífero del Valle de México con agua de otras fuentes. Este hecho se verá favorecido cuando se cuente con una visión y planeación global, que podrá fijar políticas públicas a nivel de todo el valle, sin importar si el agua viene de manantial, del acuífero o de una fuente externa. Las tarifas de agua, más que obedecer al origen de su fuente, deberían obedecer a la posibilidad de pago de la ciudadanía y a la sustentabilidad global.

#### **Medidas correctoras**

Se proponen a continuación algunas acciones para frenar el hundimiento:

- Mejora de la medición del hundimiento total. Se tiene una red de bancos y tensiómetros, pero se requiere utilizar nuevos métodos de medición indirecta, como por ejemplo, el sis-

tema LIDAR.

- Medición del hundimiento y de los abatimientos piezométricos en diferentes profundidades. Es necesario conocer la contribución de cada estrato para entender mejor la realidad a la que se enfrenta esta zona<sup>47</sup>.
- Actualización de los modelos analíticos y numéricos del hundimiento, apoyándose en las soluciones que ofrecen las nuevas tecnologías, ya que todavía se depende mucho de los modelos de Nabor Carillo<sup>48</sup>.
- Programa de medidas de mitigación. Con las mediciones y los modelos se puede indagar la posibilidad de reducir la celeridad del hundimiento eliminando o reubicando pozos, y evaluar el efecto de eliminar pozos en zonas con agua de calidad inadecuada para los usos domésticos.
- Actuaciones directas. Una solución sería inyectar agua con el objeto de controlar el hundimiento, que es diferente al objetivo de recargar el acuífero. Recargar el acuífero también es una necesidad, pero no necesariamente tendría una gran incidencia en el control de los hundimientos. El control del hundimiento requiere inyecciones a menor profundidad, en la primera capa dura que está entre 35 y 50 metros, para que los abatimientos regresen a su posición de condición hidrostática y las arcillas dejen de consolidarse<sup>49</sup>.
- Evaluación de las implicaciones económicas y sociales del hundimiento. Sin el hundimiento no se hubiera necesitado el Emisor Central ni el Túnel Emisor Oriente; tampoco el bombeo sistemático que se está haciendo en el Gran Canal del Desagüe<sup>50</sup>.

#### 4.4.3 Gestión

Como se ha señalado, en la gestión de las aguas pluviales y sus posibles implicaciones, sobre todo en cuanto a inundaciones, intervienen un gran número de variables, entre las que destacan:

---

<sup>47</sup> Se dice que el acuífero profundo ya está contribuyendo mucho al hundimiento y no hay evidencias claras de ello, porque no hay bancos suficientemente profundos. Se considera que la parte más importante del hundimiento se genera en los primeros 250 metros.

<sup>48</sup> Estos modelos fueron elaborados en 1942, por lo que, con mucha seguridad, se encuentran desactualizados. En el campo de la geohidrología se cuenta también con modelos como los de Carlos Cruickshank, que es de los años 1980.

<sup>49</sup> Los cálculos preliminares indican que con 4 l/s se puede cubrir una zona de 500 metros de radio.

<sup>50</sup> Las reparaciones de las líneas 1 y A del Metro, la mala condición del tránsito vehicular, las calles afectadas por los hundimientos y grietas, y las cimentaciones de los edificios, requieren cuantificarse para motivar la instrumentación de medidas más drásticas.

- Condiciones “naturales” (clima, hundimiento, cuenca endorreica, etc.)
- Infraestructura.
- Múltiples organismos competenciales.
- Grupos, sectores y territorios vulnerables.
- Análisis de los impactos actuales, teniendo en cuenta el conocimiento local.
- Integración del conocimiento científico.
- Comunicación al público.
- Legislación.
- Financiamiento.

La forma de abordar todas estas variables es difícil que sea desde una perspectiva local, ya sea de un municipio o incluso desde un estado, pues cualquier acción local, dadas las características de gran zona metropolitana, tiene una repercusión global.

Por ello, debe de existir una planeación integral de toda la región, no solamente de la zona metropolitana, sino también que tenga en cuenta la subregión de Tula, hacia donde se drena el agua. Así, esta planeación debe considerar tanto el ordenamiento territorial como la infraestructura necesaria.

### **Ordenación Territorial**

Las características fisiográficas en combinación con asentamientos humanos, en muchos casos irregulares y con vivienda precaria, en zonas de riesgo, convierte a los fenómenos de tipo hidrológico en una amenaza constante.

Para contrarrestar este fenómeno sería deseable trabajar en el fortalecimiento de los siguientes aspectos:

- Conocimiento: Un primer paso es realizar los estudios necesarios de delimitación de las zonas inundables y de elaboración de mapas de riesgos.
- Planes de Gestión: En las zonas de riesgo deben planearse medidas que persigan la prevención, la protección y la preparación, las cuales tengan en cuenta todos los aspectos pertinentes, como la gestión del agua y del suelo, la ordenación del territorio, los usos de la tierra y la protección del medio ambiente.
- Ordenamiento territorial: Es fundamental que la ordenación del territorio sea eficaz y coordinada por todas las instituciones implicadas para que aquellas zonas inundables que

en la actualidad no presentan asentamientos humanos, sigan libres de en el futuro y, en la medida de lo posible, se tienda a liberar los asentamientos en zonas de riesgo.

- Cultura del manejo de situaciones de crisis ante fenómenos hidro-meteorológicos extremos.

Por otra parte, otro aspecto que debe considerarse la ordenación del territorio es la reducción de la escorrentía superficial de agua que llega al sistema de drenaje. Para ello, la mejor, más efectiva y económica opción es generar condiciones en la zona no urbanizada para incrementar la filtración de agua al acuífero.

Por ello, debe destacarse la importancia que reviste evitar la invasión del suelo de conservación que es la real oportunidad de incrementar la infiltración y aprovechar con ello el agua que llueve. El reto es frenar el crecimiento de la superficie urbana impidiendo su expansión en el suelo de conservación y, sobre todo, en zonas de infiltración del acuífero.

Otra de las cuestiones a considerar es la inclusión en las políticas de desarrollo urbanístico de las técnicas de drenaje urbano sostenible que pueden definirse como “los elementos integrantes de la infraestructura urbano-hidráulico-paisajística cuya misión es captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua, de forma que ésta no sufra ningún deterioro e incluso permita la eliminación, de forma natural, de al menos parte de la carga contaminante que haya podido adquirir por procesos de escorrentía urbana previa. Todo ello tratando de reproducir, de la manera más fielmente posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación del hombre.”<sup>51</sup>. Para conseguir esta funcionalidad, se emplean capas permeables en tejados y pavimentos que se comportan como sumideros filtrantes que emulan el terreno no urbanizado.

### **Infraestructura**

La solución más simple para atajar daños directos e indirectos a personas pasaría por mover asentamientos que se encuentren en zonas de riesgo potencial de inundación, aunque se antoja una alternativa poco factible incluso a largo plazo. Por tanto, deben fortalecerse la gestión del sistema de drenaje y los sistemas de alerta con el propósito de proteger a la población, aun sabiendo que con esta última opción no se evitarán daños materiales en infraestructuras.

Para conseguir una mejor gestión se estableció el protocolo de operación conjunta del sistema de drenaje, el cual está dedicado principalmente al manejo de tormentas y sólo se aplica cuando las lluvias rebasan cierta intensidad. Sin embargo, durante la gestión ordinaria no se utiliza dicho protocolo, con lo que cada agente opera por su cuenta.

---

<sup>51</sup>Definición de Sara Perales Momparler.

Es conveniente destacar que, a pesar de las dimensiones de la zona metropolitana del Valle de México, el sistema de drenaje está íntegramente interconectado y en la medida en que se han construido más obras que se incorporan al sistema metropolitano, resulta complejo operar de manera coordinada la infraestructura, razón por la cual es importante revisar y actualizar el protocolo de operación del drenaje y contar con registros sistemáticos y en tiempo real de la lluvia, gastos y niveles del agua para tomar decisiones oportunas.

Por otra parte, en la época de estiaje cada municipio o entidad federativa organiza por su cuenta la limpieza, conservación y mantenimiento de sus colectores y emisores; por lo que faltaría resolver que estos trabajos se llevaran a cabo de manera adecuada por todos los responsables, utilizando además las mejores tecnologías disponibles en la actualidad.

Parece, por tanto, que para mejorar la eficiencia en la operación y contribuir en los temas de prevención, mitigación e inclusive la atención de emergencias, el trabajo de todas las partes (autoridades, académicos y población), debe transversalizarse para lograr una adecuada gestión integral del riesgo.

En otro orden de cosas, el planeamiento de las nuevas infraestructuras y actuaciones necesarias debe ser llevado de forma global, teniendo en cuenta todas las circunstancias e implicaciones locales y, destinando para ello, los recursos necesarios para la realización de los estudios y proyectos de detalle con el alcance que requieren obras de esta envergadura.

#### **4.4.4 Conclusiones**

Las variaciones locales, la superposición de eventos extremos y los últimos acontecimientos meteorológicos confirman la necesidad de mejorar la gestión pluvial, ya que la perspectiva es que los fenómenos de inundación tenderán a ser más intensos y frecuentes, si no se toman nuevas medidas de mitigación y adaptación.

En este sentido, en el Valle de México es fundamental la buena operación de la infraestructura de drenaje, la mitigación de los problemas de hundimiento y la mejora de la ordenación territorial. Para ello, es necesario disponer de financiamiento, pero también de planear acciones coordinadas y globales para todo el Valle, las cuales es más complicado realizar si no se establece un mecanismo de coordinación interinstitucional.

Si no se concibe de manera integral, se pierde el sentido de oportunidad, economía, escala y de la toma de decisiones única. Por ello, el manejo de las aguas residuales y pluviales metropolitanas a su destino final, quizá debiera estar a cargo de un ente supraestatal en el cual participen el gobierno federal, el Distrito Federal, los gobiernos estatales y municipales, donde el peso profesional sea fundamental, más allá de los periodos de gobierno.

Hay que tener en cuenta que el riesgo cero no existe, por lo que para cada actuación deberán establecerse los niveles de riesgo económicamente asumibles por el entorno y la población, y

que deberían ser difundidos en un ejercicio de participación pública. Así, solamente desde la implicación de la población se podrán conseguir los resultados esperados.

