

EL COLEGIO DE MÉXICO

CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS, URBANOS Y AMBIENTALES

“LA EFICACIA EN LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE EN EL DISTRITO FEDERAL: PROPUESTA DE UN MODELO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS”

*Tesis presentada por:
Fabiola Sagrario Sosa Rodríguez
Promoción 2005-2008
Para optar por el grado de
DOCTORA EN ESTUDIOS URBANOS Y AMBIENTALES*

**Director de Tesis
Dr. Manuel Perló Cohen**

**Lectora de Tesis
Dra. Judith Domínguez Serrano**

*México, D.F.
Noviembre de 2009*

Agradecimientos

*“No existe discípulo superior al maestro.
Todo discípulo perfecto deberá ser como el maestro”*

Lucas, 6, 40

He tenido la fortuna de conocer muchas personas que me han enseñado cosas invaluable y me han permitido realizar cada uno de los capítulos de esta investigación con mucho amor. La lista de todas ellas es enorme. Nunca me faltaron palabras de aliento y consejos para cumplir este gran sueño.

En donde quiera que se encuentre mi querida Consuelito, le agradezco el haberme permitido aprender con su ternura, amor por la vida y respeto por el prójimo, que la investigación requiere de vocación social, ya que detrás de cada libro, artículo o reporte siempre existe un rostro humano.

Doy las gracias a mis profesores de El Colegio de México por compartir conmigo sus conocimientos, particularmente, a la Dra. Judith Domínguez por su paciencia y aliento para superarme como profesionista; así como, a mis sinodales del Comité de Aprobación, la Dra. Marisa Mazari y el Profesor Boris Graizbord, por sus útiles comentarios en la revisión de esta investigación. También agradezco a los funcionarios del Sistema de Aguas de la Ciudad de México su colaboración en el estudio de un tema tan relevante como la gestión del agua.

Hago manifiesta mi gratitud a mi familia y amigos. A mi madre, mi padre y mi hermano, a quienes amo profundamente y por quienes cada día trato de ser mejor. Mi familia siempre ha estado a mi lado en esta gran aventura que llamamos vida.

En especial, agradezco al Dr. Manuel Perló su apoyo incondicional, guía y motivación para realizar el mayor esfuerzo. Siempre con una visión crítica, pero justa y llena de aliento. De este gran investigador y ser humano he aprendido que no existen límites para

alcanzar lo que uno desea. Es un honor que fuera, y para mí siempre seguirá siendo, mi maestro.

Índice

Introducción	7
Capítulo 1. La ineficacia en la gestión del agua como elemento generador de riesgos	
1.1 <i>La gestión del agua y su eficacia</i>	14
1.1.1 <i>Objetivos de la gestión</i>	18
1.1.2 <i>Eficiencia versus Eficacia</i>	21
1.1.3 <i>Evaluación de la eficacia</i>	21
1.2 <i>El estudio del riesgo</i>	27
1.2.1 <i>Teorías para el estudio del riesgo</i>	36
1.2.2 <i>Estimación, evaluación y gestión del riesgo</i>	42
1.2.3 <i>Riesgos relacionados con el agua</i>	42
1.3 <i>Propuesta de un modelo de evaluación de riesgos</i>	56
1.3.1 <i>Área de estudio y unidades de análisis</i>	58
1.3.2 <i>Modelo de evaluación de riesgos por la ineficacia en la gestión del agua</i>	65
1.3.3 <i>Representaciones de los riesgos en actores clave</i>	68
1.4 <i>Conclusiones del capítulo</i>	68
Capítulo 2. Historia de los riesgos relacionados con el agua en la capital del país y las obras hidráulicas para resolverlos	
2.1 <i>Obras hidráulicas de la Colonia al Porfiriato</i>	72
2.1.1 <i>Tenochtitlán: acueductos, diques, acequias y albardones</i>	75
2.1.2 <i>La Colonia: pozos artesianos, túneles y canales</i>	79
2.1.3 <i>La Independencia: ausencia de obras hidráulicas</i>	80
2.1.4 <i>El Porfiriato: el Gran Canal de Desagüe</i>	80
2.2 <i>Drenaje Profundo, PAI y Sistemas Lerma-Cutzamala</i>	87
2.2.1 <i>Sistema de Drenaje en el Distrito Federal</i>	89
2.2.2 <i>Suministro de agua a los capitalinos</i>	95
2.2.3 <i>Tratamiento y reuso de las aguas residuales</i>	95
2.3 <i>Los servicios de agua y drenaje en la actualidad</i>	100
2.3.1 <i>Suministro de agua</i>	104
2.3.2 <i>Problemas en el suministro</i>	110
2.3.3 <i>Disposición y tratamiento de las aguas residuales</i>	115
2.3.4 <i>Medición, facturación, recaudación e inversión</i>	119
2.4 <i>Conclusiones del capítulo</i>	119
Capítulo 3. Responsabilidades, estrategias y acciones: la doble racionalidad en la gestión	
3.1 <i>Responsabilidades y estrategias en la gestión de los riesgos</i>	123
3.1.1 <i>Visión y objetivos</i>	124
3.1.2 <i>Marco institucional y legal</i>	132
3.1.3 <i>Planificación para la mitigación y prevención</i>	132
3.2 <i>Responsabilidades y estrategias de la gestión del agua</i>	136
3.2.1 <i>Visión y objetivos</i>	138
3.2.2 <i>Marco institucional y legal</i>	150
3.2.3 <i>Planificación de la gestión del agua</i>	150
3.3 <i>Las racionalidades de la gestión: el caso del Drenaje Profundo</i>	155
3.3.1 <i>Representaciones de los riesgos relacionados con el agua</i>	161
3.3.2 <i>La construcción y operación del Drenaje Profundo</i>	164
3.3.3 <i>Las dos lógicas: formal y no-formal</i>	164

3.4 Conclusiones del capítulo	166
-------------------------------------	-----

Capítulo 4. Evaluación de los riesgos generados por la gestión del agua en el Distrito Federal

4.1 Evaluación de la eficacia	
4.1.1 Eficacia en el suministro de agua en el DF	169
4.1.2 Eficacia para garantizar la calidad del agua	178
4.1.3 Eficacia en el servicio de drenaje	189
4.1.4 Índice de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA)	197
4.2 Evaluación de la vulnerabilidad	
4.2.1 Amenazas Físicas	200
4.2.2 Bienestar Social	208
4.2.3 Capacidades Económicas	221
4.2.4 Representación Política y Atención Gubernamental	227
4.2.5 Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA)	232
4.3. Evaluación de los riesgos	
4.3.1 Riegos por problemas en la prestación del servicio de drenaje (RDREN)	237
4.3.2 Riegos por problemas en la prestación del servicio de agua (RSUM)	238
4.3.1 Riegos por el incumplimiento de los estándares de calidad (RCAL)	238
4.4 Conclusiones de los índices	239
5. Conclusiones Finales	244
6. Bibliografía	249
7. Siglas y acrónimos	260
8. Anexos	
Anexo I. Información estadística	261
Anexo II. Relaciones entre las variables de los índices	266

Índice de Cuadros

<i>Cuadro 1.1 Principios rectores para la gestión del agua de la Declaración de Dublín</i>	15
<i>Cuadro 1.2 Objetivos de la gestión del agua</i>	17
<i>Cuadro 1.3 Eficiencia v.s. Eficacia</i>	20
<i>Cuadro 1.4 Variables utilizadas en los modelos multivariados para medir la eficacia</i>	22
<i>Cuadro 1.5 Modelos para evaluar la eficacia de la gestión</i>	23
<i>Cuadro 1.6 Indicadores utilizados para evaluar la eficacia de la gestión del agua</i>	25
<i>Cuadro 1.7 Modelos “Grid-Group”</i>	31
<i>Cuadro 1.8 La clasificación de los riesgos con base en las principales perspectivas teóricas</i>	32
<i>Cuadro 1.9 Definición y estimación del riesgo</i>	39
<i>Cuadro 1.10 Conceptualización y estimación de la vulnerabilidad</i>	41
<i>Cuadro 1.11 Conceptualización y estimación de los riesgos relacionados con el agua</i>	52
<i>Cuadro 1.12 Conceptualización y estimación de la vulnerabilidad relacionada con el agua</i>	55
<i>Cuadro 1.13 Índice de Ineficacia en la Gestión del Agua (IEGA)</i>	61
<i>Cuadro 1.14 Índice de Vulnerabilidad ante la ineficacia en la gestión del agua (VIGA)</i>	63
<i>Cuadro 1.15 Actores clave entrevistados</i>	66
<i>Cuadro 1.16 Guía de preguntas</i>	67
<i>Cuadro 2.1 Lagos de la Cuenca de México en la época prehispánica</i>	72
<i>Cuadro 2.2 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en Tenochtitlán</i>	74
<i>Cuadro 2.3 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en la Colonia</i>	78
<i>Cuadro 2.4 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en el Porfiriato</i>	84
<i>Cuadro 2.5 Infraestructura hidráulica en la ciudad desde Tenochtitlán hasta el Porfiriato</i>	85
<i>Cuadro 2.6 Hundimiento de la Ciudad de México</i>	90
<i>Cuadro 2.7 Etapas del Sistema Cutzamala</i>	94
<i>Cuadro 2.8 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en el siglo XX</i>	98
<i>Cuadro 2.9 Infraestructura hidráulica en el Distrito Federal en el siglo XX</i>	99
<i>Cuadro 2.10 Fuentes y caudal suministrado al Distrito Federal</i>	101
<i>Cuadro 2.11 Caudal suministrado por el Sistema Lerma y el Sistema Cutzamala</i>	102
<i>Cuadro 2.12 Infraestructura hidráulica para el suministro de agua en el Distrito Federal</i>	103
<i>Cuadro 2.13 Volúmenes de recarga y extracción en los acuíferos de la Cuenca de México</i>	105
<i>Cuadro 2.14 Caudal perdido en el Distrito Federal</i>	106
<i>Cuadro 2.15 Límites bacteriológicos, físicos, químicos y radiológicos en el agua para su consumo</i>	108
<i>Cuadro 2.16 Tratamientos para potabilizar el agua dependiendo del tipo de contaminante</i>	109
<i>Cuadro 2.17 Infraestructura de drenaje en el Distrito Federal</i>	111
<i>Cuadro 2.18 Tarifas por m³ de agua tratada en el Distrito Federal</i>	114
<i>Cuadro 2.19 Tomas, agua producida y facturación en el Distrito Federal, 2003</i>	115
<i>Cuadro 2.20 Gasto de los organismos operadores en el Distrito Federal, 2004</i>	115
<i>Cuadro 2.21 Recaudación y pago del suministro de agua en bloque en el Distrito Federal, 2004</i>	116
<i>Cuadro 2.22 Costo del agua consumida en el Distrito Federal de acuerdo con su fuente</i>	117
<i>Cuadro 2.23 Costos para mitigar los riesgos relacionados con el agua en el Distrito Federal</i>	118
<i>Cuadro 2.24 Riesgos relacionados con el agua en el Distrito Federal en el siglo XXI</i>	119
<i>Cuadro 3.1 Objetivos de la gestión de los riesgos en México</i>	123
<i>Cuadro 3.2 Atribuciones de las dependencias federales responsables de la gestión de los riesgos</i>	128
<i>Cuadro 3.3 Atribuciones de las dependencias del GDF responsables de la gestión de los riesgos</i>	131
<i>Cuadro 3.4 Objetivos de la gestión del agua en México</i>	142
<i>Cuadro 3.5 Atribuciones de las dependencias federales responsables de la gestión del agua</i>	142
<i>Cuadro 3.6 Atribuciones de las dependencias del GDF responsables de la gestión del agua</i>	148
<i>Cuadro 3.7 Programas del Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal, 1997-2010</i>	153
<i>Cuadro 3.8 Principales riesgos identificados por los actores clave</i>	156
<i>Cuadro 3.9 Principales riesgos relacionados con el agua identificados por los actores clave</i>	158
<i>Cuadro 3.10 Dependencias responsables identificadas por los actores clave</i>	159
<i>Cuadro 3.11 Eficacia en la mitigación de los riesgos de acuerdo con los actores clave</i>	160
<i>Cuadro 4.1 Suministro y consumo per cápita en el Distrito Federal</i>	170
<i>Cuadro 4.2 Acceso y frecuencia del servicio de agua en el Distrito Federal</i>	171
<i>Cuadro 4.3 Acceso y frecuencia del servicio de agua en las delegaciones</i>	172
<i>Cuadro 4.4 Redes para el suministro de agua en el Distrito Federal</i>	174

Cuadro 4.5 Número de fugas y volumen perdido en el Distrito Federal	175
Cuadro 4.6 Evaluación de la eficacia del suministro de agua (IES)	176
Cuadro 4.7 Calidad del agua en el Distrito Federal	182
Cuadro 4.8 Colonias monitoreadas en el análisis de la calidad del agua en el Distrito Federal	184
Cuadro 4.9 Mortalidad totalidad, infantil y por enfermedades gastrointestinales en el Distrito Federal	187
Cuadro 4.10 Evaluación de la eficacia en la calidad del agua suministrada (ICA)	188
Cuadro 4.11 Acceso al drenaje en el Distrito Federal	190
Cuadro 4.12 Red de drenaje en el Distrito Federal	192
Cuadro 4.13 Encharcamientos e inundaciones en el Distrito Federal	193
Cuadro 4.14 Evaluación de la eficacia de la gestión en la prestación del servicio de drenaje (IED)	196
Cuadro 4.15 Varianza total explicada del modelo IEGA	197
Cuadro 4.16 Evaluación de la eficacia de la gestión del agua en el Distrito Federal (IEGA)	198
Cuadro 4.17 Clasificación del suelo por su permeabilidad y velocidad de infiltración	203
Cuadro 4.18 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones físicas (IAF)	207
Cuadro 4.19 Grupos vulnerables en el Distrito Federal	210
Cuadro 4.20 Acceso a los servicios públicos en el Distrito Federal	211
Cuadro 4.21 Acceso a la educación en el Distrito Federal	213
Cuadro 4.22 Acceso a la información en el Distrito Federal	214
Cuadro 4.23 Acceso a los servicios de salud en el Distrito Federal	216
Cuadro 4.24 Condiciones materiales de las viviendas en el Distrito Federal	218
Cuadro 4.25 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones sociales (IBS)	220
Cuadro 4.26 Ingresos en el Distrito Federal	221
Cuadro 4.27 Estabilidad laboral en el Distrito Federal	224
Cuadro 4.28 Seguros contra inundaciones en el Distrito Federal	225
Cuadro 4.29 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones económicas (IEC)	226
Cuadro 4.30 Organizaciones de la sociedad civil en el Distrito Federal	228
Cuadro 4.31 Participación electoral en el Distrito Federal	229
Cuadro 4.32 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones políticas (IRPA)	231
Cuadro 4.33 Varianza total explicada del modelo VIGA	233
Cuadro 4.34 Evaluación de la Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA)	234
Cuadro 4.35 Evaluación de los Niveles de Riesgo por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA)	236

Índice de Mapas

Mapa 4.1 Consumo de agua per cápita en el Distrito Federal	170
Mapa 4.2 Acceso al agua en el Distrito Federal	172
Mapa 4.3 Fugas en el Distrito Federal	175
Mapa 4.4 Niveles de eficacia en el suministro de agua (IES)	177
Mapa 4.5 Potabilización y tratamiento de las aguas residuales en el Distrito Federal	180
Mapa 4.6 Análisis del cloro residual en el agua suministrada en el Distrito Federal	182
Mapa 4.7 Análisis bacteriológico en el agua suministrada en el Distrito Federal	184
Mapa 4.8 Mortalidad por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en el Distrito Federal	187
Mapa 4.9 Niveles de eficacia en la calidad del agua suministrada (ICA)	189
Mapa 4.10 Acceso al servicio de drenaje en el Distrito Federal	191
Mapa 4.11 Encharcamientos e inundaciones en el Distrito Federal	194
Mapa 4.12 Niveles de eficacia en la prestación del servicio de drenaje (IED)	196
Mapa 4.13 Niveles de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA)	199
Mapa 4.14 Orografía en el Distrito Federal	200
Mapa 4.15 Topografía del Distrito Federal	201
Mapa 4.16 Pluviometría en el Distrito Federal	202
Mapa 4.17 Permeabilidad del suelo en el Distrito Federal	204
Mapa 4.18 Hidrología en el Distrito Federal	205
Mapa 4.19 Hundimientos en el Distrito Federal	206
Mapa 4.20 Niveles de fragilidad de las condiciones físicas (IAF)	208
Mapa 4.21 Hacinamiento en el Distrito Federal	209

<i>Mapa 4.22 Grupos vulnerables en el Distrito Federal</i>	211
<i>Mapa 4.23 Acceso a los servicios públicos en el Distrito Federal</i>	212
<i>Mapa 4.24 Acceso a la educación en el Distrito Federal</i>	214
<i>Mapa 4.25 Acceso a la información en el Distrito Federal</i>	215
<i>Mapa 4.26 Servicios de salud en el Distrito Federal</i>	217
<i>Mapa 4.27 Condiciones materiales de las viviendas en el Distrito Federal</i>	218
<i>Mapa 4.28 Niveles de fragilidad de las condiciones sociales (IBS)</i>	220
<i>Mapa 4.29 Ingresos per cápita en el Distrito Federal</i>	222
<i>Mapa 4.30 Estabilidad laboral en el Distrito Federal</i>	224
<i>Mapa 4.31 Niveles de fragilidad de las condiciones físicas (IEC)</i>	227
<i>Mapa 4.32 Organizaciones de la sociedad civil y mercado electoral en el Distrito Federal</i>	228
<i>Mapa 4.33 Participación electoral en el Distrito Federal</i>	230
<i>Mapa 4.34 Niveles de fragilidad de las condiciones políticas (IRPA)</i>	232
<i>Mapa 4.35 Niveles de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA)</i>	234
<i>Mapa 4.36 Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA)</i>	236
<i>Mapa 4.37 Riesgos por la ineficacia en la prestación del servicio de drenaje (RDREN)</i>	237
<i>Mapa 4.38 Riesgos por la ineficacia en el suministro de agua (RSUM)</i>	238
<i>Mapa 4.39 Riesgos por el incumplimiento de los estándares de calidad (RCAL)</i>	239

Índice de Figuras

<i>Figura 1.1 Tipología de los riesgos con base en sus niveles de subjetividad</i>	36
<i>Figura 1.2 Los procesos de evaluación y gestión de los riesgos</i>	38
<i>Figura 1.3 Clasificación propuesta para el estudio de los riesgos relacionados con el agua</i>	51
<i>Figura 2.1 La Cuenca de México</i>	70
<i>Figura 2.2 Ciclo hidrológico antes de la transformación de la Cuenca de México</i>	71
<i>Figura 2.3 Ciclo hidrológico después de la transformación de la Cuenca de México</i>	71
<i>Figura 2.4 Tenochtitlán</i>	77
<i>Figura 2.5 La Ciudad de México en la Colonia</i>	76
<i>Figura 2.6 La Ciudad de México en el Porfiriato</i>	81
<i>Figura 2.7 El Distrito Federal en la actualidad</i>	91
<i>Figura 2.8 Aguas residuales generadas por el subsector manufacturero en el Distrito Federal</i>	113
<i>Figura 3.1 Instituciones responsables de la gestión de los riesgos en México</i>	127
<i>Figura 3.2 Instituciones responsables de la gestión de los riesgos en el Distrito Federal</i>	131
<i>Figura 3.3 Instituciones responsables de la gestión del agua en México</i>	142
<i>Figura 3.4 Instituciones responsables de la gestión del agua en el Distrito Federal</i>	148
<i>Figura 4.1 Número de lecturas para el monitoreo de la calidad del agua en el Distrito Federal</i>	186

Introducción

La complejidad de los problemas relacionados con el agua se ha convertido en una preocupación mundial que obliga a desarrollar nuevas ideas para mejorar su gestión. Algunos de estos problemas como el incremento de la escasez relativa y desigual distribución del agua, la contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas, o el deterioro de la calidad del agua suministrada, constituyen amenazas para la población y su entorno por los impactos negativos que tienen sobre sus condiciones sanitarias, salud y bienestar.