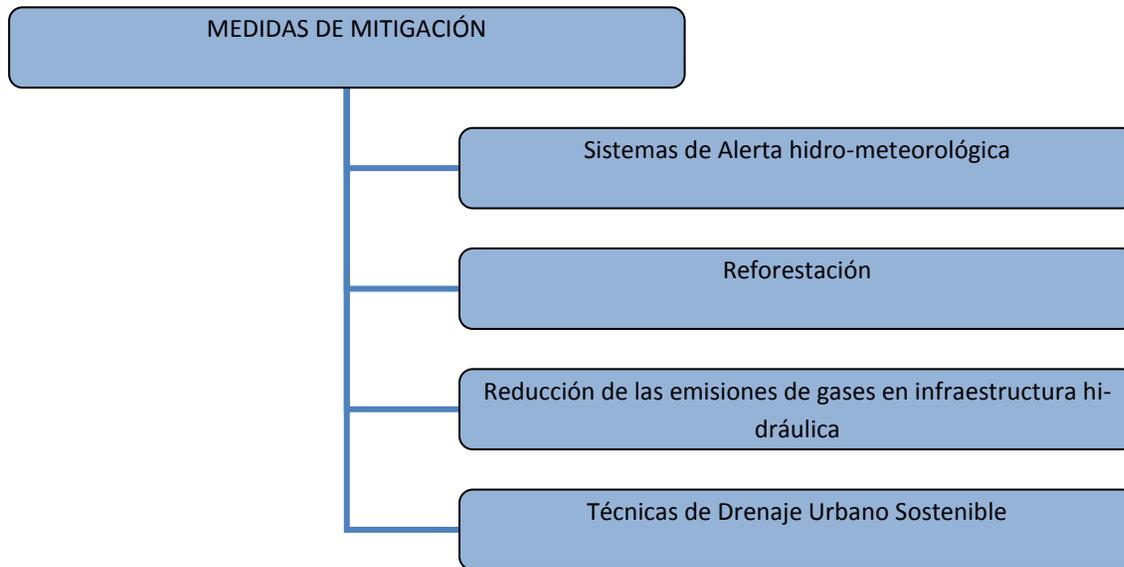


Figura 90: Medidas de mitigación ante el cambio climático.

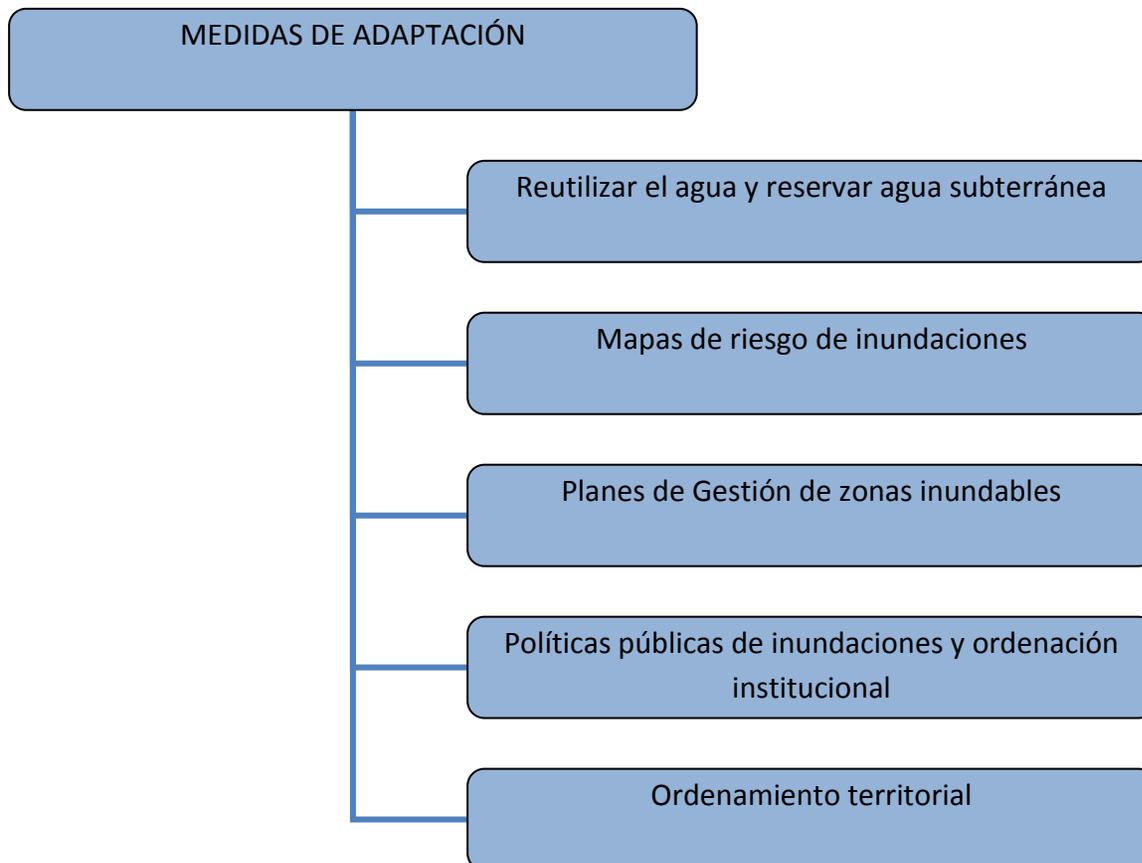


Figura 91: Medidas de adaptación ante el cambio climático.

## 5 Diagnóstico y perspectivas del marco institucional y financiero de la gestión del agua en el Valle de México

### 5.1 Organización Institucional: Distribución de responsabilidades funcionales y mecanismos de coordinación existentes

A lo largo del informe se ha presentado una descripción de la situación actual de la problemática del balance hídrico, financiera y de coordinación de la gestión del agua en el Valle de México. A partir de un análisis de los ámbitos de competencia y de los mecanismos de coordinación y concertación, contra los resultados actuales de dicha acción coordinada de los participantes en la gestión del agua en el Valle de México, en este apartado se analizan puntos específicos de la problemática institucional, a partir del análisis de la distribución general de competencias, de los aspectos jurídicos y de la aplicación de las herramientas de gestión, tanto en los aspectos de aplicación de la Ley como en los mecanismos de inducción, coordinación y concertación.

#### 5.1.1 Distribución general de las competencias

En síntesis, se puede describir el marco institucional como una combinación entre:

- Una delimitación legal de los ámbitos de competencias y atribuciones, en la cual:
  - Compete al Gobierno Federal de manera central la custodia y preservación de las aguas nacionales, en cantidad y calidad, a través de la CONAGUA.
  - Al ámbito municipal, de manera directa o a través de terceros, la provisión de los servicios de agua y saneamiento, incluyendo su reúso.
  - El ámbito estatal, en términos del artículo 115 constitucional, puede asumir la responsabilidad de los servicios municipales cuando el municipio no tenga la capacidad de hacerlo.
- Una serie de espacios y mecanismos para establecer acuerdos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, así como convenios de concertación con particulares, para temas de los cuatro aspectos analizados en la gestión del agua:
  - En tareas de administración del agua, la LAN define la posibilidad de que la prelación de usos se establezca a propuesta del Consejo de Cuenca y se utilice como base para decidir la prórroga de títulos de concesión, así como las limitaciones temporales que pueden establecerse en casos de escasez; también se puede establecer junto con los usuarios de aguas nacionales un programa de reducción temporal o progresiva en los aprovechamientos, vinculado al ejercicio de recursos para la mejora de la eficiencia, como en el caso de los planes de manejo de los acuíferos que se conciertan con los

## COTAS.

- En proyectos de abastecimiento de agua potable, bajo la posibilidad que tiene CONAGUA de proyectar, construir y operar obras en coordinación con los estados y municipios, es posible instrumentar programas conjuntos de infraestructura mediante acuerdos de coordinación y concurrencia de recursos fiscales; asimismo, en el Valle existe el mecanismo del Fideicomiso 1928, mediante el cual son invertidos recursos provenientes del pago de derechos por provisión de agua en bloque a las inversiones acordadas en el Comité Técnico del citado fideicomiso, las cuales son ejecutadas por la CONAGUA a través de la Coordinación General de Estudios y Proyectos del Valle de México; asimismo, los municipios de la región y el Distrito Federal también pueden convenir con la CONAGUA el ejercicio de recursos a partir de los programas federales como PRODDER o APAZU, muchos de los cuales son ejercidos por los propios operadores bajo supervisión o previa validación de la CONAGUA.
- La coordinación para efectuar proyectos de saneamiento puede seguir el mismo mecanismo utilizado, es decir, continuar con la instrumentación de programas conjuntos bajo acuerdos de coordinación y financiados con recursos fiscales; efectuar proyectos y obras con recursos del fideicomiso 1928, así como hacerlo con recursos fiscales de programas federales (como PROSANEAR, PROTAR e inclusive FONADIN), en su caso programas estatales o incluso las obras de drenaje urbanas que sufragan directamente los operadores con sus recursos o con aportaciones del Municipio.
- Finalmente, el desalojo de aguas pluviales en zonas urbanas queda también, dentro del rubro de drenaje, bajo la responsabilidad municipal (y por extensión del organismo operador, aunque en estricto sentido debería estar estipulado en su marco reglamentario), por lo que las oportunidades de conjuntar recursos con el estado y la CONAGUA siguen el mismo esquema; a nivel de las cuencas, la protección a centros de población mediante la construcción de obras hidráulicas suele estar bajo la responsabilidad de la CONAGUA; en el caso del Valle de México, dado que las escalas local y regional se cruzan en un complejo sistema de redes de drenaje, arroyos y ríos urbanos, presas de regulación y grande infraestructura de desalojo, la coordinación entre los tres órdenes de gobierno es obligada y se ha venido perfeccionando, en la inversión mediante el fideicomiso 1928 y en la operación mediante la distribución de responsabilidades y la aplicación de un protocolo que guía la operación bajo criterios hidrológicos.

La siguiente figura muestra de manera esquemática la forma en que se delimitan las competencias y cómo se articulan las acciones de los diferentes participantes en la gestión del agua en el Valle de México para lograr los objetivos específicos de la misma.