A pesar de ello, los eventos hidrometeorológicos extremos han recibido una mayor atención a nivel mundial en materia de mitigación y prevención, en comparación con la falta de un suministro de agua que cumpla con los estándares de calidad y la disposición higiénica de las aguas residuales generadas. Las personas que no tiene acceso a estos servicios tienen que recurrir a estrategias alternativas para obtener el agua como pozos, ríos, manantiales, carros cisterna o conexiones ilegales a la red. Estas estrategias no garantizan que el volumen que consumen cumpla con los estándares de calidad y en algunos casos suelen ser más costosas. Por otro lado, la carencia del servicio de drenaje obliga a la población afectada a utilizar fosas sépticas, letrinas, grietas o cuerpos de agua para disponer sus excretas, contaminando las aguas superficiales y subterráneas, así como el aire y suelo.

La comprensión de un fenómeno tan complejo como el riesgo requiere conocer su probabilidad de ocurrencia mediante el uso de diferentes tipos de modelos matemáticos; además, de identificar la percepción social, el reconocimiento gubernamental y el grado de aceptación social. Lo anterior, debido a que el riesgo tiene tanto un componente objetivo como subjetivo. Por consiguiente, la división que frecuentemente hacen las perspectivas teóricas entre el riesgo objetivo y percibido, son categorías analíticas que facilitan su comprensión. Profundizar en el debate sobre la objetividad del estudio de los riesgos sería entrar en una discusión poco fértil, ya que aún en los modelos matemáticos más sofisticados para estimar su probabilidad de ocurrencia están implícitos los valores, ideas e intereses de quienes los diseñaron e hicieron operativos.

En este sentido, esta investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la gestión del agua en el Distrito Federal (DF) ha sido eficaz para reducir los niveles de exposición de sus habitantes a los riesgos que son generados por el incumplimiento o cumplimiento parcial de sus objetivos relacionados con suministrar a la población con un volumen suficiente para satisfacer sus requerimientos mínimos y

que cumpla con los estándares de calidad, así como disponer las aguas residuales generadas de manera rápida, higiénica y segura.

La hipótesis de esta investigación, la cual no fue aceptada con base en los resultados encontrados, establecía que los capitalinos están severamente expuestos a los riesgos que son generados por una gestión del agua ineficaz, debido a la falta de reconocimiento por parte de sus responsables a nivel federal y estatal, que sus acciones y decisiones en materia de suministro, calidad del agua y drenaje, pueden amenazar tanto la salud como el bienestar de la población. Esta falta de reconocimiento ha influido en que las medidas ejecutadas por las instituciones a las que pertenecen se enfoquen en la consecución de objetivos distintos a los mencionados.

Con el fin de verificar esta hipótesis, se utilizaron las aportaciones teóricas y metodológicas de algunas disciplinas de las ciencias sociales y ciencias naturales como: la administración pública, la sociología, la probabilidad y la econometría. De la administración pública se analizaron los conceptos de eficacia y las metodologías existentes para medirla. Aunque no existe un consenso entre las autoridades y los expertos sobre qué significa y cuál es el método más apropiado para estimar la eficacia, la definición más aceptada de este concepto se remite a la consecución de objetivos y metas establecidas, explícita o implícitamente.

En el caso de la sociología, se retomaron los desarrollos teóricos de la perspectiva constructivista. De acuerdo con esta perspectiva, el riesgo emerge en la escena pública por su reconocimiento social y potencialidad para ser utilizado como un elemento de reivindicación política. Actores como funcionarios públicos, expertos, científicos y políticos, tienen una influencia determinante en la construcción de la percepción, reconocimiento gubernamental y aceptabilidad de los riesgos, debido a que la población por sí misma no identifica a qué riesgos está expuesta, estando su reconocimiento y aceptación sujetos a las opiniones, discursos e investigaciones realizadas por los actores mencionados.

Finalmente, se recurrió a las aportaciones de la probabilidad y la econometría para la estimación de los riesgos generados por los diferentes niveles de cumplimiento de la gestión del agua. Para ambas perspectivas teóricas, los riesgos son resultado de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado. A pesar de que una de sus principales limitaciones es que asumen que las actitudes, percepciones y acciones de los individuos son homogéneas, la información que proporcionan sobre la frecuencia e intensidad en que se podrían presentar ciertos eventos no deseados ha sido fundamental para la toma de decisiones en materia de mitigación y prevención.

Como el riesgo es un fenómeno real y a la vez construido, dado que su identificación, selección y medición dependen tanto del contexto social, cultural e histórico como de la evidencia empírica y de los avances en la ciencia y tecnología, su análisis requiere del uso de metodologías cuantitativas y cualitativas. Una de las contribuciones de esta investigación fue analizar las discrepancias entre los niveles de exposición de la población a los riesgos por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, con respecto a la percepción que tienen las autoridades sobre estos riesgos. Para ello, se utilizaron de manera complementaria ambas metodologías.

Ante la falta de propuestas teóricas y metodológicas para evaluar la eficacia de la gestión del agua y los impactos que tienen el incumplimiento o cumplimiento parcial de sus objetivos en la generación de riesgos para la población, fue necesario construir nuevos indicadores que permitieran explicar estos fenómenos de acuerdo con las definiciones más aceptadas de los conceptos de riesgo, vulnerabilidad y amenaza. Mediante estos indicadores se estimaron los diferentes grados en que se han cumplido sus objetivos en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales en el DF; los niveles de vulnerabilidad de la población; al igual que, la intensidad de la exposición de los habitantes de esta entidad a los riesgos generados por los problemas en la prestación de estos servicios.

Los niveles de cumplimiento de los objetivos de la gestión del agua se determinaron por medio del Índice de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA), la fragilidad de la población para hacer frente a las fallas en la gestión del agua mediante el Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA) y los niveles de exposición de los habitantes a los riesgos derivados de la convergencia de ambos fenómenos con el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA). Asimismo, se estimaron los índices de riesgo parcial asociados a cada uno de los problemas de la gestión del agua mencionados: el Índice de Riesgos por la Ineficacia en el Suministro de Agua (RSUM), el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Prestación del Servicio de Drenaje (RDREN) y el Índice de Riesgos por el Incumplimiento de los Estándares de Calidad del Agua (RCAL).

Se emplearon modelos factoriales basados en el método de componentes principales y de máxima verosimilitud. Este tipo de modelo tiene la ventaja de sintetizar en un índice una gran cantidad de variables que fueron medidas con diferentes unidades facilitando su interpretación; además de evitar la presencia de problemas asociados a la multicolinealidad y heterocedasticidad. Los resultados de estos índices fueron normalizados y transformados en unidades decimales para aplicar los criterios de evaluación del sistema escolar mexicano, haciendo su comprensión más accesible para los lectores, así como para los tomadores de decisiones, quienes están familiarizados con este tipo de evaluación.

Como la distribución e intensidad con que se presentan estos riesgos no son homogéneas, las unidades de análisis utilizadas fueron las Áreas Geoestadísticas Básicas (Agebs) y las colonias. Estos espacios geográficos fueron las unidades territoriales más desagregadas para las que existió información. Adicionalmente, las colonias tienen la ventaja de ser entidades en donde sus habitantes comparten ideas, valores y una cultura común sobre los riesgos a los que están expuestos. Para identificar qué zonas están más expuestas a estos riesgos, cuáles son los grupos más vulnerables, y en dónde se presentan más problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, se construyó un Sistema de Información Geográfico (SIG) ad hoc.

La metodología propuesta constituye la aportación más importante de esta investigación pero no está exenta de enfrentar algunos obstáculos, ya que para que los resultados de la evaluación de los riesgos relacionados con el suministro, calidad del agua y drenaje contribuyan de manera oportuna a su mitigación y prevención, no se deben circunscribir al DF. Lo anterior, debido a que su gestión y los impactos que resultan de los problemas en la prestación de estos servicios trascienden los límites político-administrativos de esta entidad. Sin embargo, la falta de información estadística y cartográfica, así como la dificultad para analizar cada una de las entidades que conforman la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y la Cuenca de México -cuyas realidades demográficas, sociales, económicas, políticas, institucionales, ambientales y culturales son diferentes- fueron determinantes para que sólo se abordara el caso del DF.

Adicionalmente, la capital del país es una de las entidades pioneras en la implementación de innovaciones en materia gestión del agua y de riesgos; además de que cuenta con un mayor acervo de información disponible sobre estos servicios, incluidas las representaciones cartográficas de sus aspectos físicos, equipamiento e infraestructura. Evidentemente, la selección del DF como área de estudio definió las preguntas de investigación, la metodología para la evaluación de los riesgos que se propone y las variables operativas que formaron parte de los modelos diseñados.

La información para estimar los modelos mencionados provino de varias fuentes: a) los censos y anuarios estadísticos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); b) los anuarios, publicaciones especiales y reportes de actividades de las instituciones que participan en la gestión del agua en esta entidad, destacando la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) y el Instituto Nacional de Ecología (INE); c) las bases de datos del SACM desagregadas a nivel de colonia; y d) la información cartográfica generada por el INEGI, el SACM y el Instituto Federal Electoral (IFE) relacionada con la delimitación territorial de los Distritos Electorales; los

atributos físicos de esta entidad, y los planos delegacionales de la infraestructura hidráulica. Esta información cartográfica fue georeferenciada e integrada para la conformación del SIG que se utilizó en esta investigación. Varios mapas tuvieron que ser digitalizados al estar disponibles exclusivamente en documentos impresos, mientras que otros requirieron ser actualizados.

En el caso de la metodología cualitativa, se realizaron entrevistas a profundidad para identificar las representaciones de los funcionarios públicos, expertos, científicos y políticos, sobre los riesgos relacionados con el agua. La elección de estos actores obedeció a su capacidad para influir en el reconocimiento y aceptación de los riesgos a los que está expuesta la población. Casi la totalidad de las entrevistas fueron grabadas y transcritas; sólo algunas fueron editadas para facilitar su posterior lectura.

Las preguntas se enfocaron en conocer qué riesgos relacionados con el agua perciben estos actores, cómo evalúan su peligrosidad, qué instancias consideran que son las responsables de mitigarlos y cómo evalúan su desempeño. Algunos de los obstáculos que se presentaron fue la falta de colaboración de algunos de los actores entrevistados para responder las preguntas o hacerlo sin divagar. Este problema no afectó los resultados obtenidos, debido a que fue posible conocer su opinión en conversaciones más informales.

Tanto en las entrevistas como en su análisis se hizo un mayor énfasis en las representaciones asociadas al caso del Drenaje Profundo, ya que su estudio permitió identificar la existencia de dos racionalidades en la gestión: la racionalidad normativa que se sujeta a las disposiciones legales vigentes y la racionalidad no-formal basada en factores políticos y económicos que incluyen los intereses políticos de los diferentes grupos de poder o las rivalidades partidistas.

Bajo este contexto, con el fin de poner en evidencia que los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales son elementos generadores de riesgos, en el primer capítulo se analizaron los avances teóricos y metodológicos para la evaluación de su eficacia, destacando la falta de acuerdos en la definición de sus objetivos y en la medición de sus niveles de cumplimiento. También se abordan los avances teóricos y metodológicos en el estudio de los riesgos, desarrollándose una propuesta metodológica para determinar los niveles de exposición de los capitalinos a los riesgos generados por estos problemas.

En el segundo capítulo, se reflexiona si los niveles de exposición de los habitantes del DF se han incrementado a lo largo del tiempo. Para ello, se analizan las consecuencias de la gestión del agua

desde la época prehispánica hasta la actualidad con base en las obras hidráulicas más importantes que se han edificado, consideradas vitales en su tiempo para garantizar el funcionamiento y supervivencia de la ciudad.

En el tercer capítulo, se analizó qué tan adecuada es la estructura institucional en materia de agua y de protección civil, y qué tipo de racionalidad es la que determina la respuesta de las autoridades responsables. Para ello, se estudió el marco institucional, legal y los instrumentos de planeación que norman la gestión del agua y de los riesgos a nivel federal, así como en el DF. Además, se desarrolló la problemática del Drenaje Profundo para contrastar la presencia de las racionalidades normativa y no-formal en la toma de decisiones.

Finalmente, en el cuarto capítulo para determinar los niveles de exposición de la población que reside en el DF a los riesgos por problemas en la prestación de los servicios mencionados, se estimaron el Índice de Eficacia de la Gestión del Agua (IEGA), el Índice de Vulnerabilidad por la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA) y el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA). Asimismo, se identificó cómo se distribuyen estos fenómenos en las delegaciones y colonias que conforman esta entidad con lo que se determinó en dónde se localiza la población más expuesta a estos riesgos, en qué entidades se concentran los grupos con las condiciones de vida más frágiles y qué colonias son las más afectadas por los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales.

Capítulo 1. La ineficacia en la gestión del agua como elemento generador de riesgos

La necesidad de evaluar el éxito o fracaso de la gestión del agua ha cobrado una mayor importancia en las últimas décadas, haciendo manifiesta la necesidad de diseñar nuevas herramientas metodológicas que faciliten esta tarea. Por lo pronto, no existen acuerdos entre las autoridades ni los expertos sobre qué método es el más apropiado ni cuáles son los objetivos que se deben alcanzar; aunque se le ha dado una mayor importancia a la gestión de la demanda.

La medición de la eficacia de la gestión del agua es una herramienta fundamental para el diseño, implementación y ajuste tanto de las políticas como de los planes en esta materia, al favorecer la identificación de áreas prioritarias a atender por su potencial para poner en riesgo a los habitantes ante la falta o mala calidad de los servicios de agua y drenaje. La población que no tiene acceso a estos servicios se ve forzada a recurrir a estrategias alternativas para obtenerlos. Estas estrategias pueden ser más costosas; además no necesariamente garantizan que el agua obtenida cumpla con los estándares de calidad o que la disposición de las aguas residuales se realice de manera higiénica, existiendo la posibilidad de contaminar el suelo, aire y agua (superficial y subterránea).

Hasta el momento, el enfoque científico-técnico continúa dominando la gestión los riesgos, subordinando frecuentemente el estudio de los eventos atribuidos a las acciones y decisiones de los hombres, a la ocurrencia de eventos naturales extremos. En parte esta situación explica por qué los riesgos generados por el incumplimiento total o parcial de los objetivos de la gestión del agua no han sido suficientemente estudiados, a pesar de sus repercusiones en la salud y bienestar de la población; al igual que, en el funcionamiento de las ciudades.

Con el fin de poner en evidencia, que los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje constituyen elementos capaces de poner en riesgo a las personas, en un primer momento se analizan los avances teóricos y metodológicos para la evaluación de la eficacia de la gestión del agua y la estimación de los niveles de riesgo. Posteriormente, se aborda la propuesta metodológica que se utilizó para determinar la exposición de los habitantes del DF a los riesgos generados por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales; así como para identificar las

representaciones que tienen los funcionarios públicos, expertos, científicos y políticos sobre estos riesgos.

1.1 La gestión del agua y su eficacia

El agua es un recurso fundamental para garantizar la vida social, económica y ambiental de cualquier país. Posee características peculiares que han definido su gestión como: su capacidad de movimiento atribuido al ciclo hidrológico; la presencia de economías de escala en su almacenamiento, transporte y distribución, que favorecen la conformación de monopolios naturales; la diversidad de usos, desde los consuntivos (el riego o el uso industrial) hasta los usos no consuntivos o provenientes del propio caudal (por ejemplo, la generación de electricidad, el transporte fluvial o la pesca), y la interdependencia e interrelación entre sus usuarios, debido a que sus acciones impactan tanto en la disponibilidad como en la calidad del agua que reciben los demás (Solanes y Jouravlev, 2005: 24).

La gestión del agua constituye un proceso complejo que incluye el suministro y monitoreo de la calidad del agua proporcionada a la población, la vigilancia y preservación de las fuentes de donde se obtiene, la construcción y mantenimiento de las obras hidráulicas, el tratamiento de las aguas residuales generadas, la planificación del uso que se le dará a los recursos hídricos, la conformación de una cultura para su consumo racional, la creación de mecanismos de participación social en el proceso de toma de decisiones sobre la prestación de los servicios hídricos y el desarrollo de tecnologías ahorradoras. Hasta el momento, no existe un consenso sobre qué hacer para administrar el agua de manera más eficaz y eficiente.

1.1.1 Objetivos de la gestión

Históricamente, la gestión del agua se ha limitado a garantizar el suministro de este líquido a sus diferentes usos (riego, generación de electricidad, prestación del servicio de agua y procesos productivos), simplificando sus objetivos a un problema de cantidad. Este enfoque basado en la oferta fue una respuesta institucional apropiada en el pasado, cuya finalidad era dotar a todos los mexicanos con un volumen capaz de satisfacer sus requerimientos, por ende, no importaba si se tenía que recurrir a fuentes cada vez más lejanas.

Por las limitaciones de esta perspectiva, ya que no toma en cuenta las externalidades de abastecer un consumo de agua creciente, la estabilidad de los ecosistemas naturales, el deterioro de las fuentes de donde se extrae este recurso, ni la calidad del agua que es abastecida a la población, se desarrollaron

nuevas propuestas teóricas para administrar los recursos hídricos, pasando de una gestión orientada en la oferta hacia una basada en la demanda.

Con esta transición, no sólo se modificaron los objetivos de la política en materia de agua, también las estrategias y acciones ejecutadas para alcanzarlos, dejando de ser una prioridad dotar con más agua a la población para dirigirse los esfuerzos de las autoridades en la actualidad a evitar su desperdicio, promover un consumo más racional, mejorar la disposición y el tratamiento de las aguas residuales, así como administrar de manera más sustentable los recursos hídricos.¹ Aunque no existe una guía sobre cómo se podría alcanzar la sustentabilidad en la gestión, este concepto deja en claro que se requiere una visión más integral para administrar los recursos hídricos, que considere las interrelaciones existentes entre los diversos sistemas que afectan, y se ven afectados, por el uso, consumo y aprovechamiento del agua.

Fue en la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible en 1992, en donde se destacó la necesidad de implementar un enfoque integrado capaz de conciliar la protección de los ecosistemas naturales con el desarrollo económico y social, así como de incorporar en las decisiones de gestión, el efecto que tienen las acciones relacionadas con la administración de los recursos hídricos en el sistema natural.

Siguiendo los cuatro principios rectores propuestos en esta conferencia internacional (véase el cuadro 1.1), se creó un modelo alternativo conocido como Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), cuya aceptación internacional por instituciones financieras y académicas, gobiernos de diversos países y grupos sociales, como la mejor alternativa para administrar los recursos hídricos en todo el mundo, es incuestionable. Esta propuesta para la gestión del agua no es la única que existe, y a pesar de sus limitaciones, es necesario reconocer que puede mejorar la forma en que se administra, asigna y distribuye el agua.

Cuadro 1.1 Principios rectores para la gestión del agua de la Declaración de Dublín

¹ En el informe Brundtland (1988: 11) sustentabilidad significa “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”. A pesar de que existe una gran cantidad de definiciones sobre este concepto, ninguna establece con claridad cómo puede alcanzarse.

1. *El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para la vida, el desarrollo y el medio ambiente*
2. *El aprovechamiento y gestión del agua debe inspirarse en la participación de los usuarios, los planificadores y responsables de las decisiones en todos los niveles*
3. *La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, gestión y protección del agua*
4. *El agua tiene un valor económico en todos los usos y debe reconocérsele como un bien económico*

Fuente: Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, 1992.

La GIRH es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinado de los recursos hídricos con el suelo, la flora y la fauna, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2006: 4). Entre sus fortalezas sobresale que: a) utiliza como unidad territorial para las decisiones de gestión las cuencas hidrográficas, que constituyen espacios geográficos donde interactúan de manera dinámica los factores bióticos, sociales y económicos; b) se ajusta al ciclo hidrológico al tener en cuenta la demanda y oferta del agua para sus diferentes usos y aprovechamientos; c) facilita el cálculo del balance hidrológico; y d) promueve la descentralización y participación social corresponsable en la administración de los recursos hídricos (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002: 17-20; GWP y TAC, 2000: 14-22).

Asimismo, la GIRH constituye un modelo generalizante caracterizado por ser flexible discursivamente pero con grandes vacíos en su definición política ad hoc para cada país, por ende, no es una propuesta con políticas, acciones y herramientas definidas: cada gobierno en donde se implementa este modelo, determina cómo hará operativos sus principios teniendo en cuenta sus condiciones físicas, sociales, económicas, políticas y culturales.

Otros de los desafíos de la GIRH incluyen: a) la no concordancia entre la delimitación espacial de las cuencas y acuíferos con los límites político-administrativos; b) la falta de coordinación y claridad en las competencias de las instancias responsables de la gestión del agua; c) la dificultad para lograr acuerdos sobre la distribución, preservación, uso y consumo de los recursos hídricos; d) la ausencia de una visión política común entre autoridades y usuarios; e) la carencia de espacios para la participación social; y f) la emergencia de conflictos derivados de una mayor competencia entre usos y usuarios.

En este sentido, la eficacia de la gestión del agua está condicionada por factores de índole social, cultural, tecnológica, económica y político-institucional. Estos factores tienen diferentes manifestaciones no sólo entre los países, sino también dentro de cada uno de ellos; dificultando la

creación de consensos en sus gobiernos, instituciones y organismos sobre qué metas se deben alcanzar, con qué estrategias y cuál es su orden de importancia.

Sistematizando los diferentes objetivos que guían la administración de los recursos hídricos en todo el mundo, éstos se relacionan con: a) el volumen suministrado, b) la calidad del agua, c) su uso y consumo, d) el saneamiento, e) el tratamiento de las aguas residuales, f) la reducción de la contaminación, g) la salud financiera de los organismos operadores, h) el desempeño institucional, i) la infraestructura hidráulica, j) la planificación, k) la participación social, l) la evaluación, m) la calidad de vida, n) la educación, o) las mejoras tecnológicas, p) la generación de información, y q) la mitigación de los riesgos (véase el cuadro 1.2).

Cuadro 1.2 Objetivos de la gestión del agua

Ámbito	Objetivos
Suministro	<ul style="list-style-type: none"> *Satisfacer los requerimientos mínimos de agua de toda la población *Incrementar la cobertura del servicio de agua en zonas rurales y urbanas *Garantizar un acceso equitativo *Distribuir de manera eficiente el agua entre los diferentes usuarios y sectores
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> *Garantizar un suministro de agua de buena calidad *Monitorear la calidad del agua *Erradicar las enfermedades de origen hídrico *Establecer criterios y normas de calidad biológica, física y química *Capacitar periódicamente a las organizaciones encargadas del control de la calidad del agua
Uso y consumo	<ul style="list-style-type: none"> *Promover un consumo racional y vigilar su uso eficiente *Implementar medidas para su conservación y la reducción de su desperdicio *Instalar y desarrollar dispositivos ahorradores de agua *Incrementar la productividad de las actividades económicas intensivas en el uso del agua *Captar el agua de lluvia y reutilizarla
Saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> *Mejorar el acceso a los servicios de saneamiento en zonas urbanas y rurales *Evaluar las descargas (domésticas e industriales) de las fuentes puntuales y no puntuales *Controlar los vertidos de desechos industriales con la asignación de licencias *Extraer las aguas pluviales de manera separada de las residuales
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> *Incrementar el tratamiento de las aguas residuales, así como la infraestructura necesaria *Fomentar y promover la utilización de aguas residuales tratadas en otros sectores *Promover el desarrollo e implementación de tecnologías innovadoras para el tratamiento *Recuperar y reciclar los desechos sólidos contenidos en las aguas residuales
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> *Incrementar la cobertura y el mantenimiento de la infraestructura hidráulica *Distribuirla de manera equitativa *Promover las inversiones públicas y privadas *Mejorar los sistemas de captación de agua pluvial, abastecimiento de agua y saneamiento
Salud financiera de los organismos operadores	<ul style="list-style-type: none"> *Fijar tarifas del servicio de agua y saneamiento que se equiparen a sus costos *Reducir los subsidios *Diseñar y establecer mecanismos para mejorar el financiamiento *Mejorar la eficiencia económica para impulsar la inversión
Desempeño institucional	<ul style="list-style-type: none"> *Mejorar la coordinación entre las instituciones que participan en la gestión del agua *Reducir la corrupción e incrementar la transparencia en el proceso de toma de decisiones *Mejorar la rendición de cuentas *Capacitar a los administradores y funcionarios
Preservación del medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> *Mantener las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas *Proteger los recursos hídricos contra el agotamiento *Evaluar el impacto ambiental de los proyectos de aprovechamiento de recursos hídricos

	<ul style="list-style-type: none"> *Rehabilitar las aguas contaminadas para restablecer los ecosistemas terrestres y acuáticos *Proteger los recursos vivos del agua dulce *Evitar la degradación de la cubierta forestal y las actividades perjudiciales aguas arriba *Aplicar el principio económico de “quien contamina paga”
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> *Proteger los recursos hídricos contra la contaminación y degradación *Reducir y prevenir la contaminación de las fuentes de agua *Promover medidas encaminadas a mejorar la integridad de los pozos y manantiales para reducir la intrusión de agentes patógenos y productos químicos *Controlar las fuentes de contaminación industrial de los cuerpos de agua *Identificar las fuentes de contaminación (puntuales y móviles) del agua
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> *Desarrollar esquemas de planificación integrada y de largo plazo, que incluyan consideraciones ambientales, económicas y sociales basadas en la sustentabilidad *Conciliar la planificación del desarrollo urbano con la disponibilidad y sustentabilidad de los recursos hídricos
Participación	<ul style="list-style-type: none"> *Estimular la participación pública en la toma de decisiones sobre la gestión del agua, en particular de las mujeres, los jóvenes, las poblaciones indígenas y las comunidades locales
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> *Evaluar permanente la disponibilidad y calidad del agua *Monitorear las condiciones en que se encuentran los recursos hídricos *Desarrollar indicadores para evaluar la prestación de los servicios de agua y drenaje
Calidad de vida	<ul style="list-style-type: none"> *Mejorar las condiciones de vida de la población *Satisfacer las necesidades básicas de agua en las zonas urbanas y rurales *Garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la población urbana y rural
Ámbito	Objetivos
Educación	<ul style="list-style-type: none"> *Promover la educación en materia de agua *Aumentar la enseñanza sobre la higiene y los focos de transmisión de enfermedades *Impartir cursos sobre protección y control de la calidad del agua en las escuelas *Conformar una cultura del agua y concienciar a los usuarios para evitar su desperdicio
Mejoras en tecnología	<ul style="list-style-type: none"> *Desarrollar y aplicar tecnologías de abastecimiento y tratamiento de bajo costo *Diseñar dispositivos ahorradores de agua *Mejorar los sistemas para la medición de la calidad y el consumo de agua *Desarrollar e implementar tecnología no contaminante en las actividades económicas
Generación de información	<ul style="list-style-type: none"> *Desarrollar bases de datos y modelos para la toma de decisiones *Mejorar el conocimiento de la situación en que se encuentran los recursos hídricos *Identificar las relaciones existentes entre los diferentes usuarios del agua *Promover la investigación en materia de agua y compartir el conocimiento generado
Mitigación de los riesgos	<ul style="list-style-type: none"> *Prevenir la contaminación de los acuíferos mediante el control de las sustancias tóxicas *Establecer zonas de protección en áreas de filtración y absorción de aguas subterráneas *Desarrollar e implementar estrategias para hacer frente a la variabilidad del clima *Diseñar estrategias para prevenir y enfrentar los impactos de las inundaciones y sequías *Desarrollar e implementar sistemas de alerta temprana *Integrar la gestión de los riesgos a la gestión de los recursos hídricos

Fuente: Elaboración propia con información de la OCDE y CEPAL (2005: 90-94), ISRD (2004: 47-53), WHO (2004: 14-16), OCDE (2003: 4-6), Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce (2001: 4-22), WWAP (2003: 115-116, 145-150, 181-182, 326 y 328-329), WHO-UNICEF (2000: 30-37), CEPAL (1999: 19), BID (1998: 14-16), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992: 250-284), y la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (1992: 4-6).

No todos los objetivos mencionados se complementan y en algunos casos suelen contraponerse. Por ello, el papel del Estado es tan relevante para conciliarlos. Aunque todos estos objetivos son importantes, esta investigación se centró en los que están relacionados con suministrar a la población con un volumen de agua suficiente para satisfacer sus requerimientos mínimos (para cocinar, asearse y limpiar sus viviendas) y que cumpla con los estándares de calidad, así como los que se asocian con la disposición segura e higiénica de las aguas residuales. Los diferentes niveles de cumplimiento de

estos objetivos pueden devenir en riesgos cuando afectan a grupos de población, cuyas capacidades para hacerles frente son limitadas.

Evidentemente, la eficacia entendida como los niveles de cumplimiento de los objetivos previamente definidos, no es el único criterio que puede ser utilizado para evaluar la gestión del agua; existen otros indicadores entre los que destacan: la eficiencia, la sustentabilidad, la participación social, la coordinación interinstitucional, la inversión, el uso de tecnología, la calidad del servicio y las condiciones de la infraestructura. Dada la confusión que existe entre los conceptos de eficacia y eficiencia, en el siguiente apartado se abordan sus definiciones y las metodologías para su medición.

1.1.2 Eficiencia versus Eficacia

La eficiencia (efficiency) y la eficacia (efficacy o effectiveness) son conceptos que se suelen usar indistintamente, pero sus significados e implicaciones teóricas y metodológicas difieren. Aunque no existe un consenso sobre cómo definirlos o medirlos, en general, la eficiencia se relaciona con el uso óptimo de los recursos disponibles; mientras que la eficacia con la consecución de los objetivos y metas previamente definidas.

a. Eficiencia y eficacia en la gestión

La eficiencia es un concepto desarrollado por la teoría económica que analiza la relación entre los insumos utilizados por unidad de producto: conforme menos recursos se requieren para producir cada unidad, más eficiente es el proceso productivo. Los aumentos en la eficiencia están relacionados con mejoras en las tecnologías de producción (eficiencia tecnológica) o con la reducción de los costos productivos (eficiencia económica), siendo considerada como una medida de productividad al identificar las diferentes combinaciones de recursos (financieros, humanos y/o materiales) que favorecen su optimización (Denhartdt, 1995: 261-262; Cabrero: 1999: 31; Nicholson, 2000: 315-317).

La definición y estimación de la eficiencia depende de la racionalidad que guía el actuar de las instituciones y funcionarios (véase el cuadro 1.3). Por ello, además de constituir una medida de productividad, este concepto suele ser utilizado para medir la rentabilidad de las organizaciones, que se incrementa conforme es mayor la competencia en la asignación de los recursos, se evalúa sistemáticamente el desempeño de los responsables, se minimizan los costos y las organizaciones son autofinanciables (Ruiz Dueñas, 1990: 55-57; Wiesner, 1998: 127-136). Sobresale la propuesta de Herbert Simón (1983: 20-45), para quien la eficiencia se asocia con la toma de decisiones y la necesidad de considerar las diferentes alternativas para minimizar sus costos.

Frecuentemente se comete el error de equiparar la lógica de las organizaciones públicas que están a cargo del diseño e implementación de las políticas regulatorias, distributivas y redistributivas, dirigidas a normar las actividades de la sociedad y distribuir la riqueza; con la racionalidad de los individuos, cuyos objetivos se remiten a la maximización de su utilidad (Lowi, 1964: 90-107). Asimismo, la cuantificación de los ingresos y costos para evaluar la eficacia de la gestión está condicionada por juicios de valor que determinan cuáles resultados son deseables y cuáles no, estando su elección sujeta no sólo a criterios económicos, también de índole político y social.

Por otro lado, la eficacia está relacionada con el logro de los objetivos definidos y los resultados deseados, así como con las capacidades que tienen las organizaciones para la consecución de sus metas. En el caso de la gestión pública, la eficacia es un elemento que legitima el actuar de las autoridades y el sistema político (Arenilla, 2003: 80-81). Al igual que el criterio de eficiencia, tampoco existe una definición única para su comprensión y medición.

La eficacia está determinado por la viabilidad de las decisiones, la capacidad y conocimiento de los funcionarios públicos responsables de la ejecución de las medidas de gestión, la orientación de la política (laboral, fiscal y monetaria), la corrección de las distorsiones del mercado y las externalidades, los recursos políticos, la comunicación y los nexos formales e informales entre políticos, funcionarios públicos, expertos y representantes de la sociedad, encargados de definir tanto los objetivos de la gestión como los responsables de llevarlos a cabo (Ruiz Dueñas, 1990: 53-55; Van Meter y Van Horn, 1993: 127-134).