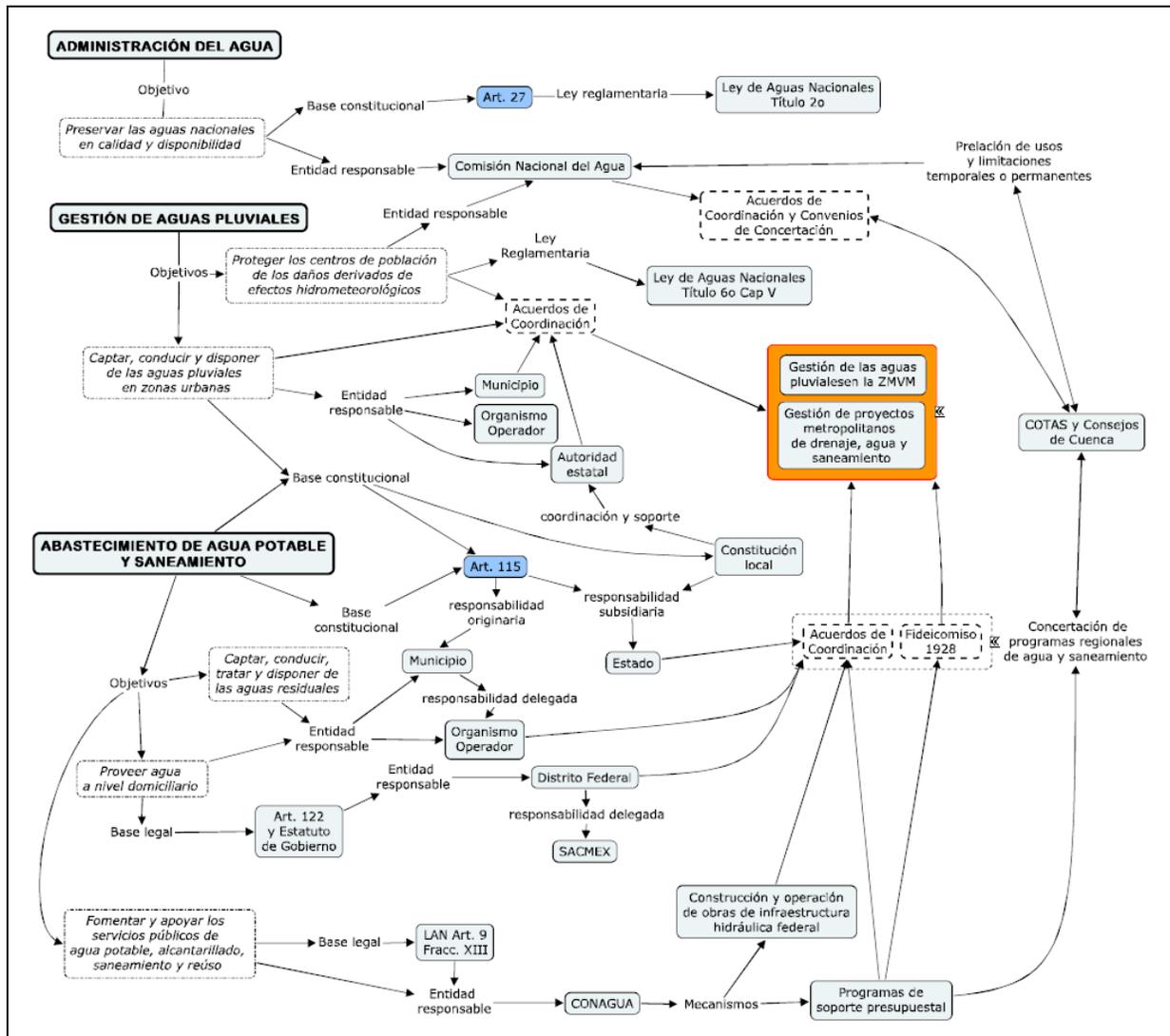


Figura 92: Representación esquemática de la distribución de competencias en la gestión del agua en el Valle de México.

### 5.1.2 Aspectos jurídicos

A continuación se revisa la problemática institucional desde el punto de vista del marco jurídico.

#### 5.1.2.1 Administración del agua

En lo relativo a la administración del agua, son destacables los siguientes aspectos:

- CONAGUA concentra las facultades de Administración de las aguas nacionales y no propicia la participación de otras instancias u órdenes de gobierno en la responsabilidad de administrar las aguas nacionales, para preservarlas en cantidad y calidad.
- Los Consejos de Cuenca, los COTAS y las Comisiones de Cuenca (instancias de gestión) no tienen personalidad jurídica ni patrimonio propio y por tanto no pueden asumir atribucio-

nes o facultades que solo le corresponden a las Autoridades de los 3 órdenes de gobierno. En el caso de la Administración del Agua, sólo CONAGUA tiene atribuciones relevantes; el resto de los participantes concurre en calidad de usuarios de aguas nacionales. Sin embargo, esta participación da la posibilidad de conjuntar recursos para impulsar proyectos de uso eficiente que apoyen el equilibrio hidrológico. Ello no exime a la autoridad federal del ejercicio de sus funciones de monitoreo, inspección, vigilancia y sanción legal, que sin embargo no aparecen de manera clara en la agenda de los Consejos y COTAS.

- Para que una administración eficaz de las aguas se logre en beneficio de la preservación de la calidad y cantidad del agua, buscando la sustentabilidad del recurso, se requiere una verdadera descentralización de facultades al territorio que comprenda la Unidad Hidrológica que se pretende preservar. Esto es que la gestión de las cuencas sea realmente por cuenca, que se tomen las mejores decisiones en preservación del cuerpo de agua, con la participación de los usuarios, de los municipios, del Gobierno del Estado y de las instancias federales que deban participar, dada la complejidad de la problemática que se debe resolver, con la participación de los usuarios, los municipios y el Gobierno de los Estados implicados.
- En la legislación federal para la administración de las aguas, se debe incluir el tema de administración y control de las aguas pluviales, dando la corresponsabilidad a los tres órdenes de gobierno, pero bajo un único liderazgo.
- Las políticas nacionales en cuanto a la atención de usuarios irregulares, deben ser reorientadas a regularizar a quienes verdaderamente demuestren que contaban con título de concesión o que su aprovechamiento de las aguas tiene más de 20 años de existencia, porque de lo contrario:
  - En caso de abrir otro período de regularización sin acotar la antigüedad del aprovechamiento, daría lugar a regularizar nuevos aprovechamientos que van en detrimento de todas las acciones en materia de preservación de los cuerpos de agua en cantidad y calidad; y
  - si no se abren las puertas para regularizar lo que ya tenía concesión y no tramitó su prórroga, o tiene más de 20 años el aprovechamiento, podría estar frenando el desarrollo de la zona donde se pretende cancelar dichos aprovechamientos.
- Un plan para controlar efectivamente la sobreexplotación tiene que ser de largo plazo, pero sujeto a metas de corto plazo verificables y a sanciones efectivas a quienes no cumplan. CONAGUA podría aprovechar la capacidad de las entidades estatales y algunos operadores municipales para implementar mecanismos de coadyuvancia que propicien una mayor efectividad en la vigilancia. También debe echarse mano de las tecnologías de información

y comunicación para mejorar el monitoreo de las extracciones. No habrá control del aprovechamiento de las aguas nacionales si no hay voluntad para ejercer efectivamente la autoridad.

- Finalmente antes de iniciar cualquier procedimiento de cancelación de aprovechamientos, debería existir en la Ley un procedimiento o plazo perentorio, de como máximo 6 meses, para que el usuario presente los requisitos para la regularización del aprovechamiento de las aguas nacionales.

#### 5.1.2.2 Prestación de los servicios de Agua Potable

Los principales puntos a tener en cuenta para la mejora de la prestación de servicios de agua potable, en lo que a aspectos jurídicos se refiere, pueden resumirse en:

- El Subsector agua potable, que también agrupa la prestación de los servicios de alcantari-lado o drenaje y tratamiento de aguas residuales y su reúso, requiere de una Línea que sea general y de observancia para todos los Organismos Operadores del país, que no obedezca a lineamientos políticos sino a criterios técnicos para prestar los servicios con calidad, oportunidad, precio y trato justo y con profesionalismo.
- Una de las alternativas mas viables para que eso suceda, es generar una Ley de carácter general que establezca las condiciones mínimas para establecer:
  - La forma y condiciones mínimas aceptables para la prestación de los servicios (lo que se traduciría en la obligación de los directivos para cumplir con esas condiciones mínimas).
  - Los derechos y obligaciones de los usuarios (entre ellos debe quedar plasmado el pago de los servicios).
  - Los esquemas de participación de los 3 órdenes de gobierno y de la sociedad civil, para garantizar el Acceso de agua de cada ciudadano.
  - El trabajo por objetivos, líderes de proyecto e indicadores que sistemáticamente evalúen los resultados de cada una de las áreas del propio Organismo.
  - Capacitación y profesionalización del personal.
  - Planes de largo plazo que contengan visión a corto, acciones a mediano plazo y un equilibrio entre lo que se programa y lo que se ejecuta.
  - Calidad y Calidez en el trato a los usuarios, dando atención ágil a sus reclamos, quejas y sugerencias.
- Es fundamental establecer la cultura de pago de los servicios y las medidas que debe apli-

car el Organismo, para hacer que los usuarios paguen por los servicios.

- Estándares de calidad internacional, en la prestación de los servicios, permitirán elevar el nivel de servicio como la Satisfacción del Cliente.
- Es imperante que se brinde prioridad al tema de recuperación de caudales en redes y tomas dentro de cada población, para que se logre un uso más eficiente y sustentable del recurso en un Valle en el que compiten día a día cada uno de los sectores de usuarios.
- La prelación de uso que señalaba la Ley Federal de Aguas y que cita el transitorio de la Ley de Aguas Nacionales, debe ser la pauta para el tratamiento diferenciado en la obtención de volúmenes por parte de los Organismos Operadores, que tienen que atender un crecimiento constante de la población y su única opción por Ley de Aguas Nacionales es la adquisición de derechos. Es decir, si el uso doméstico es prioritario, eso debe reflejarse en las políticas y programas que permitan a los operadores acceder a nuevas fuentes sin competir contra usos productivos del agua.

Sirva como que cuando CONAGUA autoriza nuevos proyectos de abastecimiento de agua para grandes ciudades, suele emitirse un decreto de reserva de aguas disponibles en determinada zona para darle viabilidad al nuevo proyecto de abastecimiento, mientras que para los Organismos Operadores medianos o pequeños, su única opción es la búsqueda y adquisición de títulos para tramitar la transmisión de derechos a su favor.

- La atención a los trámites de administración de las aguas nacionales para organismos operadores es lenta: para cuando se solicita y se resuelve la modificación del Título de Concesión por el cambio de uno de los muchos aprovechamientos con que cuenta un Organismo Operador para atender la demanda de agua de la población, ya se presentaron dos o tres obras o trabajos que deban realizarse en dichos aprovechamientos. En ese sentido se debe modificar la Ley para no detener el funcionamiento de los pozos; bastaría con que cada cambio se sujete a un aviso simple a la Autoridad y, una vez al año, se formalicen todos los cambios realizados durante el año, para efectos de actualización de los títulos.
- Es el mismo caso de las transmisiones de derechos de agua que llegan a durar hasta 10 años en que la Autoridad del Agua los autorice y mientras tanto se presentan eventos como el tiempo para declarar la caducidad del aprovechamiento por falta de uso durante dos años o vencimiento del título o la no acreditación de la operación del aprovechamiento. En ese sentido, se deben revisar detalladamente las condiciones y el procedimiento de las transmisiones en particular cuando se trata de Organismos Operadores o para uso público – urbano.
- Puede ser un error otorgar la Concesión de las aguas para uso público urbano solo a los Municipios, dado que existe un sinnúmero de barrios, comunidades y fraccionamientos

campestres que son administrados por los propios colonos; en estos casos sería necesario dar la posibilidad de que obtuviesen sus propios títulos, siempre que acrediten un nivel suficiente de eficiencia en la gestión de los servicios del agua. La LAN debería revisarse para adecuarla a estas condiciones reales.

- Los Programas Federalizados de apoyo a los Organismos Operadores, debieran estar orientados principalmente a premiar a quienes cuentan con programas multianuales para la mejora de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y vayan logrando con cada ejercicio fiscal, mejoras verificables en los indicadores de desempeño.

### 5.1.2.3 Tratamiento de aguas residuales y su reúso

En lo relativo al tratamiento de aguas residuales y su reúso, la clave para alcanzar mejoras se resume en los siguientes aspectos:

- La reforma al Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, incluyó a favor de los municipios, la posibilidad de disponer de las aguas residuales tratadas, lo que en teoría es lo más aceptable, sin embargo se dejó a la ligera el conflicto que se presenta por los derechos adquiridos sobre esas aguas, sea a través de concesiones, resoluciones de dotaciones presidenciales o permisos precarios; es decir, un organismo operador no puede apropiarse de las aguas residuales cuando afecte derechos preestablecidos; ello requiere de un estudio de detalle para corregir esta situación, ya que los proyectos de tratamiento de aguas residuales destinados al reúso del agua pudieran verse limitados por esta problemática.
- Debe modificarse la Ley de Aguas Nacionales y la Ley Federal de Derechos para establecer la Coordinación de los tres órdenes de gobierno en el control de las descargas y no para tratar a los Estados y los Municipios como simples usuarios responsables de las descargas de origen público-urbano. En ese sentido, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece la concurrencia en el tema. CONAGUA podría aprovechar las capacidades técnicas de los operadores para controlar más eficazmente la calidad de las descargas.
- En cuanto a los Programas Federalizados para la construcción y operación de las plantas de tratamiento, estos deben estar orientados a quienes cuenten con su Diagnóstico y un Programa Multianual para la mejora de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas y no solamente para sanear las aguas.
- El reúso debiera ser un capítulo de los considerados en las diferentes Leyes Estatales de Agua y Reglamentos Municipales que regulan la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas (en algunos casos el tratamiento de las aguas no

está considerado como un servicio y generalmente no se tiene una regulación para el control de las descargas a los sistemas de alcantarillado).