Algunos de los obstáculos que limitan la consecución de los objetivos a alcanzar por las autoridades se encuentran: los errores en la definición y selección de los objetivos, la distorsión de los objetivos originales ante la búsqueda de intereses particulares por los grupos de poder, las equivocaciones en las acciones gubernamentales de los diferentes órdenes de gobierno, la existencia de una multiplicidad de participantes y perspectivas teóricas, la emergencia de conflictos y confusiones, además de la resistencia de la población para su ejecución (Bardach, 1977: 66-105; Arenilla, 2003: 80-81; Petrick, 1968: 7).

Cuadro 1.3 Eficiencia v.s. Eficacia

Definiciones de eficiencia	Definiciones de eficacia
<ul style="list-style-type: none"> *Relación entre insumos utilizados por unidad de producto * Relación entre los objetivos alcanzados y los insumos *Optimización de recursos, costos, resultados y decisiones *Medida de productividad *Medida de rentabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> *El logro de los objetivos definidos *La consecución de los resultados deseados *La satisfacción de las necesidades de la población *La pertinencia de las decisiones *La capacidad para cumplir con los resultados definidos

Fuente: Elaboración propia con base en Arenilla (2003: 80-81), Nicholson (2000: 315-317), Cabrero (1999: 31), Wiesner (1998: 127-136), Lane (1995: 244-245), Denhardt (1995: 261-262), Van Meter y Van Horn (1993: 127-134), Ruiz Dueñas (1990: 55-57), Bardach (1977: 66-105), CEPAL (1999: 11), Petrick (1968: 7), Leibenstein (1966: 405-407) y Lowi (1964: 90-107).

b. Eficiencia y eficacia en la gestión del agua

Al igual que la gestión pública, existen múltiples definiciones y metodologías en el proceso de evaluación de la eficiencia y eficacia de la gestión del agua. En general, la eficiencia de la gestión del agua se relaciona con la minimización de los costos (económicos, sociales, ambientales y políticos) en que incurren las instituciones para su administración; mientras que la eficacia se asocia con la consecución de metas, objetivos y resultados, estipulados en leyes, normas, reglamentos, políticas, planes y programas.

La eficiencia en la gestión del agua es una medida de productividad basada en el uso que se hace de este recurso. Suele estimarse como el volumen de agua suministrado por unidad de producto. Por lo tanto, en la medida en que los requerimientos de agua son menores, mayor es la eficiencia en su administración. Otras formas de calcularla es analizar las relaciones que existen entre: a) el uso bruto del agua de los diferentes usuarios con respecto al volumen suministrado (tasa de uso); b) el consumo de agua en contraste con su suministro (tasa de consumo); c) los precios por el volumen consumido en comparación con los costos en que incurren los organismos operadores para proveerla; d) los beneficios de su abastecimiento en contraposición con los costos ambientales de su extracción y disposición; y e) los incrementos en la productividad por la implementación de mejoras tecnológicas para un uso más eficiente (Tate, 1994: 43-57).

De acuerdo con Bau (1991: 736-743), la eficiencia en la gestión del agua depende tanto de la situación en que se encuentra la infraestructura hidráulica como de las medidas que se han implementado para mantenerla, ampliarla y mejorarla. De manera que, la sustitución de las redes de agua y drenaje, la reparación de las fugas, la reducción de las pérdidas de agua por variaciones en las presiones de las redes de distribución y la instalación de dispositivos ahorradores, son medidas que contribuyen a mejorar la eficiencia (Arreguín-Cortés: 1994: 63-80).

Algunos de estos objetivos se han logrado traducir en estrategias y acciones concretas, pero la consecución de otros se ha visto obstaculizada por diversos factores, entre los que se encuentran: a) la falta de objetividad e imparcialidad en el proceso de toma de decisiones sobre la prestación de los servicios de agua y drenaje; b) la ausencia de una visión integral por parte de las instituciones responsables de la gestión a nivel federal y estatal; c) la participación social limitada; d) la insuficiente difusión de información sobre la disponibilidad y calidad del agua; e) la incompatibilidad entre la gestión del agua con las condiciones físicas, sociales, económicas y políticas en que se encuentran los recursos hídricos; f) la falta de coordinación entre las instituciones gubernamentales

en los diferentes órdenes de gobierno para la administración del agua; y g) el incumplimiento de las disposiciones legales (Ballesteros, 2005: 57-58; OCDE y CEPAL, 2005: 60; Dourojeanni, 2002: 21).

Aunque la eficiencia es un criterio fundamental para evaluar el desempeño de las autoridades responsables de la gestión del agua, los indicadores utilizados para estimarla no se abordan a detalle en esta investigación, debido a que su principal interés se remite al diseño de un método alternativo para estimar los niveles de cumplimiento de los objetivos de la gestión en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales.

1.1.3 Evaluación de la eficacia

En los últimos años, la necesidad de evaluar el éxito o fracaso de la gestión pública, incluyendo la gestión del agua, ha cobrado una mayor importancia; haciendo manifiesta la necesidad de diseñar nuevas herramientas metodológicas que faciliten esta tarea. No existen acuerdos entre los expertos sobre qué método es el más apropiado para evaluar la eficacia ni qué variables se deben incorporar en los indicadores utilizados. En gran medida, su elección depende de los fines que tiene la evaluación y de qué instancia está interesada en realizarla.

La evaluación de la eficacia puede enfocarse en los resultados (*outcome evaluation*) o en el proceso mediante el cual se lograron dichos resultados (*process evaluation*). Mientras que la evaluación de los resultados tiene como fin determinar si se alcanzaron los objetivos que se habían definido y si éstos son deseables; la evaluación del proceso analiza la estructura institucional, la distribución de los recursos humanos y financieros, al igual que la toma de decisiones que condujo a ciertos resultados (Denhardt, 1995: 260-264). Aunque ambos enfoques son válidos y útiles para mejorar el desempeño de las instituciones públicas, por los propios fines de esta investigación sólo se consideraron los modelos empleados en la evaluación de los resultados.

La mayoría de los modelos para evaluar la eficacia de las organizaciones públicas son de tipo univariado, sobresaliendo entre las variables que utilizan: la productividad, el incremento de la recaudación, la estabilidad económica, la satisfacción de las demandas de los ciudadanos, la legitimidad, el cumplimiento de las disposiciones legales y la asignación equitativa de los recursos. Este tipo de modelos tienen considerables limitaciones, ya que una variable no es lo suficientemente comprensiva para medir el desempeño de los responsables de la gestión y explicar cómo se podría mejorar, debido a que existen un sin número de factores que pueden influir sobre el actuar gubernamental. Por lo tanto, los modelos multivariados tienen una mayor capacidad explicativa al estimar los niveles de cumplimiento de los objetivos definidos, como la unión de un conjunto de atributos relevantes.

a. Evaluación de la eficacia en la gestión pública

Los modelos multivariados incorporan en el proceso de evaluación un importante número de variables, siendo las más utilizadas aquellas que están relacionadas con: el logro de los objetivos, la adaptabilidad y flexibilidad de la gestión, la productividad, la satisfacción de los trabajadores, la integración y el control del ambiente (véase el cuadro 1.4).

Cuadro 1.4 Variables utilizadas en los modelos multivariados para medir la eficacia

Variables más utilizadas		Variables menos utilizadas	
1. Logro de objetivos	6. Integración	1. Comunicación	6. Rotación de personal
2. Adaptabilidad	7. Crecimiento	2. Identidad	7. Planeación
3. Flexibilidad	8. Control del ambiente	3. Iniciativa	8. Cooperación
4. Productividad	9. Compromiso	4. Institucionalización	9. Apego a la realidad
5. Satisfacción de los empleados	10. Cohesión	5. Relaciones interpersonales e interdepartamentales	10. Ausencia de presión organizacional

Fuente: Elaboración propia con información de Katz y Kahn (1966: 23-25), Lawrence y Lorsch (1967: 14-27), Friedlander y Pickle (1968: 291-296), Price (1972: 5-10), Mott (1972: 19-24), Gibson (1973: 21-34), Negandhi y Reimann (1973: 205-209), Webb (1974: 670-675), Cunningham (1977: 462-470), Zammuto (1984: 607-608), Cameron (1986: 542-543) y CEPAL (2002: 59-62).

En general, los modelos estiman los niveles de eficacia de la gestión con base en: a) la satisfacción de los ciudadanos en la atención de sus demandas; b) la claridad con que fueron especificados los objetivos y metas a alcanzar; c) la habilidad de las organizaciones para asignar sus recursos de manera óptima; d) la capacidad de las instituciones para realizar sus funciones y resolver los problemas que enfrentan; e) las consecuencias de las decisiones y acciones de los responsables de la gestión; f) las variaciones de los objetivos y metas de las organizaciones en el tiempo; g) la aceptación y reconocimiento de los objetivos buscados por parte de la ciudadanía; y h) la satisfacción o arrepentimiento por la elección de un determinado gobierno (véase el cuadro 1.5).

Cuadro 1.5 Modelos para evaluar la eficacia de la gestión

Modelos	Evaluación
Relativista	Depende de la selección de las demandas a satisfacer y de los juicios de valor.
Del poder	Está en función de la existencia de coaliciones, que evidencian el control de los miembros sobre los recursos.
Justicia social	Mide la satisfacción (o arrepentimiento) de los ciudadanos ante el gobierno elegido.
Evolutivo	Está determinado por las limitaciones de las organizaciones para alcanzar sus objetivos, los cuales van cambiando en el tiempo.
De la racionalidad	Se basa en la claridad con la que los objetivos son especificados y definidos.
Sistema de recursos	Se asocia con la habilidad de la organización para asignar de manera óptima los recursos.
Proceso de gestión	Se centra en la capacidad de las organizaciones para realizar sus funciones y tomar decisiones.
Desarrollo organizacional	Estima la capacidad de las organizaciones para resolver problemas, por medio del desarrollo de prácticas para la supervisión, trabajo en equipo, confianza y comunicación.
Del presupuesto	Se relaciona con las transacciones entre los actores para la consecución de sus objetivos.
Estructura funcional	Está vinculado con la habilidad de las organizaciones para desarrollar estructuras, alianzas, contratos, compromisos y mecanismos de participación.
Funcional	Está en función de los resultados de las organizaciones y cómo éstas benefician a la sociedad.
Estratégico	Determina los cursos de acción para la consecución de los objetivos menos satisfechos.
Valores competitivos	Mide cómo los objetivos y metas de las organizaciones cambian en el tiempo, dados los intereses de los tomadores de decisiones y las demandas sociales.
Legitimidad	Estudia cómo las organizaciones sobreviven o desaparecen por la aceptación y reconocimiento ciudadano.

Fuente: Elaboración propia con información de Cunningham (1977: 462-470), Zammuto (1984: 607-608), Cameron (1986: 542-543), CEPAL (2002: 59, 62 y 126), Arenilla (2003: 72), y Foster y Lock (1990: 111-118).

De acuerdo con los resultados de los modelos mencionados, las organizaciones serán más eficaces en la medida en que exista una dirección clara sobre los objetivos buscados y éstos sean factibles, los funcionarios públicos cuenten con un conocimiento técnico sobre cómo alcanzar dichos objetivos con los recursos disponibles, se formulen estrategias para cada curso de acción evaluado de manera iterativa y se incorporen medidas de control para reajustar las estrategias implementadas.

Existen pocos intentos formales por incorporar en la evaluación de la eficacia, las relaciones dinámicas entre el comportamiento y los intereses de los responsables del logro de los objetivos, siendo la mayoría de los modelos utilizados de tipo normativo. Adicionalmente, suelen no justificar la elección de las variables que se utilizan para evaluar los niveles de cumplimiento de los objetivos definidos y tampoco consideran las variaciones tanto de los objetivos de las autoridades como de las demandas de los ciudadanos.

b. Evaluación de la eficacia en la gestión del agua

En el caso de la evaluación de la eficacia de la gestión del agua, no existe un consenso sobre cuál modelo es el más apropiado ni qué objetivos se deberían alcanzar. Recientemente se le ha dado una mayor importancia al análisis de la demanda de agua y sus impactos ambientales, pero continúa dominando un enfoque económico-sectorial que da mayor prioridad a los incrementos en la oferta y a las mejoras en la infraestructura hidráulica. Prueba de ello, es que prácticamente no existen indicadores que tomen en cuenta la planeación de los recursos hídricos, el desarrollo de tecnologías para un uso más eficiente del agua, la generación y difusión de nuevos conocimientos en esta materia, así como los impactos ambientales negativos que resultan del deterioro y contaminación de los recursos hídricos.

Hasta el momento, los indicadores más utilizados en la evaluación de la gestión del agua se relacionan con: el suministro, uso y consumo; el saneamiento; el tratamiento de las aguas residuales; la infraestructura hidráulica; la calidad del agua abastecida; la salud financiera de los organismos operadores (entendida como su capacidad para recuperar sus costos administrativos y operativos); el desempeño institucional; la preservación del medio ambiente; la contaminación; la participación social; la planeación; la satisfacción de los ciudadanos en la prestación de los servicios de agua y drenaje, además de la mitigación de los riesgos hidrometeorológicos. La determinación de los niveles de eficacia suele restringirse a alguno de los ámbitos mencionados sin considerar al resto como complementarios. Esta situación ha repercutido para que las decisiones en materia de gestión del

agua sigan siendo parciales y no tomen en cuenta las complejas interrelaciones que existen entre los usuarios del agua y sus destinos.

Entre los indicadores que frecuentemente se emplean destacan: a) la proporción de la población que cuenta con agua y drenaje, b) el tipo de acceso a estos servicios, c) el consumo de agua per cápita, d) la cobertura de la infraestructura hidráulica, e) la disponibilidad media natural del agua (m^3 /persona/año), f) la Demanda Química de Oxígeno (DQO)² y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)³, g) la tasa de morbilidad y mortalidad total e infantil por enfermedades de origen hídrico, h) la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos, y i) el cumplimiento de las normas que regulan la gestión del agua (véase el cuadro 1.6). Una alternativa interesante, que ha sido poco utilizada, consiste en calcular la eficacia a partir de los resultados de la participación ciudadana, de la responsabilidad social para cuidar el agua y de la confianza asignada a las instituciones gubernamentales.

Cuadro 1.6 Indicadores utilizados para evaluar la eficacia de la gestión del agua

Ambito	Indicador
Suministro	<ul style="list-style-type: none"> *Población con cobertura de agua (urbana, rural y de bajos ingresos) *Extensión de las cuencas de donde se extrae el agua para la población *Disponibilidad de los recursos hídricos (m^3/persona/año) *Efectividad en la entrega: costos del agua/m^3 y áreas que reciben el servicio de agua *Tipo de acceso al agua (conexión domiciliaria, llave hydrante o conexión al predio)
Uso y consumo	<ul style="list-style-type: none"> *Evaluación de planes de ahorro y uso eficiente de agua *Reducción del consumo de agua por los sectores productivos *Tasa de agua concesionada *Consumo de agua per cápita (litros/persona/día)
Saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> *Población con cobertura de saneamiento (urbana, rural y de bajos ingresos)
Tratamiento de las aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> *Porcentaje de residuos sólidos aprovechados *Porcentaje de aguas servidas que reciben tratamiento *Población que cuenta con los servicios de tratamiento de las aguas residuales (urbana o rural) *Localidades afectadas por la falta de tratamiento de las aguas servidas
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> *Calidad y cobertura de la infraestructura *Mantenimiento, reparación e inversión de la infraestructura hidráulica
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> *Tasa de morbilidad por enfermedades de origen hídrico (como infecciones gastrointestinales, malaria, dengue y fiebre amarilla) *Tasa de mortalidad y mortalidad infantil por enfermedades de origen hídrico *Parámetros físicos, químicos y biológicos de la calidad del agua: turbidez, sólidos, concentración de metales pesados, nitrógeno, fósforo, compuestos orgánicos naturales,

² La DQO mide la contaminación del agua con base en la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos en una muestra de agua, utilizando dicromato de potasio como oxidante y ácido sulfúrico junto con iones de plata como catalizador. La disolución acuosa se calienta bajo reflujo durante dos horas a 148 °C. Se mide la diferencia en el dicromato de potasio tras la oxidación, en miligramos de oxígeno utilizado por litro. Este parámetro se utiliza para medir los niveles de contaminación de las aguas superficiales y residuales. Puede presentar interferencias cuando existen sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (como sulfuros, sulfitos y yoduros). No se emplea para evaluar la calidad del agua suministrada a la población, cuyo valor sería muy bajo. En este caso, suele aplicarse el método de oxidabilidad con permanganato de potasio (Spellman, 2008:117).

³ La DBO₅ mide la contaminación del agua por medio del consumo de oxígeno disuelto por los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente. Se calculan los miligramos de oxígeno utilizado por litro de muestra de agua, incubado a 20°C por cinco días. Este parámetro no se emplea para evaluar la calidad del agua suministrada a la población, pero sí para medir los niveles de contaminación de las aguas superficiales y residuales (Spellman, 2008:116).