#### 5.1.2.4 Administración y control de las aguas pluviales

La Legislación federal debe corresponsabilizar al Gobierno Federal en la ejecución de las obras para el control de eventos hidrometeorológicos extremos, para que se destinen recursos anualmente en el tema y se evite daños a la infraestructura o riesgo de las personas.

La misma situación debe prevalecer en el marco normativo y asignación de recursos de los Estados y los Municipios.

#### 5.1.3 Evaluación general de las perspectivas institucionales de la gestión del agua en el Valle de México

La figura representa gráficamente la distribución de atribuciones y la situación actual de los mecanismos de coordinación entre órdenes de gobierno y participación.

Función	Ámbito federal	Estatal	Municipal	Usuarios y ciudadanos
<b>Administración del agua</b>	Responsabilidad central	Participación en Consejos de Cuenca		Usuarios de aguas nacionales
		Apoyo muy limitado		
	Coordinación F 1928		Usuarios de agua en bloque	
<b>Abastecimiento de agua en bloque</b>	Atribución de excepción	Participación en conducción.	Responsabilidad central del abasto domiciliario	Usuarios del sistema de agua
<b>Saneamiento</b>	Participación subsidiaria	Participación subsidiaria	Responsabilidad central	Usuarios del sistema de agua
<b>Desalojo de aguas pluviales</b>	Responsabilidad en la escala de la cuenca (protección a centros de población)	Participación subsidiaria y concurrente	Responsabilidad central	Usuarios del sistema de agua

Figura 93: Representación gráfica de la distribución de atribuciones y estado de la coordinación institucional.

En general puede decirse que en el Valle de México las circunstancias han llevado a rebasar los límites estrictos de competencias de cada orden de gobierno (con excepción de la administración de las aguas nacionales), aprovechando diferentes mecanismos de coordinación para poder desarrollar las inversiones y operar las infraestructuras metropolitanas. En el ámbito de

la ejecución de las acciones y la operación del sistema para el desalojo de aguas pluviales, la coordinación ha sido amplia y está formalizada en mecanismos como el Fideicomiso 1928 o el protocolo de operación del drenaje pluvial.

De acuerdo con las entrevistas y a la documentación analizada, las áreas de oportunidad en materia de coordinación institucional son las siguientes:

- Uno de los factores más influyentes en el desarrollo sostenible es la ordenación territorial, ya que el crecimiento de los distintos sectores influye en los recursos naturales y, en particular, en la gestión del agua. Así, la ordenación territorial y urbanística debe tener en cuenta a la administración del agua a la hora de realizar sus planes sectoriales, de manera que el organismo responsable de garantizar la disponibilidad y calidad del recurso deba ser informado y dar su visto bueno a nuevos desarrollos que puedan influir en estos aspectos. Es necesario, especialmente, que los desarrollos urbanos en la subregión del Valle de México sigan criterios de especial eficiencia, e incluso de autosuficiencia, en la gestión del abastecimiento y saneamiento de sus aguas residuales, dando especial protagonismo al reúso en las propias viviendas y urbanizaciones, a los sistemas de drenaje sostenible y otras técnicas similares, pero que, además, estos planes urbanísticos deban ser informados por el Organismo de Cuenca para garantizar tanto los servicios de los nuevos asentamientos como de la población ya asentada.

Por otra parte, además de lo anterior, también debe asegurarse que los nuevos asentamientos sean seguros, para lo que deben efectuarse estudios de inundabilidad y elaborarse mapas de riesgo que establezcan zonas vulnerables que permitan prohibir o condicionar el asentamiento de poblaciones en esas áreas. Será necesario, por tanto, realizar planes de gestión de inundación donde se fijen esas limitaciones y condiciones, así como programas de actuación a corto, medio y largo plazo, que deban cumplir las distintas administraciones y actores.

- Es deseable aprovechar más oportunidades de coordinación más que de coadyuvancia en las tareas de administración del agua, ya que los órdenes estatal y municipal pueden participar en la medición y vigilancia incluso sin ejercer actos de autoridad. En administración del agua los mecanismos de coordinación solo se utilizan para asistir la función federal (prelación de usos, concertación de limitaciones temporales, implantación de programas de reducción de extracciones), pero es poca la utilización de mecanismos de coordinación y concertación para mejorar la efectividad del ejercicio de la autoridad para detener el grave deterioro de las fuentes de agua.
- En materia de impulso a proyectos metropolitanos, la instrumentación del fideicomiso 1928 como un mecanismo para utilizar los derechos por suministro de agua en bloque para financiar infraestructura, ha resultado particularmente exitosa, aun a pesar de que en

percepción de algunos entrevistados, no existe realmente un plan completo de las obras y acciones basado en prioridades integradas de viabilidad financiera, social y tecnológica. Es decir, se ha demostrado que es posible sumar recursos y acordar la ejecución de acciones, con el apoyo en un mecanismo financiero que permite dar estabilidad y continuidad al programa de acciones y que sólo requiere un marco de planeación más sólido.

- La coordinación para la operación del sistema hidrológico y los sistemas asociados para captar, conducir y desalojar las aguas pluviales y residuales, ha sido también muy exitosa, al grado que existe un protocolo plenamente aceptado por las partes que guía la operación de los sistemas según condiciones específicas de precipitación y escurrimiento. Hay oportunidad de mejorar las bases técnicas de dicho protocolo, cuidando siempre la equidad en la asignación de los riesgos y en la toma de decisiones. Al entrar en operación el TEO, el margen de maniobra será mayor y podría ensayarse como primera etapa la constitución de un ente metropolitano a cargo de la operación de los sistemas de cabeza, que descargue a la CONAGUA de esta función operativa y le permita concentrarse en su papel de administrador de la custodia de las aguas nacionales. Si se hace un uso más extenso de las tecnologías de información y comunicación para mejorar la operación del sistema ante eventos meteorológicos extremos en tiempo real, será posible minimizar los riesgos para todos los participantes, aunque el primer paso sería completar el plan integrado del drenaje para contar con vías de desalojo de aguas pluviales que no se sigan recargando en la infraestructura del Distrito Federal, pero sí aprovechen las posibilidades de construir nuevas estructuras de regulación, retención, detención y bombeo de las aguas pluviales, con base en modelos hidrológicos de punta. El valor económico, histórico y social de la ciudad de México requiere que se aplique la mejor tecnología disponible para hacer posible una gestión profesional del desalojo de aguas pluviales, que facilite al mismo tiempo una coordinación más transparente y solidaria entre las entidades federativas, municipios y gobierno federal, delegada en un operador único de los sistemas principales.
- De acuerdo con las entrevistas, los proyectos metropolitanos de saneamiento (como las plantas de Atotonilco o El Caracol) han contado con la aprobación de las partes, pero no han surgido realmente de un consenso sino responden a prioridades definidas por el gobierno federal a través de CONAGUA. Aunque existe por parte del GDF y del Estado de México el convencimiento de que los municipios deberán contribuir al pago de la operación de estos sistemas, aparentemente a estos últimos no se les ha informado ni involucrado en las decisiones, quizás por el antecedente de la omisión generalizada del pago del agua en bloque, mismo que se cubre mediante afectación a participaciones federales. Con más infraestructura de regulación, bombeo, conducción y tratamiento, además de la entrada prevista de nuevas fuentes de abastecimiento, es urgente diseñar mecanismos de recuperación de costos que no se sigan apoyando en el recurso automático a la afectación de participaciones, ya que ello resulta poco equitativo y eficiente en términos económicos,

no sólo para con algunos municipios del Valle, sino para con el resto del país. La programación del saneamiento del Valle debería considerar de manera cuidadosa los mecanismos mediante los cuales se trasladarán los costos de operación a las tarifas que pagan los usuarios domiciliarios de los organismos de agua y saneamiento. De acuerdo con algunos entrevistados, en este momento ni siquiera está claro qué obras secundarias deberán realizar los municipios para incorporar sus aguas al TEO, mientras que algunos incluso siguen planeando construir plantas de tratamiento en su ámbito territorial. Es urgente mejorar la coordinación en la planeación y ejecución de las acciones de saneamiento metropolitano.

- En el caso del abastecimiento de agua en bloque, se han implementado también mecanismos ad-hoc para compartir las tareas, ya que el gobierno federal a través de CONAGUA ha asumido un rol de operador y proveedor de agua en bloque, con la CAEM como intermediario y responsable de conducir el agua a los municipios en el Estado de México, y el SACMEX como receptor también de parte de las aguas del sistema Cutzamala, pero al mismo tiempo distribuidor de aguas en bloque en algunos ramales del PAI. Los municipios y organismos operadores, que se encuentran al final de esta cadena, únicamente deben cubrir los montos solicitados por la CAEM, pero de acuerdo con las entrevistas, cada vez menos municipios cubren sus pagos y se apoyan en los mecanismos de afectación a participaciones. El principal reto de coordinación en este punto es financiero, ya que aunque el mecanismo actual ha funcionado, es claramente ilógico y posiblemente poco eficiente, en tanto los recursos recaudados por derechos de aprovisionamiento de agua son utilizados, vía el fideicomiso 1928, para sufragar inversiones metropolitanas, mientras la operación de los sistemas de agua en bloque se financia con recursos del presupuesto normal de egresos y, por tanto, queda sujeta a la negociación, limitaciones, retraso e incertidumbres propios de la radicación presupuestal federal. Por otra parte, los municipios se quejan de que parte de lo que pagan por agua en bloque, según lo convenido, debería utilizarse en obras que los beneficien directamente, pero al ser administrado por la CAEM es ésta la que decide en qué se aplican; esta situación también ha contribuido a desanimar a los operadores para incrementar sus pagos.

#### 5.1.4 Conclusiones

En síntesis, los mecanismos de coordinación en los diferentes aspectos de gestión del recurso se han dado por necesidad y han tenido resultados positivos; sin embargo, descansan en gran medida en un esquema de subsidios, en el cual el mayor peso de las erogaciones en materia de inversión y operación proviene de recursos del presupuesto federal, ya sea en forma directa o como afectación a participaciones. Además del tema financiero, que se analiza en mayor detalle en el siguiente apartado, resalta aquí la necesidad de ensayar una reorganización institucional que logre:

- Que las funciones de administración del agua se lleven a cabo con decisión y eficacia, apo-

yándose en mayor medida en la coparticipación de otros órdenes de gobierno y los usuarios. Para ello, parece deseable separar de CONAGUA las funciones de operación de infraestructura primaria de abastecimiento de agua en bloque o de desalojo de aguas pluviales, ya que estas funciones operativas distraen a la dependencia federal de su función fundamental, en una región con un problema dramático de desequilibrio y contaminación.

- Que la coordinación en materia de definición, financiamiento, ejecución y operación de infraestructura metropolitana de abasto de agua en bloque y desalojo de aguas pluviales ha sido relativamente buena, pero debería mejorar en términos de la solidez de los planes y programas para ampliar la cobertura de ambas funciones, poniendo énfasis en programar las acciones de manera que se atiendan oportunamente los aspectos que garanticen su viabilidad técnica, financiera y social. También en este caso los entrevistados coinciden en que es posible pensar en un ente operador metropolitano, que concentre las responsabilidades de operación de la infraestructura primaria pero bajo protocolos de operación basados en la mejor ciencia y tecnología disponibles, que aseguren la toma equitativa de decisiones y la minimización de los riesgos. La coordinación con los operadores para la planeación, construcción y operación de infraestructura de captación y conducción de aguas residuales y pluviales desde las zonas urbanas hasta las infraestructuras primarias, es una tarea pendiente y urgente; la existencia de un operador metropolitano de la infraestructura primaria no eximirá a las entidades federativas y municipios de seguir operando bajo un protocolo.
- La coordinación para la programación y construcción de plantas de tratamiento metropolitanas puede mejorar, de manera que no se construyan mientras no se tenga plenamente resuelto el mecanismo mediante el cual se captarán los recursos, por parte del usuario final de los sistemas municipales, que sufragarán su operación y mantenimiento. La urgencia del problema no debería ser un argumento para implantar estos esquemas sin haber garantizado la aportación física de las aguas residuales a los sistemas de captación, así como las aportaciones financieras; la creciente carga financiera de los sistemas existentes y proyectados, que están descansando cada vez más en subsidios federales, puede volver inviables muchos proyectos, ya que se acumulará el impacto que tendrían si fueran trasladados a las tarifas domiciliarias.
- Un tema clave ha sido la coordinación en materia de autorizaciones de cambio de uso del suelo y desarrollo de fraccionamientos, ya que bajo el marco jurídico vigente, se han dado transmisiones de derechos que dan pie a la urbanización de zonas que, en los hechos, carecen de fuentes locales viables. De acuerdo con las entrevistas, es urgente mejorar la coordinación primero al interior de CONAGUA, de forma que las acciones de medición y monitoreo realizadas por las áreas técnicas sean consistentes con los registros de las áreas de administración del agua; y segundo, entre CONAGUA y las autoridades estatales y mu-

nicipales que deben autorizar el desarrollo de fraccionamientos. No sólo debe valorarse el impacto en el ciclo hidrológico por la necesidad de llevar agua desde puntos lejanos, sino el que se genera también al modificar los patrones de escurrimiento e infiltración. Los criterios de diseño urbano deben considerar los mecanismos adecuados de drenaje sostenible (que a través del diseño de estructuras y espacios urbanos propicien la detención, retención o regulación de los escurrimientos pluviales) y en donde sea viable, propicien la recarga.

## 5.2 Finanzas del agua: Fuentes de financiamiento, mecanismos de recuperación de costos, áreas deficitarias y subsidios

El objetivo del presente proyecto es definir, a partir de un diagnóstico integral de la situación de la gestión del agua en el Valle de México, una propuesta de reorganización del modelo institucional, de manera que se logre una gestión integrada y sostenible de los recursos y los servicios hídricos en la región. Una condición fundamental para lograr dicha sostenibilidad está en la correcta estructuración y operación de los flujos financieros, de manera que se logre captar los recursos suficientes para la construcción de infraestructura, su operación y mantenimiento, de una manera equitativa y económicamente eficiente.

En apartados anteriores se han descrito los mecanismos actuales de financiamiento de la gestión del agua en el Valle y han sido identificados sus puntos fuertes y áreas de oportunidad de mejora. En este apartado retomamos los puntos analizados para proponer una visión de la problemática financiera de la gestión del agua en el Valle de México.

### 5.2.1 Estructura actual y problemática estructural del financiamiento de la gestión del agua en el Valle de México

La siguiente tabla muestra de manera sintética la estructura del financiamiento de la gestión del agua en la región de estudio y la problemática de manera sucinta.

Función	Financiamiento de capital (infraestructura)	Financiamiento de la operación	Problemática
<b>Administración del agua</b>	Los equipos y dispositivos de medición y monitoreo, así como los bienes materiales asociados a las actividades de administración del agua, son financiados con presupuesto corriente (PEF).	La operación se financia con el presupuesto operativo de la CONAGUA (PEF). Debe incluir la actualización de estudios y modelos, así como la operación del banco del agua.	Se considera que no se recibe suficiente presupuesto. La recaudación de derechos por aprovechamiento, usos y permisos debería estar primordialmente asociada al financiamiento suficiente de esta actividad, función primordial de CONAGUA.

Función	Financiamiento de capital (infraestructura)	Financiamiento de la operación	Problemática
<b>Abastecimiento de agua en bloque</b>	Las nuevas obras de abastecimiento serían financiadas con presupuesto público más recursos obtenidos por derechos por aprovisionamiento de agua en bloque, o bien mediante esquemas de participación público-privada.	Aunque se recaudan derechos por aprovisionamiento de agua en bloque, los fondos son destinados principalmente a obras de infraestructura y no a la operación. Ésta se cubre con recursos del PEF.	No existe una liga entre recaudación por suministro y financiamiento de la operación. Los recursos del PEF son radicados de manera menos estable y oportuna, lo que ha ocasionado un rezago histórico en el mantenimiento preventivo que incrementa los costos y los perjuicios de las reparaciones correctivas. El costo del abasto del agua en bloque repercute mínimamente en las tarifas al usuario final.
<b>Saneamiento metropolitano</b>	Las plantas de tratamiento municipales y del D.F. han sido financiadas bajo esquemas similares de las plantas en otros lugares del país. Los proyectos metropolitanos (Atotonilco, El Caracol, etc.) son desarrollados bajo iniciativa de CONAGUA mediante esquemas de APP, con participación limitada de las entidades federativas y municipios.	Las plantas municipales suelen ser financiadas mediante la inclusión en la tarifa de una componente de saneamiento. Los proyectos metropolitanos implicarán el cobro de contribuciones a los municipios que se verán beneficiados con el tratamiento.	Se ha manifestado que los municipios y operadores no conocen el detalle de los compromisos financieros que tendrían una vez terminadas las PTAR, por lo que este rubro puede añadirse a los conceptos que se apoyan en la afectación a participaciones.
<b>Desalojo de aguas pluviales</b>	Los grandes sistemas metropolitanos de desalojo de aguas pluviales y residuales han sido financiados históricamente con subsidios federales (incluso si éstos en su momento se financiaron a su vez con crédito externo). Los nuevos proyectos se apoyan en recursos presupuestales más aportaciones al fideicomiso 1928.	La operación y mantenimiento de los sistemas de desalojo ha quedado en manos de los responsables de cada componente, con sus recursos presupuestales (municipales, estatales y federales); el mantenimiento de la infraestructura mayor ha estado financiado por CONAGUA y por el GDF.	Se ha comenzado a revertir el rezago histórico en mantenimiento a los emisores, pero se manifiesta que las nuevas plantas de bombeo fueron construidas sin definir quién se tendría que hacer cargo de su operación. Han quedado a cargo de CONAGUA e incrementan el peso financiero de los proyectos metropolitanos sobre el presupuesto federal.

Tabla 63: Estructura de financiamiento actual de la gestión del agua en el Valle de México y problemática

En la tabla anterior nos referimos principalmente a una problemática en cuanto a la lógica y operación de los flujos financieros, es decir:

- A la relación entre el origen y el destino de los fondos; destaca el hecho de que la recauda-

ción por administración del agua no parece tener relación con los magros recursos y esfuerzos que se dedican al control del problema, así como a la aparente inconsistencia que representa el destinar los recursos recaudados por concepto de abasto de agua en bloque al financiamiento de proyectos metropolitanos, mientras la operación y mantenimiento de los sistemas se financian con recursos del PEF.

- A la problemática asociada a la estabilidad, predictibilidad y oportunidad de los fondos, ya que los conceptos asociados al PEF están sujetos a la negociación anual de recursos contra el resto de necesidades del país, y una vez aprobados suelen ser radicados con cierto retraso y sujetos a una normativa de ejercicio en ocasiones complicada.
- De la eficiencia económica en el uso de los recursos. Contra lo que la propia CONAGUA preconiza como principio de operación financiera para los operadores del país, a los que se exige cobrar tarifas suficientes y aplicarlas a los conceptos que las originaron, en particular la operación de los sistemas, en el Valle de México la gran infraestructura de abasto de agua en bloque no opera bajo un esquema financiero claro, en el que la recaudación por servicio se aplique al pago de la operación y mantenimiento y se traslade en la mayor medida posible a la tarifa del usuario final; además, está asociada a un uso frecuentemente deficiente, sin que se haya exigido a los operadores que reciben el agua en bloque que cuenten con estándares mínimos de micromedición, macromedición y control de pérdidas.
- De la equidad en el reparto de las cargas financieras. Los costos de la provisión de agua y el desalojo de aguas pluviales y residuales han descansado históricamente en los recursos federales, ya sea a través de la asignación de recursos presupuestales o, al final del proceso, de la afectación a participaciones federales por la omisión en el pago de municipios y entidades federativas. En la perspectiva de la construcción de nuevas etapas de los sistemas de abasto de agua en bloque, la operación del TEO y las estaciones de bombeo y nuevos emisores, así como las nuevas plantas de tratamiento, de no modificarse la estructura de captación y aplicación de recursos, la carga financiera sobre recursos fiscales crecerá, generando al mismo tiempo incentivos perversos en el usuario final y los operadores, que podrán seguir operando en rangos de eficiencia limitados, mientras puedan descansar en el mecanismo de la afectación a participaciones. La corrección de esta situación pasa por un esfuerzo de reforma institucional de los servicios municipales, ya que bajo los esquemas actuales de interferencia política en la operación de los sistemas, los operadores no tienen la posibilidad en muchos casos de modificar las condiciones en que prestan los servicios.

A continuación se propone un análisis en términos de la suficiencia en el financiamiento de las inversiones de capital y para cubrir los costos regulares de operación y mantenimiento preventivo.

## 5.2.2 Balance global de necesidades contra disponibilidad de recursos - problemática básica y perspectivas

En la sección anterior se presentó un análisis de la situación que guardan las finanzas del agua en el Valle de México en términos del origen y aplicación de los recursos; de la oportunidad de los recursos disponibles para ser aplicados; de la eficiencia económica y financiera de los recursos disponibles en el sector; y de la equidad en las asignaciones presupuestales en el sector, así como en el reparto de las cargas financieras.

Para este apartado, se presenta una perspectiva global de problemática que enfrentan las finanzas del agua en el Valle de México, a la luz de los resultados del balance financiero cuantificado para los ejercicios fiscales 2010 y 2011, en términos de la suficiencia de los recursos en el sector.

Las finanzas del agua en el Valle de México, se han clasificado en dos grandes componentes:

- Costos operativos de los sistemas existentes.
- Costos de inversión para la expansión, rehabilitación y reparación de la infraestructura.

Que se financian básicamente con recursos cuyo origen es de dos fuentes:

- Recaudación por los servicios prestados por las autoridades locales y estatales, así como por el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.
- Los recursos presupuestales asignados para el sector, cuya fuente principal es el Presupuesto de Egresos de la Federación.