	<i>compuestos sintéticos orgánicos, DQO, DBO₅, presencia de bacterias coliformes fecales y concentración de cloro residual en el agua suministrada a la población</i>
Salud financiera	<ul style="list-style-type: none"> *Evolución de las tarifas *Medidores instalados *Facturas no pagadas al año *Precio por m³ suministrado
Desempeño institucional	<ul style="list-style-type: none"> *Capacidad del sistema político para diseñar políticas públicas apoyadas por diferentes actores *Número de empleados por conexiones de agua y alcantarillado *Cumplimiento de las normas que regulan la gestión del agua
Preservación del medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> *Extensión de las cuencas reforestadas y controladas por las autoridades *Tasa de reducción de las áreas de las cuencas por erosión, desertificación y salinización *Biodiversidad de los ecosistemas acuáticos
Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> *Reducción en la generación de descargas contaminantes *Tratamiento de las descargas contaminantes *Número de licencias otorgadas para contralar las descargas de las aguas residuales industriales
Participación	<ul style="list-style-type: none"> *Responsabilidad de los ciudadanos para cuidar el agua *Afiliados a organizaciones sociales encaminadas a la preservación de los recursos hídricos *Confianza en las instituciones *Colaboración y participación de las industrias en el tratamiento de las aguas residuales
Satisfacción de los ciudadanos	<ul style="list-style-type: none"> *Reclamaciones *Medición de la satisfacción de los ciudadanos *Nivel de interrupciones del servicio no programadas
Planeación	<ul style="list-style-type: none"> *Programas para mejorar el suministro, saneamiento y tratamiento de las aguas residuales *Número de cuencas que cuentan con planes de ordenamiento
Mitigación de los riesgos	<ul style="list-style-type: none"> *Muertes, afectados y pérdidas económicas por fenómenos naturales relacionados con el agua *Proporción de población en riesgo por carencia de agua *Implementación de planes de contingencia para enfrentar los fenómenos hidrometeorológicos

Fuente: Elaboración propia con información de Spellman (2008, 116-117), Carabias (2005: 74), Conagua (2004: 45), Rogers (2002: 3-17), INEGI (1999: 137), Capítulo 18 de la Agenda XXI (1992: 3-32), OCDE (2003: 2-8), BID (2004: 12-13), CIAMA (1992: 3-32), CEPAL (2005: 14-16 y 41-45), Córdova (2005: 3-5), Dourojeanni y Jouravlev (1999: 12-13), Crespo y Mattos (2000: 73-76) y Suez (2006: 7-28).

La evaluación de la eficacia de la gestión del agua constituye una herramienta fundamental para el diseño, implementación y ajuste de las políticas en esta materia. Con el fin de analizar por qué los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje pueden devenir en riesgos para la población cuando no cuenta con las capacidades para acceder a éstos de manera alternativa, en este apartado también se analiza cómo se ha definido y medido el riesgo, qué factores han determinado su reconocimiento y aceptabilidad, así como cuáles son los avances teóricos y metodológicos en el estudio de los riesgos relacionados con el agua.

1.2 El estudio del riesgo

Al estar presente el riesgo en todas las dimensiones de la vida humana, la sociedad ha tenido que aprender a convivir con él. Por varios siglos, se consideró como una expresión de fuerzas sobrenaturales o de los dioses que controlaban el destino del ser humano, pero a partir de la Ilustración esta noción se fue transformando convirtiéndose en un objeto de estudio de las ciencias naturales, al ser definido como una manifestación extrema del orden geofísico.

Recientemente las ciencias sociales participan en la comprensión de este fenómeno con la incorporación del concepto vulnerabilidad, el cual se define como la fragilidad de las condiciones físicas, sociales, económicas y políticas de la población, que limita sus capacidades para hacer frente

a las amenazas a las que está expuesta. No todos los sectores de la población experimentan los mismos niveles de vulnerabilidad, distribuyéndose de manera desigual tanto territorial como socialmente.

Como el enfoque dominante en la investigación de los riesgos es el científico-técnico, los riesgos producidos por las acciones y decisiones de los hombres (o sus omisiones), han estado subordinados a los eventos naturales extremos. Sin embargo, cualquier tipo de riesgo está constituido por una dimensión físico-natural y por las dimensiones social, económica, política, ambiental, cultural, espacial y temporal, que están presentes en los procesos de identificación, evaluación, reconocimiento y gestión.

Por lo pronto, los riesgos producidos por el incumplimiento total o parcial de los objetivos de la gestión del agua no han sido estudiados a profundidad. En su lugar, los riesgos hidrometeorológicos cuya frecuencia e intensidad se han incrementado considerablemente en las últimas décadas por el cambio climático, han cobrado una mayor relevancia como resultado de las enormes pérdidas humanas y materiales registradas durante los huracanes Gilberto, Katrina y Wilma, y el Tsunami ocurrido en el año 2004. Aunque los impactos materiales y el número de víctimas superan a las producidas por problemas en la gestión del agua cuando se comparan en un periodo corto de tiempo; en el largo plazo, por su permanencia y notable distribución en prácticamente todo el mundo, los problemas en la gestión del agua asociados con el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales, tiene mayores impactos. En este sentido, una de las aportaciones de esta investigación consiste en el diseño y estimación de una metodología alternativa para determinar los niveles de exposición de los capitalinos a estos riesgos.

En primer lugar, se abordan las perspectivas teóricas que existen para el estudio de los riesgos y su pertinencia para la comprensión de este fenómeno. En segundo lugar, se analizan los modelos más utilizados para su estimación, en particular, los que se asocian con la evaluación de los riesgos relacionados con el agua. Finalmente, se propone una nueva clasificación para entender los riesgos relacionados con el agua, que incluye tanto la ocurrencia de fenómenos naturales extremos como las decisiones y acciones de los hombres (o sus omisiones).

1.2.1 Teorías para el estudio del riesgo

Los esfuerzos por entender y reducir la exposición de la población a los riesgos son tan antiguos como la propia existencia de la humanidad, pero su análisis formal es una actividad relativamente nueva. En un principio, su estudio fue responsabilidad de cronistas e historiadores, quienes atribuían estos eventos al destino y a fuerzas divinas que estaban más allá de cualquier acción humana, siendo imposible su prevención. Por lo tanto, no existía la necesidad de acuñar una palabra que denotará lo

que actualmente entendemos por riesgo. Fue a partir de la revolución industrial y de la conformación de la sociedad moderna cuando la perspectiva científico-técnica comenzó a dominar el estudio de los riesgos, dejando de ser la magia o la religión la principal explicación de este fenómeno (Beck, 1995: 3; Giddens, 1990: 41-43, 124; Luhmann, 1992: 50).

a. Perspectivas teóricas en el estudio de los riesgos

Existen una gran variedad de enfoques y metodologías para el análisis del riesgo. Algunas consideran exclusivamente los aspectos físicos y económicos de este fenómeno; mientras que otras se concentran en las características sociales, políticas, ambientales y culturales. Todas concuerdan en que el riesgo no puede ser eliminado, pero difieren en lo que se debe entender por riesgo, cómo se calcula y a quién afecta (véase el cuadro 1.8).

a.1 Teoría probabilística del riesgo

La teoría probabilística del riesgo es la base de otros enfoques técnicos para el análisis de este fenómeno. De acuerdo con esta teoría, el riesgo se define como los “eventos no deseados” que causan daños a la sociedad, cuya probabilidad de ocurrencia se puede calcular mediante el valor esperado de los daños (Renn, 1992: 58).

Esta perspectiva ha sido fuertemente criticada por su reduccionismo, debido a que no incluye en sus estimaciones factores de tipo social, económico, político, ambiental y cultural, los cuales también influyen en la magnitud y frecuencia con que se presentan los eventos no deseados. Asume que la percepción de la población sobre su exposición a estos fenómenos está subordinada a la opinión de expertos y científicos, asimismo, que los niveles de exposición y las capacidades de los individuos para hacerles frente son homogéneas.

También considera que los responsables de su estimación cuentan con suficiente información para realizar predicciones estadísticamente válidas, cuando es precisamente la falta y poca confiabilidad de información disponible una de las principales limitaciones para realizar una evaluación más completa de los riesgos a los que está expuesta la población, cuya distribución es divergente territorial y socialmente.

a.2 Teoría económica del riesgo

La teoría económica define el riesgo con base en la utilidad esperada que reciben los individuos ante la ocurrencia de una situación o evento no deseado. Dicha utilidad depende del grado de satisfacción de los individuos con respecto a los costos y beneficios de sus decisiones, ponderado por su probabilidad de ocurrencia. Los responsables de asignar los recursos disponibles buscarán la maximización de los beneficios (Fischhoff et al., 1982: 323-335). En el largo plazo, los beneficios y

costos asociados a la ocurrencia de un evento no deseado se descuentan en el tiempo con base en una determinada tasa de interés (Nicholson, 2000: 175-179).

Este enfoque ha favorecido la comparación de las ganancias y pérdidas que resultan de las decisiones de los individuos, aunque también tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, supone que los riesgos son resultado de decisiones individuales y racionales, cuando la mayoría de las decisiones asociadas a este fenómeno son de tipo colectivo, por ende, la utilidad total no puede simplificarse a la suma de las utilidades individuales (Coase, 1960: 5-17). En segundo lugar, se le critica que simplifique el comportamiento de los actores a la búsqueda de sus intereses a expensas de los demás; situación que no necesariamente ocurre de esta forma. Otro de sus supuestos es que las decisiones de los individuos y sus consecuencias sólo tienen impactos sobre quiénes las realizaron, sin tener en cuenta los efectos que tienen sobre terceros (externalidades) (Fischhoff et al., 1982: 323-335).

a.3 Teoría psicológica del riesgo

Para la teoría psicológica, la comprensión y percepción del riesgo depende de los procesos cognitivos de los individuos (Kasperson, 1983: 15-20; Krimsky, 1984: 250-257; Fischhoff et al., 1977: 553-560). A diferencia de las propuestas probabilística y económica, esta perspectiva no reduce la percepción que tienen los individuos sobre los riesgos a una realidad homogénea y generalizable, porque cada persona comprende de manera particular la incertidumbre y las situaciones que ponen en peligro su bienestar.

De acuerdo con este enfoque, la percepción de los riesgos está determinada por diferentes factores, entre los que destacan (Renn, 1992: 65-67; Slovic, 1992: 118-125):

- 1. La frecuencia y consecuencias de los eventos. La población subestima los riesgos que tienen una baja frecuencia y los que tienen elevadas consecuencias.*
- 2. La naturaleza de las actividades. Las personas consideran menos riesgosas las actividades voluntarias y rutinarias, que las involuntarias y novedosas.*
- 3. Las ganancias y pérdidas de los riesgos. Los sujetos están menos dispuestos a correr riesgos cuando las probabilidades de pérdida son elevadas, pero suelen aceptarlos cuando las probabilidades de obtener ganancias son altas.*
- 4. El control y la familiaridad. Los individuos consideran menos riesgosas las actividades familiares o sobre las que tienen un mayor control, en contraste con las que son desconocidas o tienen un menor control.*

Para conocer las preferencias de los individuos, sus preocupaciones y los eventos o situaciones que considera más riesgosos, esta perspectiva teórica utiliza los estudios psicométricos. La capacidad

explicativa de este tipo de estudios fue reconocida después de la publicación del artículo de Chauncey Starr en 1969, titulado Social Benefit versus Technological Risk: What is Our Society Willing to Pay for Safety? Entre las limitaciones de este enfoque destacan que al reducir la percepción de los riesgos a una percepción individual, no considera la influencia que tiene el contexto social o político sobre las ideas de las personas a cerca de los riesgos, siendo prácticamente imposible conocer las representaciones sociales.

a.4 Teoría social del riesgo

En la teoría social del riesgo tanto la percepción y comprensión de este fenómeno como sus manifestaciones están definidas socialmente por el contexto, los valores y el estilo de vida de la población (Berger y Luckmann, 1994: 7-8). Esta teoría está constituida por varios enfoques entre las que destacan: el individualista, estructuralista, objetivista, y constructivista. Evidentemente, la gran variedad de propuestas explicativas que forman parte de la teoría social del riesgo suelen limitar sus resultados, al caer en un relativismo teórico.

Para el enfoque individualista, representado por las teorías del conocimiento y de la personalidad, los riesgos aceptados por la sociedad son la suma de los que son aceptados por cada persona. Para la primera teoría mencionada, los individuos responden a los riesgos en función del conocimiento que tienen de ellos; mientras que para la segunda, la tolerancia de las personas a los riesgos se atribuye a las características de su personalidad (Krimsky, 1992: 15-16).

En la visión estructuralista, el riesgo y la forma en que la sociedad lo enfrenta constituyen fenómenos sociales que no pueden explicarse con la adición del comportamiento individual, entre sus perspectivas teóricas más sobresalientes están: la teoría de sistemas y la teoría neo-marxista. Para la teoría de sistemas, este fenómeno es un proceso evolutivo donde los grupos y las instituciones comparten su conocimiento para adaptarse. Para la teoría neo-marxista, el riesgo reproduce la estructura de clases al favorecer el dominio de un grupo sobre los demás (Renn, 1992: 69-71).

En la perspectiva objetivista, cuya corriente de pensamiento más importante es la teoría del actor racional, los riesgos constituyen fenómenos reales, observables, tangibles y cuantificables, que existen independientemente de la percepción o el reconocimiento de los individuos o la sociedad (Renn, 1992: 69).

Finalmente, para la perspectiva constructivista los riesgos son construidos por los actores sociales, siendo un fenómeno característico de la sociedad moderna (Renn, 1992: 69). Aunque actualmente la sociedad cuenta con más herramientas para enfrentarlos, dados los avances en el conocimiento

científico y tecnológico; dichos riesgos no son resultado de la ocurrencia de eventos naturales extremos sino de las decisiones de los hombres (o sus omisiones) (Beck, 1995:4-6).

a.5 Teoría cultural del riesgo

En el caso de la teoría culturalista, el riesgo está determinado por patrones culturales que influyen en su aceptación, rechazo y percepción. De manera que, la selección y el reconocimiento de lo que se considera como peligroso, poseen un orden social que está definido culturalmente, mediante el cual se seleccionan qué riesgos se reconocerán y cuáles se ignorarán.

*La antropóloga inglesa Mary Douglas es considerada la fundadora de esta teoría con la publicación de su libro *Purity and Danger* en 1966. En su libro *Acceptability According to the Social Sciences*, explica cómo las nociones del riesgo son resultado de valores culturales compartidos más que de juicios individuales. Junto con Wildavsky, identifica que las respuestas culturales a los riesgos están relacionadas con el tipo de organización social (Douglas, 1985: 80; y Douglas y Wildavsky, 1982: 50).*

Douglas desarrolló un modelo conocido como ‘grid-group’, en donde asocia las estructuras de las relaciones sociales (‘grid’) con la identidad y cohesión de los miembros de cada grupo (‘group’). Existen cuatro posibles binomios que representan las diferentes estructuras sociopolíticas, entre las que se encuentran: las jerárquicas, de voluntariado, de mercado y los individuos aislados. En el caso de las organizaciones jerárquicas, éstas tienen una cultura burocrática, en donde los individuos están subordinados al grupo y confían en sus instituciones para manejar los riesgos. En una sociedad colectivista con una cultura de voluntariado, los grupos son igualitarios y el poder de coerción entre los miembros es bajo, siendo los riesgos resultado de conspiraciones externas. En el régimen de mercado, la sociedad es muy individualista y competitiva, por ende, sus miembros prefieren la autorregulación de los riesgos que enfrentan. Por último, cuando no existe una organización social y los individuos se encuentran aislados, éstos son incapaces de controlar los riesgos que enfrentan y atribuyen su seguridad a la suerte (Douglas, 1992: 73-78) (véase el cuadro 1.7).

Cuadro 1.7 Modelo ‘Grid-Group’

Grid/Group	Individualista (Bajo)	Colectivo (Alto)
Estructuradas (Alto)	<i>Individuos Aislados¹</i>	<i>Régimen Jerárquico¹</i>
No Estructuradas (Bajo)	<i>Régimen de Mercado³</i>	<i>Régimen de Voluntariado²</i>

Fuente: Elaboración con información de Douglas (1992: 73-78).

En algún momento, los sesgos culturales de esta teoría se llegaron a considerar como una limitación en el diseño de políticas, pero Schwarz y Thompson (1990: 9-11) demostraron que se trata de una forma de “expertise” que permite a cada sociedad desarrollar estrategias ad hoc para incrementar su

resiliencia. En este sentido, la cultura funciona como un mecanismo de control social y moral para enfrentar los riesgos. Aunque este enfoque teórico simplifica las respuestas culturales de las diferentes sociedades a los riesgos, es una de las primeras propuestas que explica por qué las filiaciones sociales definen la estructura de creencias de los grupos. Adicionalmente, diferencia las amenazas de los riesgos, definiendo a las primeras como fenómenos reales; mientras que a los segundos, como fenómenos culturales. A pesar de ello, se le cuestiona su determinismo cultural y la dificultad de estudiar grupos extensos al utilizar como unidad de análisis las interacciones cara a cara.

a.6 La gubernalidad de Foucault

La gubernalidad se refiere a las diferentes racionalidades que tienen los gobiernos para tratar de influir y dirigir las acciones de la población en nombre de ciertos ideales éticos, necesidades económicas y fines políticos. El Estado y sus instituciones con la implementación de estrategias, políticas, planes y discursos, tratan de regular el comportamiento de los individuos, utilizando el riesgo como un mecanismo para mantener y ejercer su poder sobre sus gobernados, así como legitimar su presencia en la vida pública (Dean, 1999: 132-133; Lupton, 1999: 4).

Este enfoque constituye una perspectiva interesante para el estudio de los riesgos, al conceptualizarlo como un mecanismo de poder para alcanzar los intereses de ciertos grupos. Sin embargo, una de sus limitaciones más importantes es que idealiza la imagen del ciudadano al considerarlo como un individuo autónomo y capaz de auto-regular los riesgos a los que está expuesto voluntariamente, necesitando únicamente ser orientados por los expertos sobre las actividades y medidas que deben realizar para obtener un mayor bienestar (Castel, 1991: 289). Como estos supuestos difícilmente se cumplen en la realidad, las conclusiones de este enfoque son limitadas.