En este sentido, la figura siguiente muestra una síntesis de la problemática encontrada en el análisis y cuantificación del balance de las finanzas del agua en el Valle de México

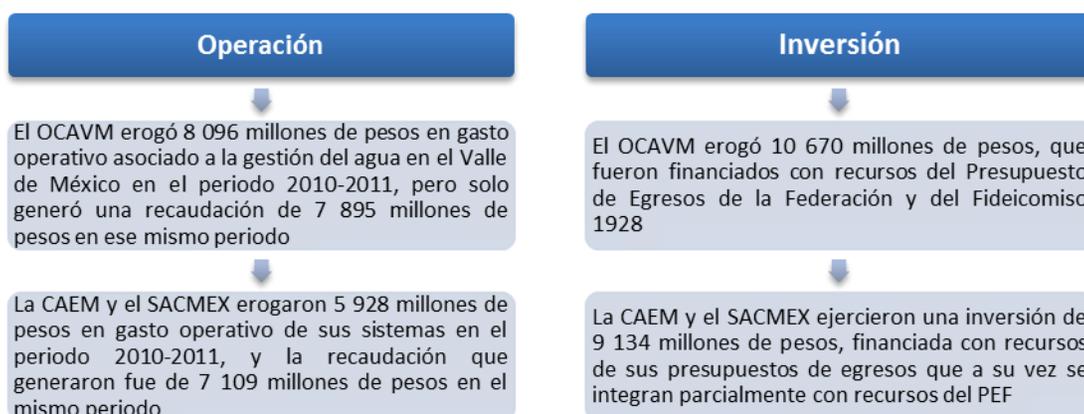


Figura 94: Síntesis de la problemática asociada a las finanzas del agua en el Valle de México

Adicionalmente, los organismos operadores de los municipios del Estado de México ubicados en la cuenca del Valle de México, generaron una recaudación total de 7 894 millones de pesos en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2011. En promedio la recaudación generada por estos organismos equivale en 40 veces a la facturación que reciben de la CAEM por la entrega de agua en bloque de los sistemas Cutzamala, PAI y fuentes propias.

Por lo antes expuesto, se identifica en términos de la suficiencia de recursos, en la tabla siguiente se presenta un conjunto de problemas principales y la perspectiva de corto plazo para éstos:

Problema	Perspectiva
Los costos operativos de los sistemas principales (Cutzamala y PAI) no se cubren con los ingresos asociados a la prestación de los servicios de éstos.	La información documental indica que, los organismos operadores locales podrían ser capaces de generar recursos suficientes para el pago de los derechos asociados a los servicios que reciben de CAEM, y el pago de derechos por el uso de aguas nacionales al OCAVM. Sin embargo, al no existir un mecanismo eficiente de vigilancia, inspección y sanción, los organismos omiten el pago de sus obligaciones. El marco normativo en materia de sanciones al respecto, no tiene los incentivos y los mecanismos de coerción adecuados.
La recaudación por la prestación de los servicios a los usuarios finales, no es suficiente para financiar los costos de inversión y operación de la gestión del agua en el Valle de México	Los organismos operadores en el Valle de México, incluido el SACMEX han mantenido sus niveles de recaudación sin variación en términos reales, minando su capacidad de financiamiento en la operación de los sistemas y de la expansión y rehabilitación de infraestructura. Sin una revisión detallada de la base de contribuyentes, y de las tarifas que se cobran, no será posible generar un mecanismo de sustentabilidad financiera, que implícitamente genere los incentivos correctos para que los usuarios finales reconozcan el valor económico de los servicios recibidos en el Valle de México

Problema	Perspectiva
<p>Los mecanismos de asignación y distribución del presupuesto para el sector obedecen a una lógica que carece de los incentivos económicos y sociales adecuados</p>	<p>Los recursos presupuestales que se invierten en el Valle de México gozan de mecanismos de garantía que permite asegurar en cada ejercicio fiscal al menos una cantidad de inversión equivalente a la recaudación lograda por el OCAVM en el ejercicio fiscal inmediato anterior, vía el mecanismo del Fideicomiso 1928. Esta lógica de asignación presupuestal en el PEF, favorece la ejecución y priorización de proyectos en el Valle de México que no requieren competir por recursos con proyectos de otras latitudes bajo criterios de eficiencia económica y técnica. De prevalecer este mecanismo, es altamente probable que los recursos ejercidos en la expansión y rehabilitación de infraestructura no cumplan los criterios de eficiencia y eficacia que demanda el ejercicio de recursos públicos.</p>

Tabla 64: Problemática principal y perspectivas de la suficiencia financiera

### 5.2.3 Conclusiones

Es necesario reestructurar el sistema financiero del agua en el Valle de México, para los cuatro ámbitos funcionales estudiados, considerando los siguientes criterios:

1. Recaudación suficiente: reducir el rezago entre necesidades y recursos disponibles, tanto en inversión como en operación y mantenimiento preventivo.
2. Asignación coherente entre origen y destino del recurso: buscar que lo recaudado para un objeto específico sea asignado como gasto al mismo objeto, con el fin de dar visibilidad a los rezagos, en su caso, y corregirlos, así como establecer mecanismos que busquen incrementar la eficiencia en cada una de las funciones para minimizar los costos.
3. Promoción de la eficiencia económica, buscando que la asignación de subsidios provenientes del presupuesto general sea correspondida con beneficios socioeconómicos que la justifiquen plenamente, mientras que los beneficios privados derivados de las funciones de gestión del agua contribuyan con las aportaciones proporcionales a la utilidad obtenida. Debe evitarse que se trasladen recursos públicos a beneficios privados debidos a estructuras que generan incentivos perversos y propician subsidios injustificados.
4. Estabilidad, predictibilidad y oportunidad en los flujos financieros, en particular para que las funciones de operación y mantenimiento preventivo cuenten con los flujos suficientes para atender las necesidades, sin retrasos que suelen incrementar los costos por mantenimiento correctivo, o perjudicar la calidad de los servicios.
5. Diversificación de las fuentes de financiamiento, incluyendo participación del sector privado y social, que implica en el fondo una reorganización institucional bajo criterios empresariales, que dé a las funciones operativas la capacidad de atraer recursos financieros mediante la emisión de instrumentos de deuda o la participación directa de la

empresa privada.

Sobre estas bases, es importante:

- Dar a las funciones de administración del agua la suficiencia presupuestal y el nivel de importancia que requieren para lograr implementar un programa tanto de inspección y vigilancia de las descargas de la calidad del agua, como de reducción de extracciones eficaz, con tecnología de punta para la medición y verificación de las mismas y asociado a un plan de manejo que establezca plazos perentorios y mecanismos económicos para retirar gradualmente aprovechamientos y equilibrar el balance; en el contexto del cambio climático, ha sido propuesto contar con aguas subterráneas como reserva para los años en que la variabilidad climática provoque bajas captaciones en los sistemas de presas.
- Definir un esquema coherente y equilibrado de ingresos para las funciones operativas, tanto en los sistemas metropolitanos de abastecimiento de agua como en los de drenaje y saneamiento. Debe explorarse el asignar estas tareas a un ente metropolitano que pueda funcionar bajo criterios empresariales y captar recursos en mercados de capitales o del sector privado, relevando a la CONAGUA de una función operativa que la distrae de su función esencial de custodia del recurso agua en el Valle.
- Es importante contar con un programa bien estructurado de inversiones, priorizado en función de la consideración integral de la viabilidad técnica, financiera y social de las acciones, con el fin de prever la asignación de recursos presupuestales de largo plazo a la inversión; si bien el Fideicomiso 1928 ha sido un mecanismo adecuado para contar con recursos disponibles y susceptibles de ser ejercidos bajo reglas relativamente ágiles, en el fondo se están utilizando recursos derivados del pago de la operación para cubrir costos de inversión. Si se logra reorganizar la estructura institucional del Valle, eso puede dar pie a la instrumentación de un programa de financiamiento de largo plazo, que evite la variabilidad e incertidumbre de las asignaciones presupuestales anuales, pero que al mismo tiempo esté ligado a aportaciones de los beneficiarios finales, en coherencia con los esquemas que se están instrumentando para la dotación de agua en bloque a otras zonas metropolitanas en el país.
- Los esquemas de participación público-privada que se han impulsado para el desarrollo de proyectos de saneamiento constituyen una innovación necesaria para captar recursos para el desarrollo hidráulico del Valle; sin embargo, es importante mejorar la planeación y la participación de los beneficiarios o usuarios finales, en particular de los operadores que tendrán que construir infraestructura para conectarse a los sistemas metropolitanos de drenaje y, en su momento, cubrir los costos del tratamiento. Actualmente se percibe una desconexión entre las iniciativas federales para el saneamiento regional y los compromisos concretos establecidos para que los costos de operación se trasladen de manera equitativa

y eficaz a los beneficiarios finales.

- En síntesis, la incorporación de nueva infraestructura bajo los esquemas actuales de financiamiento y subsidios podría volver financieramente insostenible en el mediano plazo la operación de los sistemas, agudizando la incertidumbre en la disponibilidad de recursos presupuestales para funciones de operación y mantenimiento, y perjudicando con ello la calidad de los servicios.

### 5.3 Identificación de problemas críticos actuales y prospectiva

#### Marco urbano y social

- La presión demográfica y del desarrollo urbano impacta de manera muy fuerte a la disponibilidad y la calidad del agua en el Valle. Origina sobrexplotación, hundimientos del terreno y daños a la infraestructura. Es el factor clave desencadenante del agudo estrés hídrico del Valle.
- Hay previsiones de un crecimiento adicional de 4.6 millones de habitantes en la Zona Metropolitana (hacia el sur del D.F., el Estado de México y el Estado de Hidalgo).
- Debe equilibrarse la necesidad de vivienda y la libertad de asentamiento de la población con la consideración del agua como el recurso limitante clave. Nuevas normas y formas de autorización de desarrollos urbanos deben implementarse, incluyendo posiblemente una nueva autoridad competente en la materia.
- El modelo dominante basado en la gestión de la oferta y las grandes obras para el desalojo de las aguas pluviales y residuales debe cambiarse **urgentemente**. Deben crearse los incentivos y mecanismos económicos para mejorar las eficiencias técnicas y económicas en el uso del agua en la región.
- Debe implementarse un nuevo modelo de gestión integrada del ciclo urbano del agua, que considere nuevas formas de diseño del espacio urbano, sistemas de drenaje sostenible (que permitan manejar mejor las aguas pluviales y propiciar la recarga), nuevas tecnologías para el reúso del agua y modelos de desarrollo habitacional vanguardistas.
- Es importante propiciar una adecuada valoración social del recurso y los servicios hídricos, para generar mejores hábitos en el uso del agua, más participación ciudadana y una justa retribución vía tarifas.

#### Disponibilidad del agua

- Del lado de la oferta, en el contexto del cambio climático se ha previsto una captación más baja en los sistemas de presas que abastecen al Valle, lo que recrudecerá el estrés hídrico.