Cuadro 1.8 La clasificación de los riesgos con base en las principales perspectivas teóricas

Enfoque teórico	Definición del riesgo	Unidad de análisis	Metodología
Probabilístico	Evento no deseado que causa daños. Es observable y medible objetivamente.	Valor esperado	Modelos y árboles de decisión
Económico	Utilidad esperada de los individuos ante la ocurrencia de cierta situación o evento.	Utilidad esperada	Análisis Riesgo-Costo-Beneficio
Psicológico	Resultado de la interacción entre los individuos y el ambiente, mediado por su estructura cognitiva.	Utilidad esperada subjetiva	Estudios psicométricos
Social*	Constructo social cuya existencia se basa en el reconocimiento de los actores.	Percepción	Técnicas cualitativas de investigación
Cultural	Respuestas construidas socialmente dependiendo del contexto cultural.	Valores compartidos	Modelo 'grid'- 'group'
Gubernalidad	Estrategia de las autoridades para mantener y ejercer su poder sobre la población.	Influencia en el comportamiento de los individuos	Modelos de políticas públicas

*Sólo se consideró la perspectiva constructivista del riesgo.

Fuente: Elaboración propia con base en Nicholson (2000: 175-179), Dean (1999: 132-133), Lupton (1999: 4), Beck (1995:4-6), Berger y Luckmann (1994: 7-8), Douglas (1992: 73-78), Renn (1992: 58- 69), Krimsky (1992: 15-

16), Slovic (1992: 118-125), Douglas (1985: 80), Krimsky (1984: 250-257), Kasperson (1983: 15-20), Douglas y Wildavsky (1982: 50), Fischhoff et al. (1982: 323-335), Fischhoff et al. (1977: 553-560) y Coase (1960: 5-17).

Aunque no existe una definición ni una clasificación única sobre qué es el riesgo y cómo está determinado, los enfoques científico-técnico y socio-cultural son complementarios. En general, la principal crítica al enfoque científico-técnico es su fracaso para incorporar en la conceptualización y medición de los riesgos, la influencia que tienen los factores social, político, ambiental y cultural. Por otro lado, el análisis sociocultural incorpora estos factores, pero no toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia, magnitud ni frecuencia de los riesgos; situación que también restringe su capacidad para mitigarlos y prevenirlos. En este sentido, la comprensión de un fenómeno como el riesgo requiere el uso de ambos enfoques junto con sus respectivas metodologías.

b. Los riesgos: ¿fenómenos objetivos o subjetivos?

De acuerdo con el enfoque científico-técnico, los riesgos son fenómenos objetivos, cuya magnitud y frecuencia puede ser estimada por medio de modelos matemáticos, software y dispositivos tecnológicos. Para esta perspectiva teórica, sólo el conocimiento experto puede identificar, medir y evaluar los riesgos a los que está expuesta la población, la cual es incapaz de entenderlos o percibirlos por sí misma (Luján y López, 2000: 66-68). Al constituir fenómenos reales que existen independientemente de lo que la sociedad perciba de ellos, tienen probabilidades concretas de materializarse (medidas en función de las pérdidas esperadas) (Barnes, 1988: 73-74).

De manera contraria, tanto para el enfoque constructivista como para el culturalista, el riesgo constituye un fenómeno subjetivo, debido a que su identificación, selección y aún su estimación, dependen de los valores sociales y culturales, al igual que del contexto histórico. Prueba de ello, es que la propia conceptualización de estos fenómenos por parte de científicos y expertos, está determinada por filtros culturales y sesgos cognitivos, estando presente en todo momento la subjetividad.

Dependiendo del enfoque utilizado en la comprensión del riesgo, el diseño e implementación de las políticas públicas para su mitigación variará. Por ejemplo, cuando el riesgo es conceptualizado como un fenómeno objetivo, cuya probabilidad de ocurrencia y efectos adversos pueden estimarse, las políticas públicas asignarán los recursos económicos y humanos disponibles a la mitigación de los eventos destructivos que tienen una mayor probabilidad. Sin embargo, si el riesgo es definido como una construcción social o cultural, las políticas se enfocarán a desarticular los eventos que de acuerdo con los valores y preferencias de la sociedad, sean considerados como los más urgentes de atender.

Sin entrar en una reflexión filosófica sobre la condición ontológica del riesgo, se afirma que éste es un fenómeno objetivo-subjetivo, ya que los procesos de identificación, selección, medición y mitigación

están determinados tanto por juicios cualitativos como por la evidencia empírica existente, y los avances en la ciencia y tecnología. En este sentido, el riesgo no sólo está determinado por complejos modelos y por las tecnologías empleadas para su medición; también por los valores sociales y culturales de los científicos, expertos y responsables de su evaluación, así como de su gestión.

Por consiguiente, cada vez que un “nuevo” riesgo es identificado, no implica que se esté creando como un objeto antes inexistente, en el sentido de darle de vida. Más bien en un sentido nominalista, se le está asignando un orden cognitivo y se está redefiniendo su significado (Hacking, 2001: 32-38). La conceptualización del riesgo como un fenómeno objetivo-subjetivo requiere de un nuevo marco teórico y metodológico que facilite su comprensión y estimación, tomando en cuenta los diferentes niveles de subjetividad implícitos en los procesos de identificación, aceptación y reconocimiento.

c. Tipología de los riesgos de acuerdo con sus niveles de subjetividad

La separación del riesgo como un fenómeno objetivo o subjetivo es una división analítica que facilita su comprensión, ya que aún los riesgos objetivos dependen de filtros sociales, económicos, políticos y culturales. De manera que, al ser el riesgo un fenómeno real y a la vez construido, éste se puede analizar con base en la subjetividad existente en cada uno de los procesos de su gestión, clasificándose en: objetivos, percibidos, reconocidos, aceptados y desconocidos (véase la figura 1.1).

c.1 Riesgos objetivos

Los riesgos objetivos son aquellos que están asociados a fenómenos reales con probabilidades concretas de ocurrir, por ende, son independientes de la percepción social que exista sobre ellos. Con base en la evidencia empírica, estos riesgos pueden ser generados por tres tipos de fenómenos (ISRD, 2004: 47-53):

- a) Los eventos naturales de tipo climatológico (sequías e inundaciones), biológico (epidemias), geológico (sismos, explosiones volcánicas, deslaves, avalanchas, hundimientos y maremotos), e hidrometeorológico (huracanes, inundaciones, tormentas, ciclones, y temperaturas extremas).*
- b) Los eventos antropogénicos atribuidos a las decisiones y acciones de los hombres, cuyos impactos no cuentan con una interrelación directa con el ambiente, sino que están asociados a los errores humanos, negligencia, accidentes o terrorismo. Ejemplos de este tipo de eventos incluyen: las explosiones, los incendios, las fugas tóxicas y los derrames.*
- c) Los eventos socio-naturales causados por las decisiones y acciones de los hombres, cuyos impactos son resultado de las interrelaciones entre el hombre y la naturaleza. Entre este tipo de eventos se identifican: la contaminación del medio ambiente, la erosión del suelo, la deforestación, la desertización y los deslizamientos.*

c.2 Riesgos percibidos

La percepción de los riesgos está determinada por las creencias, actitudes, juicios, valores y estímulos externos que reciben las personas; así como por el conocimiento, los avances en la ciencia y tecnología y la información proveniente de las investigaciones científicas, discursos políticos y de los medios masivos de comunicación. La percepción que tiene la población de los riesgos es susceptible a sesgos, dado que cada individuo construye sus propias representaciones con base en sus niveles socioeconómicos, grupos de edad, sexo, características psicológicas, valores culturales, tradiciones y acceso a los medios masivos de comunicación. Por lo tanto, no todos los riesgos a los que está expuesta la población son percibidos por la sociedad; previo a ello, requieren primero pasar por filtros sociales y culturales que los dotan de significado.

c.3 Riesgos aceptables

Los riesgos aceptados son aquellos que tolera la sociedad al no considerarlos como peligrosos, ya sea porque su probabilidad de ocurrencia es muy baja o porque los costos de reducirlos exceden a los beneficios de su disminución (Fischhoff, 1978: 132). La aceptación de las personas para exponerse a ciertos riesgos está relacionada con las ventajas que obtendrán con base en: la información disponible a cerca de su magnitud e impactos, la distribución de sus consecuencias en el tiempo y espacio, la posibilidad de reparar los daños, la familiaridad con estos fenómenos, la confianza en los expertos y legisladores, y el conocimiento sobre las causas que los generan (Bechmann, 1995: 77; Crouch y Wilson, 1982: 85-86, y Renn, 1992: 65). Usualmente cuentan con una mayor aceptabilidad los riesgos a los que se expone la población voluntariamente, sobre los cuáles tiene un mayor control de sus impactos, los que se derivan del uso de tecnologías familiares, y aquellos cuyos daños son inmediatos o se materializan en lugares remotos.⁴

c.4 Riesgos reconocidos

No todos los riesgos percibidos cuentan con el reconocimiento de las autoridades, el cual depende de la voluntad e intereses en conflicto de los grupos sociales, partidos políticos, funcionarios públicos, élites económicas y organismos internacionales. Estos grupos de poder pueden obstaculizar que algunos riesgos se conviertan en demandas públicas, al elegir aquellos eventos que tienen una relevancia política y que les reditúan mayores beneficios.

Una vez que los riesgos cuentan con la atención de la sociedad, siendo parte de la agenda pública y un motivo de presión para las autoridades, algunos entran en la agenda de gobierno, recibiendo

⁴ Esta situación es conocida como el síndrome NIMBY (Not In My Backyard) (Renn, 1992: 65).

respuestas de las instancias gubernamentales responsables.⁵ El proceso de incorporación de ciertos riesgos en la agenda de gobierno se inicia con la generación de conocimiento por parte de los científicos y expertos. Pero la evidencia de su existencia no garantiza su reconocimiento, ya que ésta debe transformarse en demandas públicas concretas, lo cual no ocurre en el campo de la ciencia sino en el de la política. Consecuentemente, los riesgos no sólo son reconocidos con base en criterios científicos, también son resultado de negociaciones políticas, en donde los medios de comunicación desempeñan un papel decisivo para consolidar la opinión pública.

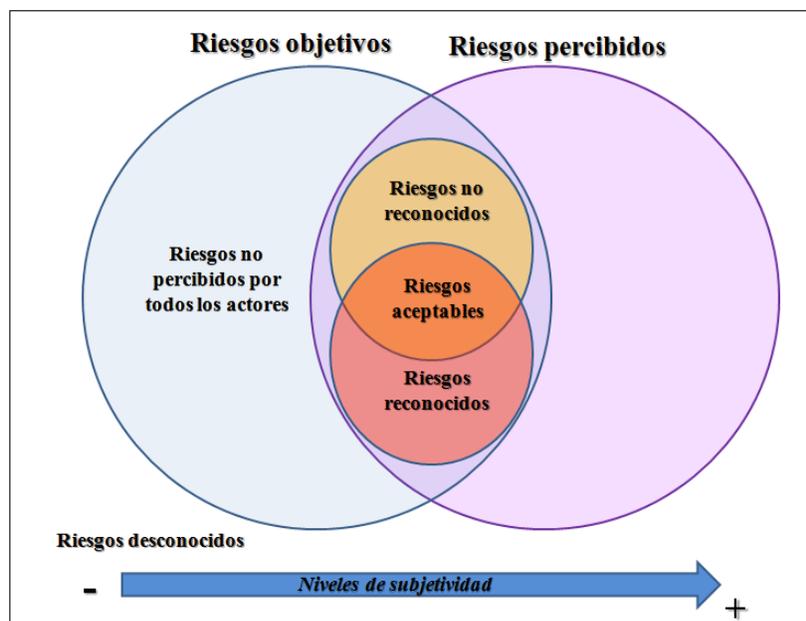
c.5 Riesgos desconocidos

A pesar de los avances en la ciencia y tecnología, no se conocen todos los riesgos a los que está expuesta la sociedad. Por lo tanto, los científicos, expertos y las autoridades responsables, requieren actuar con base en el “principio precautorio” (Vorsorgeprinzip), que se debe incorporar como un eje en el proceso de gestión de los riesgos, en particular, cuando la incertidumbre científica obstaculiza una evaluación completa de las consecuencias no deseadas de los diferentes eventos (Milaré, 1998: 60).⁶

Figura 1.1 Tipología de los riesgos con base en sus niveles de subjetividad

⁵ La agenda de gobierno es “el conjunto de asuntos explícitamente expuestos para la consideración activa de los encargados de tomar de decisiones” (Elder y Cobb, 1986: 116).

⁶El principio precautorio proviene del derecho alemán y fue utilizado, por primera vez, en la reunión ministerial de Bremen para la protección del Mar del Norte en 1984. Posteriormente, fue retomado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en 1992 (De Sadeleer, 2002: 3). En general, este principio se refiere a no llevar a cabo alguna acción para la que no se conocen con certeza todas sus consecuencias.



Fuente: Elaboración propia con base en ISRD (2004: 47-53), Milaré, (1998: 60), Bechmann, (1995: 77), Renn (1992: 65), Crouch y Wilson (1982: 85-86) y Fischhoff, (1978: 132).

1.2.2 Estimación, evaluación y gestión del riesgo

a. Evaluación y gestión de los riesgos

Los impactos de los riesgos que enfrenta la humanidad han aumentado en las últimas décadas, haciendo cada vez más necesaria la intervención oportuna y eficaz de las autoridades. Previo a la gestión de los riesgos se lleva a cabo el proceso de evaluación, en el cual se identifican los eventos considerados como peligrosos y sus posibles consecuencias, se seleccionan qué riesgos formarán parte de la agenda de gobierno, y se estiman sus probabilidades de ocurrencia, magnitud y distribución (véase la figura 1.2).

A pesar de que esta fase es fundamental para la toma de decisiones, ya que proporciona la información requerida para el diseño e implementación de las políticas para la gestión de riesgos, constituye una actividad relativamente reciente. Su origen está relacionado con el uso de los avances en el campo de la estadística y la probabilidad en la década de los treinta, para legitimar el desarrollo de la energía nuclear ante las fuertes presiones sociales que enfrentaban las autoridades por la edificación de nuevas centrales nucleares (Pool, 1997:196-198).

Los principales métodos empleados para la evaluación de los riesgos son: el Análisis Riesgo-Costo-Beneficio (RCB), las preferencias reveladas y las preferencias expresadas. El análisis RCB es el más utilizado, dado que estima los costos y beneficios vinculados a la exposición de la población en

ción

Beneficio-Riesgo (BR) (Crouch y Wilson, 1982: 52-60).⁷ Entre las desventajas de este método se encuentran: que no toma en cuenta la distribución de los riesgos, de sus costos ni de sus beneficios entre los diferentes grupos sociales involucrados, al reducir estas variables a unidades monetarias. Por este motivo, puede trasladar las limitaciones del mercado a los resultados del análisis; además la elección de las variables para estimar los costos y beneficios puede ser muy cuestionable, ya que depende de criterios subjetivos (Shrader-Frechette, 1985: 31).

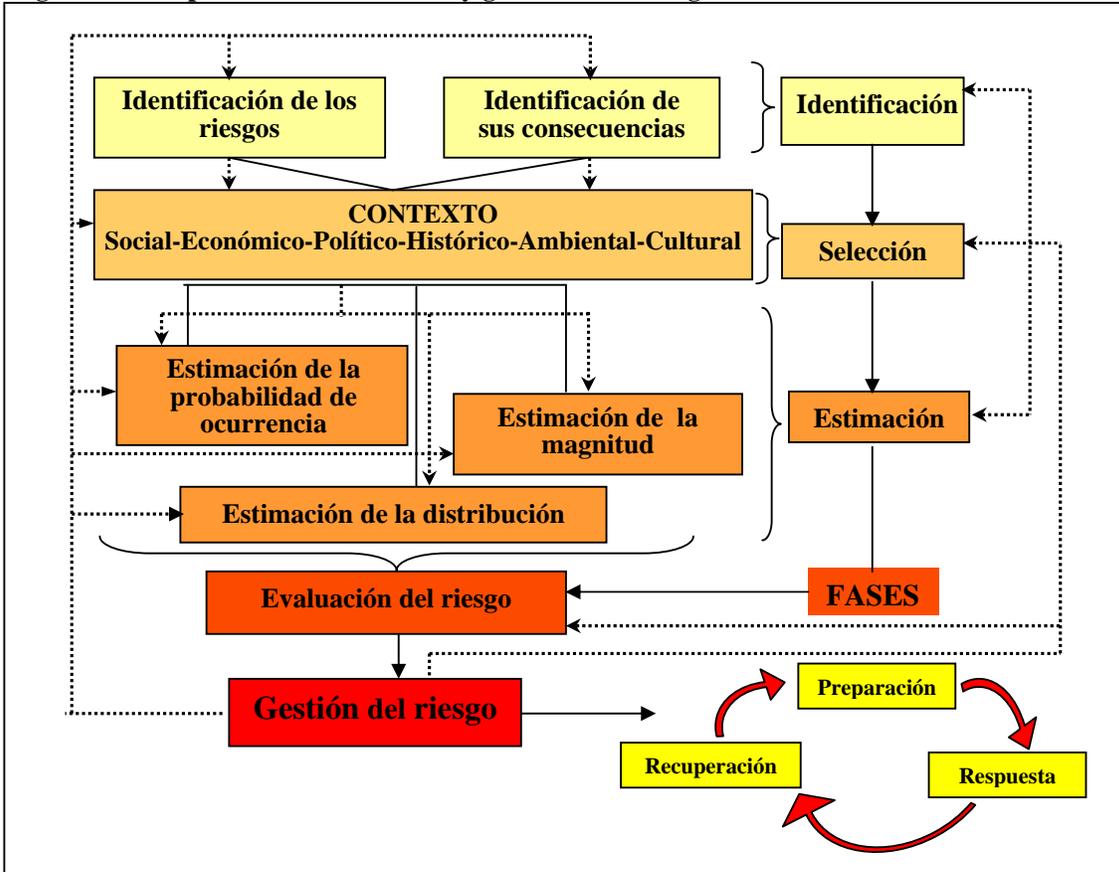
Con el método de las preferencias reveladas se evalúan aquellos riesgos cuya información disponible es muy limitada, al determinar los niveles de aceptabilidad de la población con base en su tolerancia histórica a eventos similares, siendo un método menos formal que el RCB (Shrader-Frechette, 1985: 34-35). Una de las desventajas de este enfoque es que supone que la percepción de la población, el conocimiento sobre los riesgos, así como sus características y consecuencias no cambian en el tiempo, lo cual podría invalidar los resultados.

Por último, el método de las preferencias expresadas consiste en preguntar directamente a la población qué riesgos consideran aceptables. La validez de los resultados de este método depende del diseño, aplicación y control de la muestra seleccionada. Uno de los mayores obstáculos es la dificultad de la población para responder preguntas relacionadas con el tema de la seguridad, ya sea por su desconocimiento o su alto contenido técnico (Shrader-Frechette, 1985: 41-43).

Concluida esta fase de evaluación, inicia el proceso de gestión del riesgo, que comprende la implementación de decisiones administrativas, organizacionales y operacionales para fortalecer las condiciones en que se encuentra la población, con el fin de reducir los impactos que tienen los eventos no deseados, mediante el ciclo de preparación, respuesta y recuperación (Oliver-Smith, 1998: 177-178). En la fase de preparación se definen las medidas preventivas y precautorias para hacer frente a un evento no deseado antes de que éste ocurra. Estas medidas están encaminadas a reducir la exposición de la población, minimizar la vulnerabilidad, así como administrar los recursos humanos, materiales, tecnológicos e institucionales. En la fase de respuesta, se implementan diversas estrategias dirigidas a reducir y limitar los efectos de la exposición a los riesgos como: la alerta temprana, el rescate y la atención a las víctimas. Finalmente, en la fase de recuperación se realizan aquellas actividades que permiten al sistema afectado regresar a la normalidad, incorporando las lecciones aprendidas durante el proceso de gestión (WWAP y Conagua, 2006e: 174-180) (véase la figura 1.2).

⁷ Si la razón BR es mayor a la unidad, los beneficios derivados de la exposición a los riesgos son superiores a los costos de su materialización, considerándose aceptables.

Figura 1.2 Los procesos de evaluación y gestión de los riesgos



Fuente: Elaboración propia con base en WWAP y Conagua (2006e: 174-180), Oliver-Smith (1998: 177-178), Pool (1997:196-198) y Shrader-Frechette (1985: 31).

Tanto la evaluación como la gestión de los riesgos constituyen procesos dinámicos que evolucionan y se ajustan a lo largo del tiempo. Dadas las divergencias en la definición y en los métodos utilizados para la evaluación de estos fenómenos, su mitigación y prevención constituyen tareas complejas que requieren de la negociación entre los actores involucrados para garantizar la viabilidad política de las medidas y estrategias que se implementarán.

b. Conceptualización y estimación del riesgo

Aunque existen una gran variedad de definiciones sobre el concepto de riesgo, así como metodologías para su estimación, en general, el riesgo (R) es estimado como el producto de las amenazas (A) por la vulnerabilidad (V), donde A es la probabilidad de ocurrencia de un evento externo no deseado y V es la predisposición de la sociedad a ser afectada por alguna amenaza (EIRD, 2004: 5-7) (véase la ecuación 1.1).

$$R = A \times V$$

(1.1)

Tanto las *A* como la *V* están relacionadas de manera positiva con el riesgo, por ende, éste se puede reducir disminuyendo las amenazas a las que está expuesta la población o mejorando las condiciones (físicas, sociales, económicas, políticas y ambientales) en que se encuentran las personas.

Debido a que este modelo teórico cuenta con una mayor aceptación a nivel mundial, fue el que se utilizó para calcular la intensidad y distribución de los riesgos generados por los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales, cuyos resultados se presentan en el capítulo IV. Además de las amenazas y la vulnerabilidad, existen otras definiciones de riesgo que utilizan como variables para explicar este fenómeno: los niveles de exposición (*E*), las capacidades de la población para recuperarse de los impactos de un desastre (resilience) (*Re*), la susceptibilidad de ciertos grupos a ser afectados (*Su*), el valor esperado de las pérdidas (*Pa*), las perturbaciones (*Per*) y/o tensiones del sistema (*Ten*), las demandas del electorado (*Elec*) y las capacidades tanto de la población como de las autoridades para enfrentar las amenazas (coping capacities) (*Cc*) (véase el cuadro 1.9).

Cuadro 1.9 Definición y estimación del riesgo

Definición del Riesgo	Ecuación	Variables
Producto de las amenazas (<i>A</i>) y la vulnerabilidad (<i>V</i>), entre las capacidades de la población para hacerles frente (<i>Cc</i>)	$R = \frac{AxV}{Cc}$	Las <i>Cc</i> son los recursos, políticas o estrategias con las que cuenta la sociedad.
Producto de las amenazas (<i>A</i>) por la vulnerabilidad (<i>V</i>), entre la resiliencia (<i>Re</i>)	$R = \frac{AxV}{Re}$	La <i>Re</i> se refiere al acceso y movilización de recursos humanos, económicos y materiales con los que cuenta la sociedad para absorber los impactos de los desastres.
Resulta de la combinación de las amenazas (<i>A</i>), la vulnerabilidad (<i>V</i>) y las deficiencias en la preparación de la población y las autoridades para enfrentar los efectos negativos de las amenazas (<i>Dp</i>)	$R = A \times V \times Dp$	Las <i>Dp</i> son las condiciones preexistentes que inhiben una respuesta rápida y óptima de la población o las autoridades para minimizar los impactos de las amenazas.
Deviene del producto de las amenazas (<i>A</i>) por la exposición (<i>E</i>) y la vulnerabilidad (<i>V</i>)	$R = A \times E \times V$	La <i>E</i> se refiere al número de personas, edificaciones e infraestructura que pueden ser afectados.
Valor esperado de las pérdidas (<i>Pa</i>)	$R = Ve (Pa) = \varepsilon Pa$	<i>Pa</i> se refiere al número de muertos, heridos y daños materiales en edificios e instalaciones.
Producto de los elementos en riesgo (<i>El</i>) por el riesgo específico que tiene cada uno para ser afectado (<i>Re</i>)	$R = El \times Re$	Los <i>El</i> se asocian con la población, edificios, instalaciones y actividades económicas que están en riesgo. <i>Re</i> son las pérdidas esperadas.
Probabilidad de experimentar consecuencias no deseadas como resultado de perturbaciones (<i>Per</i>) y/o tensiones (<i>Ten</i>)	$R = Prob (Per \text{ o } Ten)$	Las <i>Per</i> se vinculan a eventos no esperados que surgen fuera del sistema afectado. Las <i>Ten</i> se relacionan con eventos permanentes que evolucionan lentamente en el sistema afectado.
Probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado (<i>P</i>) por la magnitud de sus consecuencias (<i>M</i>), incrementada por las demandas del electorado (<i>Elec</i>)	$R = Prob(M) + TLC$	<i>Elec</i> son las principales demandas del electorado a los hacedores de política, destacan: la confianza (<i>trust</i>), el consentimiento (<i>consent</i>) y la responsabilidad (<i>liability</i>).

Fuente: Elaboración propia con base en EIRD (2004: 5-7), Villagrán (2006: 4), Cardona (2003: 7), Turner et al. (2003: 8074-8077), Alexander (2000: 282), Crichton, (1999: 102) y Rayner (1992: 95).

Conforme la población cuenta con más recursos y estrategias encaminadas a prevenir las consecuencias negativas de los riesgos, la magnitud y frecuencia en que se presentan estos fenómenos disminuirá. Por otro lado, si las condiciones preexistentes no les permiten una respuesta rápida y oportuna, las pérdidas que ocasionan estos fenómenos, así como su ocurrencia a lo largo del tiempo, se incrementará.

c. Conceptualización y estimación de la vulnerabilidad como un componente del riesgo

Una de las principales aportaciones de las ciencias sociales al estudio de los riesgos fue la incorporación del concepto de vulnerabilidad, mediante el cual se reconoció la influencia que tienen los aspectos de índole social, económico, político, ambiental y cultural, sobre la magnitud y frecuencia con que se materializan los riesgos. En general, la vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o incapacidad de un sistema (social, ambiental o de otro tipo) para hacer frente a las amenazas a las que está expuesto y sobreponerse a sus impactos (EIRD, 2004: 5-7).

En el caso de la vulnerabilidad de los sistemas sociales, ésta depende de la fragilidad de las condiciones físicas (Ff), sociales (Fs), económicas (Fe), políticas (Fp) y ambientales (Fa), en que vive la población. Mientras que los Ff se refieren al ambiente construido; los Fs al alfabetismo, educación, seguridad, derechos humanos, equidad y tradiciones; los Fe a la pobreza, deudas y acceso a créditos; los Fp a la representación política y atención de las demandas sociales y los Fa a la degradación ambiental (UNDP, 2004: 11) (véase la ecuación 1.2).

$$V = Ff \times Fs \times Fe \times Fa$$

(1.2)

Esta definición no es la única que existe para estimar la vulnerabilidad, otras variables utilizadas para estudiar este fenómeno son: la resiliencia (Re), la resistencia (Resis), la incapacidad de las comunidades para auto-ajustarse a un ambiente cambiante y las limitaciones de las personas para responder a un evento no deseado (véase el cuadro 1.10). Dado que la Re se refiere al acceso y movilización de los recursos humanos, económicos y materiales con los que cuenta la sociedad para absorber los impactos de los desastres, su estimación incluye variables como: la infraestructura y equipamiento, el personal y la tecnología disponible para la atención de emergencia, los recursos humanos en el sector salud, la disponibilidad o acceso a fondos internos y/o externos al país, la contratación de seguros contra desastres, el nivel de desarrollo humano, la redistribución económica, y el gasto social en educación (Carreño et al., 2009: 169-170; BID-CEPAL-IDEA, 2004: 14).

Por su parte, la Resis está asociada con la habilidad de la población para soportar los impactos negativos de un evento no deseado; entre las variables utilizadas para su cálculo se encuentran: la infraestructura y el equipamiento para preservar la seguridad de la población, las capacidades económicas y la habilidad de la comunidad para apoyarse, la organización y estructura social, las políticas en materia de gestión de los riesgos, así como las estrategias implementadas para la mitigación y prevención (Cardona, 2003b: 5-6).

Cuadro 1.10 Conceptualización y estimación de la vulnerabilidad

Definición	Ecuación	Variables
Producto de la exposición de la población a ciertas amenazas (E), por su resistencia (Re) y su resiliencia (Resil).	$V = E \times Resis \times Resil$	*La Resis es la habilidad de la población para soportar las consecuencias no deseadas. *La Resil es la habilidad de las personas, organizaciones e infraestructura para recuperarse de los impactos de algún evento
La predisposición de un sistema a ser dañado por su fragilidad física (Fgf) y socioeconómica (Fgs), así como por su falta de resiliencia (Fgr).	$V = Fgf \times Fgs \times Fgr$	*La Fgf es la fragilidad de los asentamientos humanos debido a su localización. *La Fgs se relaciona con la pobreza y segregación social. *La Fgr se refiere a la incapacidad de la población para responder y absorber los impactos de las amenazas.
La incapacidad de una comunidad para hacer frente a eventos no deseados y auto-ajustarse, dada la fragilidad de sus condiciones físicas (Df), económicas (De), sociales (Ds), educativas (Ded), políticas (Dp), institucionales (Di), culturales (Dc) y ambientales (Da).	$V = Df \times De \times Ds \times Ded \times Dp \times Di \times Dc \times Da$	*Las Df se asocian con los asentamientos humanos en áreas de riesgo (como laderas, barrancas, cauces de ríos y tiros de minas); las De con la falta de ingresos y estabilidad laboral; las Ds con la segregación de los grupos sociales; las Ded con la falta de conocimiento sobre cómo reaccionar ante un evento no deseado; las Dp con la falta de autonomía y participación social; las Di con la obsolescencia y rigidez de las instituciones; las Dc con las tradiciones y valores que influyen en la percepción de las amenazas; y las Da con la destrucción del ambiente.
La falta de capacidad de las personas para responder a un evento no deseado, por sus limitaciones físico-materiales (Ffm), motivacionales (Fma) y socio-organizativas (Fso).	$V = Ffm \times Fso \times Fma$	Los Ffm se asocian con el clima, la salud, la infraestructura, las viviendas y el uso de suelo; los Fso con las estructuras públicas formales e informales y con la organización social; y finalmente, los Fma con las actitudes de las personas hacia eventos no deseados.

Fuente: Elaboración propia con base en Carreño et al. (2009: 169-170), Thywissen (2006: 18), BID-CEPAL-IDEA (2004:14-22), Cardona (2003: 9-10), Davis (2003: 3-17), Kasperson (1995: 4-7) y Wilches-Chaux (1993: 25-45).

Entre los principales retos a resolver en las próximas décadas destaca el desarrollar una metodología para estimar los riesgos y sus componentes que sea universalmente válida, considere la incertidumbre existente y las interrelaciones entre sus componentes, además de permitir la comparación de sus resultados. El riesgo no es un fenómeno externo e independiente, sino un fenómeno dinámico que se modifica en el tiempo, por ende, previo a su materialización la población afectada vive bajo condiciones de fragilidad que reducen sus capacidades para hacer frente a las amenazas. Debido a que el interés de esta investigación es analizar la distribución e intensidad de los riesgos que devienen

de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje en el DF, en este apartado se aborda cómo han sido conceptualizados y qué modelos han sido utilizados para estimar los riesgos relacionados con el agua.

1.2.3 Riesgos relacionados con el agua

Los esfuerzos por reducir los riesgos relacionados con el agua y atenuar sus consecuencias no deseadas no son recientes. Sin embargo, la humanidad enfrenta nuevos desafíos que hacen más compleja esta tarea. Entre estos desafíos se identifican: el cambio climático, el crecimiento de la población, el incremento en la demanda de agua, la mayor competencia por el acceso y uso de los recursos hídricos, la emergencia de conflictos por el agua, la urbanización en zonas de alto riesgo o de recarga de los acuíferos y la reducción de la calidad del agua de las fuentes de donde se obtiene (lo cual disminuye aún más su disponibilidad). Como resultado de los impactos negativos que tienen los problemas relacionados con el agua sobre la población y los ecosistemas, éstos se han convertido en una preocupación mundial que ha obligado a gobiernos, instituciones, organizaciones y a la sociedad en general, a desarrollar nuevas ideas para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

Hasta el momento, los riesgos generados por los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales no han recibido la atención que merecen, a pesar de estar estrechamente relacionados con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)⁸ que incluyen: la disminución de la pobreza y hambre, la reducción de la elevada mortalidad de los menores de cinco años, la erradicación de enfermedades como la malaria y la tuberculosis, la eliminación de las desigualdades sociales y la preservación de los recursos naturales, incluidos los hídricos.

En este apartado se identifican los principales problemas relacionados con el agua, se mencionan los indicadores que se han utilizado para su medición y se propone una clasificación alternativa de los riesgos relacionados con el agua que tome en cuenta tanto los riesgos generados por eventos naturales extremos como los que devienen de las interacciones entre las acciones de los hombres y las respuestas de su medio ambiente.

a. Principales problemas relacionados con el agua en el mundo

⁸ Durante la Cumbre del Milenio, 189 jefes de Estado se comprometieron a cumplir los ODM encaminados a reducir la pobreza e incrementar la salud pública, la igualdad entre los géneros, la educación y la sostenibilidad ambiental. Entre estos objetivos están: 1) Erradicar la pobreza extrema y el hambre, 2) Lograr la enseñanza primaria universal, 3) Promover la igualdad entre sexos y la autonomía de la mujer, 4) Reducir la mortalidad infantil, 5) Mejorar la salud materna, 6) Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, 7) Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, y 8) Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.

Los pronósticos sobre la situación que enfrentará el mundo con respecto al agua no son muy alentadores y dejan en claro, que los problemas relacionados con su acceso, distribución, preservación y control, no constituyen ni deben ser gestionados como una fuente de riesgos futura, sino como una amenaza actual para la población, su entorno y la viabilidad de sus ciudades. Aunque existe una gran diversidad de problemas relacionados con el agua que exponen a las personas a riesgos, entre los más importantes por su capacidad para provocar pérdidas humanas y materiales se encuentran: a) la escasez relativa de agua, b) la falta de un suministro seguro, c) la carencia de servicios de saneamiento, d) la emergencia e intensificación de los conflictos por el agua, e) la escasez de alimentos, f) la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, g) la generación y difusión de enfermedades de origen hídrico, h) la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos y i) los impactos del cambio climático.

a.1 La escasez relativa del agua⁹

La disponibilidad natural del agua dulce en el mundo es muy desigual y relativamente escasa. Por un lado, si bien el volumen total del agua en el planeta es de 1.4 billones de km³ (71% de la superficie terrestre), sólo 0.32% del total es apta para el consumo humano y se encuentra en lugares accesibles; ubicándose casi un 0.03% (11,200 km³) en los lagos, ríos, manantiales y pantanos de todo el mundo (WWAP, 2006: 121).