- Del lado de la demanda, no se detendrá el crecimiento poblacional ni la extensión de la mancha urbana, a menos que se implanten medidas radicales de reordenamiento.
- Es indispensable dar la importancia y los recursos necesarios para la medición y monitoreo de las variables climáticas e hidrológicas, utilizando tecnología de punta, y realizando los estudios necesarios para contar con el mejor conocimiento posible de la disponibilidad natural real de aguas superficiales y subterráneas. El análisis de cuencas y acuíferos debe responder a su unidad física e hidrogeológica.

### **Administración de los usos**

- La administración del agua es responsabilidad central de CONAGUA, bajo un orden de prelación definido con el concurso del Consejo de Cuenca. A pesar de que en el Valle no se otorgan nuevas concesiones, el control de las existentes rebasa los recursos y capacidades actuales del OCAVM.
- Los nuevos desarrollos urbanos e industriales se basan en la posesión de derechos en papel que no siempre implican que exista el recurso en los sitios actuales del desarrollo. Esto ha agravado la escasez en ciertas zonas del Valle.
- La transmisión de los derechos debería ser reorganizada y el marco legal reformado, para que CONAGUA tenga facultades para limitar más las relocalizaciones, ya que actualmente hay transmisiones que originan más sobreexplotación en zonas ya afectadas por conos de abatimiento. Las decisiones de autorización de relocalización de pozos deberían estar basadas en el análisis técnico detallado de su impacto local y regional en el acuífero.
- Debe explorarse con más énfasis la liberación de aguas de primer uso que se utilizan en la agricultura, mediante el intercambio por aguas residuales tratadas.

### **Demandas de agua**

- Se requiere mejorar las bases para la planeación de la demanda. El D. F. se ha mantenido constante en su demanda, pero ésta ha seguido creciendo en el Estado de México, donde recientemente se estabilizan los municipios más poblados y crecen más rápido los municipios intermedios. Los modelos de estimación de la demanda deben ser más especializados.
- Una forma de reducir la demanda per cápita es generar programas más ambiciosos de reducción de fugas, en particular mediante la sustitución de tomas y de redes con alta incidencia de fugas, dando mayor impulso a los programas de sectorización. Todos los sistemas de abastecimiento del Valle deberían contar con estándares adecuados de medición, control de presiones y gestión de la distribución.
- Se han identificado discrepancias entre los volúmenes aprovechados según los registros de CONAGUA y los realmente extraídos. Es fundamental tener la mejor contabilidad de las

demandas que sea posible, con tecnología de punta.

### **Balance hídrico**

- Los balances son calculados sin considerar usos ambientales, lo que debe corregirse donde proceda.
- Al considerar los retornos de aguas residuales, el balance en volumen parece siempre positivo, pero no se atiende a la calidad de dichos retornos, que no siempre permite su reúso.

### **Calidad del agua**

- Hay evidencias de un proceso gradual de deterioro ambiental que afectará la disponibilidad natural del recurso.
- Es de la mayor importancia contar con información para caracterizar la calidad del agua en la zona de estudio y su zona de influencia, con objeto de planificar su recuperación y manejo.
- El sistema Cutzamala presenta evidencias de eutrofización; es urgente implementar un programa de control de descargas para no afectar la disponibilidad del recurso, en especial en presencia de la variabilidad climática que tiene también impactos en la calidad.
- También las zonas de captación de los pozos del Lerma y del Valle del Mezquital presentan un deterioro ambiental que puede afectar en el futuro la calidad de las aguas subterráneas que se incorporen al Valle.

### **Hundimiento del terreno**

- Aunque se trata de una problemática asociada a las zonas que ocuparon los lagos, la sobreexplotación no es el único factor que lo está produciendo. Sin embargo, es importante que se asigne claramente la responsabilidad para dar seguimiento a la evolución de la problemática, en una entidad vinculada a temas de seguridad y protección civil.

### **Abastecimiento de agua**

- La ineficiencia en la distribución se refleja en una demanda que podría reducirse para ampliar la vida útil de los sistemas de abastecimiento en bloque. Urge implementar medidas concretas para mejorar sensiblemente la eficiencia.
- En los sistemas de abastecimiento de agua en bloque se ha venido corrigiendo la falta de mantenimiento preventivo, pero no debe descuidarse ese tema.
- La falta de agua y servicios continuos y de calidad está propiciando un mercado de agua en carros cisterna, bajo controles menos estrictos de calidad.

- No debe haber excepciones: todo el servicio y la distribución deben ser medidos para facilitar la gestión eficiente de los sistemas.

### **Saneamiento**

- Debe seguirse impulsando la construcción de plantas de tratamiento, garantizando recursos para su operación para mantenerlas en funcionamiento, con tarifas adecuadas.
- La planeación de los proyectos de saneamiento debe ser más efectiva, incluyendo el ciclo de vida completo.
- Debe seguirse apoyando el reúso de las aguas tratadas, generando incentivos para crear los mercados.

### **Eventos de inundación y medidas de mitigación**

- En el contexto de cambio climático, la presencia de más fenómenos extremos agudizará la problemática y dificultará la operación de la infraestructura existente.
- Debe revisarse con urgencia la red de drenaje del Valle, ya que las grandes obras de desahorro no serán suficientes si la infraestructura secundaria no funciona adecuadamente.
- Debe seguirse mejorando el protocolo y la operación de los sistemas de drenaje con base en la mejor tecnología disponible y modelos de simulación.
- La mejora del control del uso del territorio debe también comprender mejores criterios de desarrollo y diseño urbano, estableciendo áreas de reserva e incluyendo sistemas de drenaje sustentables, para propiciar la retención, detención o retardo de los escurrimientos antes de que alcancen los sistemas de drenaje.

### **Marco jurídico**

- Debe ajustarse el marco jurídico para propiciar una mayor coparticipación de los órdenes de gobierno.
- Las acciones y programas que requiere el Valle de México deben tener correspondencia en modificaciones al marco legal. La situación del Valle es crítica; se necesita una reforma institucional de fondo, con base en las reformas legales correspondientes.

### **Finanzas**

- Es importante dar al sistema financiero del agua en el Valle de México una mayor coherencia entre origen y aplicación de los recursos, más eficiencia económica en su aplicación, una distribución equitativa de los costos y reducir la brecha entre recursos y necesidades.
- La reorganización institucional del Valle de México, mediante la creación de una entidad

metropolitana que opere bajo criterios empresariales y con base en una planeación financiera integral, hará posible captar más recursos financieros, incluyendo mercados nacionales e internacionales y la participación privada. Ello permitirá acometer los retos de la prestación sostenible de los servicios de abastecimiento de agua, drenaje y saneamiento.

En este primer documento se ha analizado la compleja problemática técnica, financiera, legal y socioeconómica que ha dado origen a una crisis ambiental e hidrológica de proporciones dramáticas en el Valle de México.

Una primera gran conclusión apunta a la urgencia de transformar de fondo el marco legal y financiero bajo los que funciona la gestión del agua del Valle de México. En los años recientes se han emprendido importantes tareas para mejorar el conocimiento de la disponibilidad natural y los usos del agua en la región; construir obras de infraestructura metropolitana para atender problemas que permanecían rezagados; actualizar el mantenimiento de los sistemas e instrumentar mecanismos para mejorar la coordinación operativa de los participantes en la gestión del agua del Valle. Sin embargo, las dimensiones de los retos pendientes requieren de una reorganización de fondo del marco institucional, bajo las siguientes directrices:

- a) Reformular los “**flujos de decisiones**”. Mejorar los procesos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, perfeccionando los mecanismos para captar y procesar la información, tomar decisiones operativas y asignar de manera adecuada los riesgos y las responsabilidades. Es importante que CONAGUA se concentre mucho más en su función de custodia de las aguas nacionales en la región, derivando responsabilidades operativas hacia una entidad metropolitana que se encargue progresivamente de operar los sistemas primarios de drenaje metropolitanos y los sistemas de abastecimiento de agua.
- b) Conocer mejor y manejar más adecuadamente los “**flujos del agua**”, implementando un modelo de gestión integrada del ciclo urbano del agua, en cantidad, calidad y disponibilidad, mediante el uso de sistemas y modelos con la mejor tecnología disponible.
- c) Reformular el sistema de “**flujos de dinero**”, a través de una reingeniería integral al sistema financiero del agua bajo criterios de eficiencia económica, suficiencia presupuestal, equidad y estabilidad de los flujos.

En el siguiente informe, se propondrán las líneas para el diseño de un nuevo marco institucional y sus mecanismos de implantación, basados en el actual diagnóstico.

## 6 Referencias

### 6.1 Bibliografía

“Estadísticas del agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII”. Organismo De Cuenca Aguas Del Valle De México. Diciembre 2011

“Estadísticas Del Agua De La Región Hidrológico-Administrativa XIII”. Aguas Del Valle De México. Edición 2009

“Estadísticas del Agua en México”. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Marzo 2011

“El gran reto del agua en la ciudad de México”. SACMEX. 2012.

“Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la ciudad de México en el contexto de cambio climático. Informe final”. Centro Virtual de Cambio Climático. 2009

“Acciones de infraestructura de drenaje y abastecimiento de agua en el Valle de México 2007 – 2012”. CONAGUA. 2012

“Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, para la planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, estado de Hidalgo “PTAR Atotonilco””. CONAGUA. 2010.

“Las tarifas de agua potable en la zona metropolitana de la ciudad de México, 1992 – 2002 ¿hacia una política de la administración de la demanda?”. Boris Marañón Pimentel. 2002.

“Apoyo a la Preparación del Proyecto de Agua y Saneamiento del Valle De México”. Luis Mario Aguilar y Maya. 2008.

“Directorio de Organismos Operadores”. Comisión del Agua del Estado de México. 2009 – 2012

“Sistema Hidrológico del Valle de México”. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Diciembre 2007

“Directorio Estatal del Agua y Alcantarillado”. Comisión Estatal del Agua y Alcantarillado. Mayo 2011

“Balance Hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México” Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado del Estado de Hidalgo, 2011.

“Avances en la coordinación del seguimiento del hundimiento del subsuelo del Valle de México”. Laboratorio de Geoinformática, Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de

la UNAM, 2012.

“Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”. SEMARNAT 2005.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". SSA (Secretaría de Salud). 1995.

“Calidad del Agua en el Valle de México”. CONAGUA. 2001.

“Guidebook to studies of land subsidence due to ground-water withdrawal”. Comisión de Aguas del Valle de México.

“Los suelos Lacustres de la Ciudad de México”. Díaz-Rodríguez, J. A. 2005.

“Influence of artesian wells on the sinking of Mexico City”. Carrillo, N. 1948.

“Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que reforma la de 5 de Febrero de 1857”. Congreso Constituyente. Febrero de 1917

“Ley Orgánica de la Administración Pública Federal”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 29 de Diciembre de 1976.

“Ley Federal de las Entidades Paraestatales”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 14 de Mayo de 1986.

“Ley de Asociaciones Público Privadas”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 16 de Enero de 2012.

“Ley de Coordinación Fiscal”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 27 de Diciembre de 1978.

“Ley de Planeación”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 5 de Enero de 1983.

“Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 28 de Enero de 1988.

“Ley Federal de Derechos”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 31 de Diciembre de 1981.

“Ley de Aguas Nacionales”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Junio 2012

“Reglamento De La Ley De Aguas Nacionales”. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 12 de Enero de 1994.

“Reglamento Interior de la CONAGUA”. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Noviembre de 2006.

“Constitución Política para el Estado de Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 1 de Octubre de 1920.

“Ley de Ingresos para el municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 2012.

“Ley Orgánica Municipal del Estado de Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 16 de abril de 2001

“Bando de Policía y Buen Gobierno del Municipio de Tulancingo de Bravo”. H. Asamblea Municipal. 21 de noviembre de 1995.

“Decreto de Creación del Bando de Policía y Gobierno del Municipio de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo”. Décima Séptima Sesión Ordinaria Pública del Honorable Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo. 16 de Abril de 2009.

“Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 13 de Junio de 1994.

“Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 24 de Noviembre de 2003.

“Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 30 de Diciembre de 1998.

“Código Fiscal Del Estado De Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 30 de Diciembre de 2000.

“Ley Estatal de Agua y Alcantarillado para el Estado de Hidalgo”. Cámara de Diputados del H. Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Hidalgo. 30 de Diciembre de 1999.

“Ley Orgánica de la Administración Publica del Distrito Federal”. Cámara de Diputados de la H. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. Diciembre de 1998

“Decreto por el que se expide la Ley de Planeación Demográfica y Estadística para la Población del Distrito Federal”. Cámara de Diputados de la H. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. 10 de Noviembre de 2008.

“Decreto de Ley de Planeación del Desarrollo del Distrito Federal”. Cámara de Diputados de la H. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. 27 de Enero de 2000.

“Decreto Ley de Aguas del Distrito Federal”. Cámara de Diputados de la H. Asamblea Legislati-

va del Distrito Federal. 27 de Mayo de 2003.

“Código Fiscal del Distrito Federal”. Cámara de Diputados de la H. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. 23 de Enero de 2010.

“Decreto de Ley Ambiental del Distrito Federal”. Cámara de Diputados de la H. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. 13 de Enero de 2000.

“Constitución Política del Estado libre y soberano de México”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 27 de febrero de 1995.

“Decreto No. 101-Ley que crea al Organismo Público Descentralizado Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 18 de enero de 1999.

“Ley de Planeación del Estado de México”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 11 de enero de 1984.

“Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 17 de septiembre de 1981.

“Ley Orgánica Municipal del Estado de México”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 22 de septiembre de 1992.

“Bando Municipal de Policía y Buen Gobierno de Valle de Chalco Solidaridad 2012”. H. Ayuntamiento Constitucional de Valle de Chalco Solidaridad. 21 de enero del 2012.

“Bando Municipal de Toluca 2012”. H. Ayuntamiento Constitucional de Valle de Toluca. 5 de febrero del 2012.

“Bando de Policía y Buen Gobierno del Municipio de Cuauhtepic de Hinojosa, Hidalgo”. H. Asamblea Municipal de Cuauhtepic de Hinojosa. 22 de enero del 2001.

“Código para la biodiversidad del Estado de México”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 13 de mayo de 2005.

“Código Financiero del Estado de México y Municipios”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 4 de diciembre 1998.

“Ley del Agua para el Estado de México y Municipios”. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado De México. 22 de julio de 2011.

“Constitución Política del Estado libre y soberano de Tlaxcala”. H. Congreso del Estado libre y soberano De Tlaxcala. 29 de julio de 2008.

“Ley de Aguas del Estado de Tlaxcala”. H. Congreso del Estado libre y soberano De Tlaxcala. 10 de diciembre del 2001.

“Análisis comparativo de políticas relacionadas con el sector agua”. Banco Mundial De México. Junio 2006

“Fideicomiso irrevocable de administración y fuente de pago para apoyar el proyecto de saneamiento del Valle de México”. Gobierno Del Distrito Federal. 2009

“Esquemas de financiamiento del sector agua en México: Lecciones de la experiencia nacional e internacional”. Banco Mundial De México. Noviembre 2005.

“Rethinking the role of the state in finance”. The World Bank. 2012

“Directorio de gerencias regionales de la CAEM”. Comisión del Agua del Estado de México. Septiembre 2012

“Programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas (APAZU). Manual de operación y procedimientos”. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Gerencia de Programas Federales de Agua Potable y Alcantarillado. Septiembre 2010

“Proyectos estratégicos de agua potable, drenaje y saneamiento”. Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado. Septiembre 2012

“Acuerdo por el que se dan a conocer las cuotas y tarifas para el ejercicio fiscal de 2012 previstas en el título tercero “de los ingresos del estado” capitulo segundo “de los derechos” del código financiero del Estado de México y municipios”. Gaceta del Gobierno, Poder Ejecutivo del Estado, Secretaria de Finanzas. Enero 2012

“Primer taller regional del Ordenamiento Ecológico del Territorio de la cuenca del Valle De México, (correspondiente al Estado de Hidalgo)”. SEMARNAT. Marzo 2012

“Manual de Operación y Procedimiento del Programa de Mejoramiento de Eficiencias de Organismos Operadores”. SEMARNAT. Noviembre 2010

“La presa de oro negro”. Amparo Trejo. 2012

“Programa de Saneamiento del Valle de México”. BANOBRAS. 1996.

“Consejo de Cuenca del Valle de México. Programa de gestión del CCVM”. Ingeniería y Gestión Hídrica S.C. 2012.

“Política Nacional para la gestión integral del recurso hídrico”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Marzo 2010

“2ª Reunión de puntos focales de agua de los gobiernos de las Américas ante la OEA”. Instituto Nacional de Recursos Naturales. 2008

“Informe de rendición de cuentas 2006-2012”. BANOBRAS. 2011

“Comunicado de Prensa No 101-09”. CONAGUA. 2009

“Diagnóstico resumido de los problemas de abastecimiento de agua y de inundaciones en el Valle de México”. Revista Digital Universitaria. 2011

“Desarrollo de un modelo para la gestión integrada de recursos hídricos, que promueva equidad, reducción de pobreza y desarrollo del país, bajo el concepto de desarrollo sostenible”. Universidad del Valle. 2012

“Construyendo la política del recurso hídrico en el salvador hacia la gobernabilidad en la gestión del agua. Por una nueva cultura”. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011.

## 6.2 Entrevistas

Entrevistado	Cargo
Ing. Miguel A. Vázquez Saavedra	Director General del Organismo de Cuenca de Aguas del Valle de México (OCAVM)
Fecha: 20 de septiembre de 2012	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciones del OCAVM</li> <li>• Características del Sistema Cutzamala</li> <li>• Coordinación inter-institucional</li> <li>• Drenaje del Valle de México</li> <li>• Organismo Operador Metropolitano</li> <li>• Recomendaciones</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Carlos Ruiz Quintana	Administración del Agua, Director de Administración del Agua del OCAVM
Fecha: 21 de septiembre de 2012	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación interinstitucional</li> <li>• Problemática específica del financiamiento</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Ramón Aguirre Díaz	Director General del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)
<b>Fecha: 25 de septiembre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de drenaje</li> <li>• Protocolo de Operación y Organismo Metropolitano</li> <li>• Planeación y Organismo Metropolitano</li> <li>• Financiamiento</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Edgardo Castañeda Espinosa	Director General del Programa Hidráulico de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)
Ing. Raúl Millán López	Director de Planeación y Programación de la CAEM
<b>Fecha: 26 de septiembre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación institucional</li> <li>• Recomendaciones</li> <li>• Otros actores y documentos</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Ismael Alatorre Muñoz	Director de Operación Hidráulica del OCAVM
<b>Fecha: 26 de septiembre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación actual de la coordinación interinstitucional en materia de desalojo de aguas pluviales</li> <li>• Organismo Metropolitano</li> <li>• Problemática y alternativas</li> <li>• Estudios</li> <li>• Propuesta de otros contactos</li> <li>• Documentación</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Martín Ortiz Montes	Director Técnico del OCAVM
Ing. Ramón López Flores	Subgerente de Ingeniería de Ríos del OCAVM
Ing. Víctor Tlapa Reyes	Subgerente del Consultivo Técnico y de Normas
<b>Fecha: 2 de octubre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciones de dirección técnica</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Ramiro Gutiérrez Wood	Subgerente de Operación, Dirección de Agua Potable y Saneamiento del OCAVM
Ing. David Lemus Bloch	Presidente General, Dirección de Agua Potable y Saneamiento del OCAVM
Ing. Juan Daniel Mc Naught González	Subgerente de Agua Potable, Dirección de Agua Potable y Saneamiento del OCAVM
<b>Fecha: 2 de octubre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemática del agua en bloque</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Clemente Trejo Domínguez	Subgerente de Programación de Oficinas Centrales, CONAGUA
<b>Fecha: 2 de octubre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemática</li> <li>• Temas importantes</li> <li>• Ejercicio presupuestal</li> <li>• Organismo Metropolitano</li> <li>• Contactos potenciales</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Hugo Francisco Parra Tabla	Gerente Operativo del Consejo de Cuenca del Valle de México
Fecha: 4 de octubre de 2012	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación interinstitucional</li> <li>• Operación y proyectos</li> <li>• Mecanismos de financiamiento</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Antonio Fernández Esparza	Gerente de Estudios y Proyectos de Oficinas Centrales de la CO-NAGUA
Ing. Leopoldo Rodríguez Varela	Subgerente e Estudios y Proyectos de Oficinas Centrales de la CONAGUA
Fecha: 30 de octubre de 2012	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antecedentes del Fideicomiso 1928</li> <li>• Planeación</li> <li>• Organismo Metropolitano</li> <li>• Protocolo de Operación</li> <li>• Fuentes de Abastecimiento</li> <li>• Estimación de inversiones necesarias</li> <li>• Referencias documentales</li> <li>• Contactos</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Manuel D'Argence García	Subdirector General de Administración y Finanzas, OOAPAS Naucalpan, Estado de México
Fecha: 1 de noviembre de 2012	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunas cifras del Organismo</li> <li>• Finanzas del agua</li> <li>• Tarifas</li> </ul>	

Entrevistado	Cargo
Ing. Héctor Fernández Esparza	Gerente de Ingeniería, Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México.
Ing. Franz Keller Lapayre	Gerente de Tenencia de la Tierra y Atención Social, Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México.
Lic. José Ramón Romero Aranzolo	Especialista en Hidráulica, Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México.
<b>Fecha: 6 de noviembre de 2012</b>	
<b>Objeto</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación interinstitucional</li> <li>• Estudios y planeación</li> <li>• Financiamiento</li> <li>• Operación</li> </ul>	

## 7 Glosario de Términos

APAS: Agua Potable, Abastecimiento y Saneamiento.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

CAEM: Comisión del Agua del estado de México.

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

COTAS: Comités Técnicos de Aguas Subterráneas.

CVCCCM: Centro Virtual de Cambio Climático Ciudad de México.

DOF: Diario Oficial de la Federación.

GDF: Gobierno del Distrito Federal.

ICA: Índice de Calidad del Agua.

LAN: Ley de Aguas Nacionales.

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

LFD: Ley Federal de Derechos.

OCAVM: Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PAI: Plan de Acción Inmediata.

PEF: Programa de Estímulos Fiscales.

PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

PP Madín: Planta Potabilizadora Madín.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

REPDA: Registro Público de Derechos del Agua.

RHA XIII: Región Hidrológico Administrativa XIII.

SACMEX: Sistema de Aguas de la Ciudad de México (anteriormente SACM).

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SGAA: Subdirección General de Administración del Agua.

SDT: Sólidos Disueltos Totales.

SSA: Secretaría de Salud.

TEO: Túnel Emisor Oriente.

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México.