El agua dulce disponible tiene una distribución natural muy desigual, por ende, muchos países se encuentran en una situación hídrica deficitaria, ya que la cantidad de agua extraída de las diferentes fuentes no alcanza a satisfacer los requerimientos de sus usuarios, incrementando la competencia entre ellos. Se concentra en algunas cuencas de Liberia; en los grandes lagos de Norteamérica; en los lagos Tanganica, Victoria y Malawi en África, y en los sistemas fluviales del Amazonas, Ganges, Brahmaputra, Congo, Yang-tze y Orinoco (WWAP, 2006: 125-127).

Actualmente 470 millones de personas viven en países con estrés hídrico, concepto que se utiliza para designar el déficit de la oferta (en términos de cantidad) de los recursos hídricos respecto a la demanda durante un periodo de tiempo determinado, o cuando el uso de estos recursos se ve restringido por su baja calidad (WWAP, 2001: 9). De acuerdo con la WWAP (2003: 52-54), esta cifra aumentará casi ocho veces para el año 2025, estimándose en 2 800 millones las personas que

⁹ Equivocadamente suele utilizarse la noción de escasez de agua sin diferenciar si se trata de una escasez en términos absolutos o relativos. El agua en términos generales no es escasa, debido a que 71% de la superficie terrestre está cubierta por ella, pero su distribución natural y social hace que no sea igualmente accesible para la población y los ecosistemas, tratándose de una escasez relativa.

vivirán en países con estrés hídrico por la reducción en la disponibilidad promedio del agua de aproximadamente 7 000 m³ en el año 2000, a casi 5 100 m³ para el 2025.

Además del uso y consumo humano, el agua es indispensable para mantener los ecosistemas naturales. Sin embargo, las extracciones de agua dulce para satisfacer la demanda de la población mundial han aumentando casi cuatro veces desde la década de los cuarenta, abarcando 54% del total. Se estima que para el año 2025, estas extracciones ascenderán a 68% del total, dejando para la supervivencia del resto de las especies del planeta sólo un 32% (WRI et al., 1996: 6-10). Esta situación no sólo pone en riesgo el bienestar de la población y el funcionamiento de sus ciudades; también la salud y supervivencia de los ecosistemas y sus especies.

a.2 Problemas en el suministro de agua y en el saneamiento

El suministro de agua es muy desigual no sólo entre los países sino también dentro de éstos, realizándose usualmente los mayores consumos en las ciudades grandes y medias. Comparando los niveles de consumo promedio en el mundo, el que realizan los habitantes de los países desarrollados es 14 veces superior al de los países en desarrollo, siendo para los primeros de 300 m³/persona; y para los segundos, de 20 m³/habitante. Incluso en algunas comunidades de países en desarrollo, las mujeres tienen que caminar aproximadamente 7 km para obtener este líquido tanto para preparar los alimentos de sus hogares como para asearlos (WWAP, 2006: 103).

En el mundo, cerca de 1 100 millones de personas no cuentan con un suministro de agua adecuado, debido a que el agua que se les proporciona no cumple con los estándares de calidad y tampoco satisface sus requerimientos mínimos para preservar su salud y productividad; adicionalmente, más de 500 millones no cuentan con este servicio.¹⁰ En el caso de los servicios de saneamiento, cerca de 2 600 millones de personas no tienen ni siquiera letrinas para disponer sus excretas y 2 400 millones carecen por completo de este servicio. La falta de saneamiento en los hogares ha sido la causa de muerte de más de 2.2 millones de personas cada año, de las cuales la mitad son menores de cinco años de edad (WHO-UNICEF, 2000: 12-14; FEA, 2006: 33). Por consiguiente, la población que cuentan con un suministro confiable de agua y con medios seguros para disponer sus excretas es menos vulnerable en comparación con la que debe encontrar día a día, la forma de acceder a estos servicios.

a.3 Conflictos por el agua

¹⁰ Se estima que para satisfacer las necesidades básicas de la población, se requieren entre 20 y 50 litros de agua por día (WHO-UNICEF, 2000: 12-14; FEA, 2006: 33).

Una de las mayores preocupaciones de la comunidad internacional se remite a la generación e intensificación de los conflictos por el agua. En el mundo existen 261 cuencas que atraviesan las fronteras políticas de dos o más países, éstas abastecen con agua a más de 40% de sus habitantes (WWAP, 2006: 149).

En los últimos años, la competencia por el agua entre países y regiones se ha ido incrementando por el crecimiento en el consumo y la reducción en su disponibilidad, promoviendo la emergencia de nuevos conflictos e intensificando los existentes; en particular, en países de Asia y África. Aunque este tipo de eventos está presente en diversos países del mundo, destacan los que se han desarrollado en el Medio Oriente al ser de los más violentos (WWAP, 2006: 149).¹¹

Se espera que en el futuro se agudicen estos conflictos por el aumento en la escasez relativa del agua, el deterioro de los recursos hídricos, las discrepancias en las decisiones sobre la construcción de infraestructura hidráulica en cuencas compartidas, y la incompatibilidad de intereses en la administración de las fuentes de agua tanto entre países como entre regiones (Gleick, 1993: 83-95). Estos conflictos por sus propias características tienen un gran potencial de convertirse en desastres.

a.4 La seguridad en la producción de alimentos

La FAO en su publicación Agricultura mundial: hacia los años 2015-2030, afirma que cerca de 1 000 millones de personas viven en zonas con insuficiente agua para satisfacer sus necesidades alimentarias y aproximadamente 850 millones padecen de desnutrición. Para eliminar estas brechas nutricionales en las próximas tres décadas, la producción de alimentos se deberá incrementar en un 60% (WWAP, 2006: 254-255, 265).

La producción de alimentos y otros productos agrícolas utilizan casi el 70% del total del agua dulce (superficial y subterránea) extraída en el mundo, siendo el mayor consumidor de este recurso (WWAP, 2006: 247, 255-256). La IWMI y la FAO (2007: 16) calculan que la cantidad de agua consumida por el sector agrícola para el año 2050, duplicará los 7 130 km³ que actualmente utiliza, si no se mejoran los niveles de productividad.

En las últimas décadas la productividad de este sector ha ido aumentando gracias a que el riego está mejor integrado a los sistemas de producción agrícola, a que las prácticas agrícolas forman parte de la gestión forestal, al cultivo de nuevas variedades de plantas, y al uso de agroquímicos (como

¹¹ Entre dichos países se encuentran: Turquía, Siria, Irak, Israel, Jordania, Palestina, India, Pakistán, Bangladesh, China, Indochina, Tailandia, Tayikistán, Kirguizistán, Uzbekistán, Etiopía, Kenia, Tanzania, Ruanda, Burundi, Uganda y Egipto (Gleick, 1993: 85-89).

fertilizantes y plaguicidas). Sin embargo, el uso de agroquímicos se considera una de las principales causas de la pérdida de los servicios reguladores de los ecosistemas como: la polinización, el control biológico de plagas, la pérdida de biodiversidad y el deterioro de los hábitats (IWMI y FAO, 2007: 9-10).

a.5 Contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas

Las aguas superficiales del planeta han sido severamente afectadas por su contaminación. Aproximadamente, dos millones de toneladas de desechos (industriales, químicos, humanos y agrícolas) son vertidos en sus corrientes, pero menos de 50% del agua residual generada a nivel mundial recibe algún tipo de tratamiento (WWC y Conagua, 2006: 179). Esta situación ha incrementado la exposición de la población a enfermedades de origen hídrico; además de amenazar con destruir varios ecosistemas y reducir aún más la disponibilidad del agua para el consumo humano. Aunque un número considerable de países de América Latina, Asia, del sureste de Europa y casi la totalidad de los países de África tratan menos del 40% de sus aguas residuales, en contraparte sobresalen los casos de países como Austria, Dinamarca, Holanda, Alemania y Suiza, en donde más del 90% de sus aguas residuales son tratadas y reutilizadas más de una vez (EEA, 2009: 56).

Entre las principales causas de contaminación de las corrientes superficiales se encuentran: a) la eutrofización por el exceso de nutrientes en el agua; b) la reducción de la cantidad de oxígeno por la descomposición de la materia orgánica; c) la transmisión, densidad y generación de organismos patógenos (virus, bacterias y protozoarios); d) la salinización por altas concentraciones de iones de calcio, sodio, cloruros y sulfatos; e) la acidificación por la lluvia ácida y las emisiones industriales de SO_2 y NO ; y finalmente, f) la acumulación de compuestos tóxicos como metales pesados, disolventes, fertilizantes y plaguicidas (Varis, 2003: 64-65; FEA, 2006: 53).

Por otro lado, las aguas subterráneas están siendo contaminadas por substancias químicas orgánicas e inorgánicas como: lixiviados,¹² descargas de aguas residuales, fertilizantes y residuos de plaguicidas (GEMS/Water, 1991: 4-7). El deterioro de esta fuente afecta a millones de personas en el mundo, ya que abastece poco más del 50% de la demanda de agua a nivel mundial (WWAP, 2006: 128-131). Adicionalmente al deterioro de la calidad del agua de los acuíferos, éstos enfrentan otras presiones que incluyen: el incremento en la demanda de agua a nivel mundial, su extracción por encima de su capacidad de recarga natural y la reducción de la infiltración natural del agua pluvial al subsuelo.

¹² Los lixiviados son líquidos contaminantes que se forman por reacción, arrastre o percolación, del agua a través de residuos sólidos.

a.6 La propagación de las enfermedades de origen hídrico

Las enfermedades de origen hídrico son una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en el mundo. A éstas se les atribuye la muerte de 2.2 millones de personas al año y el ingreso a las instituciones médicas de más de 5 millones. Entre las principales enfermedades de origen hídrico están: las enfermedades diarreicas (como el cólera, la salmonelosis y la amibiasis), la malaria, la esquistosomiasis,¹³ los parásitos intestinales, el dengue, la fiebre tifoidea y paratifoidea, el tracoma y las infecciones por helmintos intestinales (WWAP, 2003: 104).

Cada año mueren 1.8 millones de personas por enfermedades diarreicas (cifra que representa 3.5% del total de las defunciones a nivel mundial), 1.3 millones por malaria, 15 000 por esquistosomiasis, 19 000 por dengue, 12 000 por infecciones intestinales, 100 000 por amibiasis y 4 000 por cólera. De las muertes totales, 90% ocurrieron en niños menores de 5 años, siendo el grupo de edad más afectado por la carencia y/o deficiente calidad del agua suministrada (WHO-UNICEF, 2000: 12-14; WWAP, 2006: 209-229; WWAP, 2003: 104-105). Anualmente 200 millones de personas son infectadas por el gusano que causa la esquistosomiasis, 740 millones padecen de infecciones intestinales por helmintos, 133 millones por parásitos, 21.6 millones se enferman de fiebre tifoidea, 124 000 de cólera, y varios miles se ven afectados por el consumo de agua con arsénico, presentando desde lesiones cutáneas hasta cáncer de vejiga, riñón, pulmón y piel (WHO-UNICEF, 2000: 12-14; WWAP, 2006: 209-229).

La mortalidad y morbilidad por enfermedades de origen hídrico son prevenibles, dado que se atribuyen a la ausencia de fuentes de agua seguras y accesibles, a la falta de saneamiento, al hacinamiento y a la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas. En este sentido, el WWAP (2003: 102, 108-109) estima que si se abastece al total de la población mundial con agua por medio de redes de distribución y se le proporciona medios de saneamiento seguros, la mortalidad y morbilidad de las enfermedades diarreicas disminuirá en un 70%, además de traer consigo efectos positivos en la reducción de otras enfermedades como la esquistosomiasis, el tracoma y la hepatitis.

a.7 Impactos de los eventos hidrometeorológicos

En las últimas décadas, la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos (como inundaciones, sequías, huracanes y tsunamis) se ha triplicando, pasando de mil eventos por año en 1970, a más de 3 000; cifra que representa 90% del total de los eventos naturales extremos

¹³ Enfermedad causada por la tenia o larva que se encuentra en acequias de riego y en las aguas estancadas de los ríos (WWAP, 2006: 217).

registrados. De igual forma, las pérdidas humanas y materiales¹⁴ provocadas por estos fenómenos se han más que cuadruplicado, aumentando de 138 400 a 659 000 millones de dólares; atribuyéndoseles 71% del total de las muertes causadas por los diferentes eventos naturales extremos. Los países en desarrollo han sido los más afectados, dado que los gastos para su recuperación representan en promedio 13.4% del total de su PIB; en contraste con 4% de los países desarrollados (WWC y Conagua, 2006e: 165-167).

Las inundaciones son el evento hidrometeorológico que con mayor frecuencia afecta a la humanidad, constituyendo la mitad del total de los desastres ocurridos en todo el mundo entre 1971 y 1995. Estos eventos han causado la muerte de 328 000 personas y han dañado a más de 81 millones. Los científicos y expertos esperan que no sólo la frecuencia sino también la intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos se incrementen en las próximas décadas, debido a los impactos negativos del cambio climático; amplificando los niveles de exposición de la población a este tipo de fenómenos, y por ende, haciendo cada vez más indispensable la implementación de políticas, planes y estrategias para su mitigación y prevención (WWC y Conagua, 2006e: 168-169).

a.8 Los efectos del cambio climático

En las últimas décadas, la variabilidad del clima inducida por el fenómeno conocido como cambio climático ha aumentado; lo mismo se identifica para la temperatura del planeta que desde 1990 se ha incrementado entre uno y cuatro grados centígrados. Aunque estas cifras pueden parecer pequeñas, sus consecuencias sobre la población y los ecosistemas son devastadoras (IPCC, 2007: 11-12). A pesar de ello, se siguen generando una gran cantidad de emisiones de gases invernadero (como el dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y metano (NH₄)), como resultado de la combustión de energéticos fósiles y la deforestación, retroalimentándose de manera positiva el calentamiento del planeta (Bruce, 1999: 298). Algunos países considerados como los mayores generadores de estos gases se niegan a firmar el Protocolo de Kioto para negociar su reducción, sobresaliendo el caso de los Estados de Unidos.

Se anticipa que el cambio climático continuará repercutiendo en la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos como ciclones tropicales, sequías, lluvias torrenciales e inundaciones; en la demanda y acceso al agua; en la generación de alimentos; en la preservación del medio ambiente; en la migración de la población, y en la emergencia de conflictos por el agua. Asimismo, se esperan cambios substanciales en la cobertura del hielo, en los sistemas biológicos marinos y de agua dulce, en la salinidad y niveles de oxígeno del agua de los océanos, en los

¹⁴ Estas cifras no consideran las pérdidas humanas y económicas atribuidas al Tsunami que afectó en 2004 a varios países e islas de Asia.

brotes de vectores de enfermedades de origen hídrico, y en los determinantes de los patrones climáticos, como el fenómeno conocido como ENSO, cuya fase calurosa se identifica bajo el nombre de El Niño (IPCC, 2007: 8-12; WWAP, 2006: 254; Merryfield, 2006: 4009-4010). Por los impactos conocidos del cambio climático, y aún los desconocidos, su comprensión se ha convertido en un tema prioritario a nivel mundial.

Teniendo en cuenta las características y consecuencias, presentes y futuras de los problemas relacionados con el agua que se han mencionado, así como la compleja interrelación que guardan con respecto a la salud, calidad de vida, alimentación, medio ambiente y desarrollo económico, es evidente que estos problemas pueden devenir en la generación e intensificación de los riesgos que enfrenta la humanidad. De ahí, que su identificación, evaluación y gestión sea vital para minimizar sus impactos negativos. En este sentido, otra de las contribuciones de esta investigación es una propuesta alternativa de clasificación de los riesgos relacionados con el agua, más completa y sistémica.

b. Clasificación propuesta para los riesgos relacionados con el agua

Las clasificaciones realizadas sobre los riesgos relacionados con el agua suelen simplificarlos de acuerdo con su origen en eventos naturales o antropogénicos (WWC y Conagua, 2006e: 171). Algunas separan de manera arbitraria los eventos que deben ser atendidos por las instituciones gubernamentales responsables de la gestión del agua, de aquellos que se atribuyen a las instancias encargadas de la gestión de los riesgos (UNDP, 2004: 11).

Otras toman en cuenta los riesgos que resultan de factores políticos y de ataques terroristas, pero continúan dándole una mayor importancia a los fenómenos hidrometeorológicos extremos (Italian Ministry for the Environment and Territory, 2006: 3). Sin embargo, son pocos los esfuerzos de clasificación en donde se incorporan otros elementos más allá del propio fenómeno físico, estando la mayoría de estas clasificaciones incompletas y/o sesgadas por el paradigma científico-técnico que domina la gestión de los riesgos.

La clasificación propuesta en esta investigación para el estudio de los riesgos relacionados con el agua, los divide de acuerdo con sus causas en: riesgos naturales, riesgos antrópicos (o antropogénicos), y riesgos socio-naturales. Cada uno de estos riesgos está conformado a su vez, por varias subclases. En primer lugar, los riesgos naturales se atribuyen a las manifestaciones hídricas, climáticas y geofísicas de la naturaleza, por lo que pueden ser de tipo hidrometeorológico o hidrogeológico. Mientras que los riesgos hidrometeorológicos se asocian a la ocurrencia de eventos naturales extremos como huracanes, tormentas tropicales, tsunamis, sequías, inundaciones y heladas;

los riesgos hidrogeológicos son resultado de procesos geológicos que fueron previamente desencadenados por eventos hidrometeorológicos (por ejemplo, avalanchas, derrumbes y deslaves) (véase la figura 1.3).

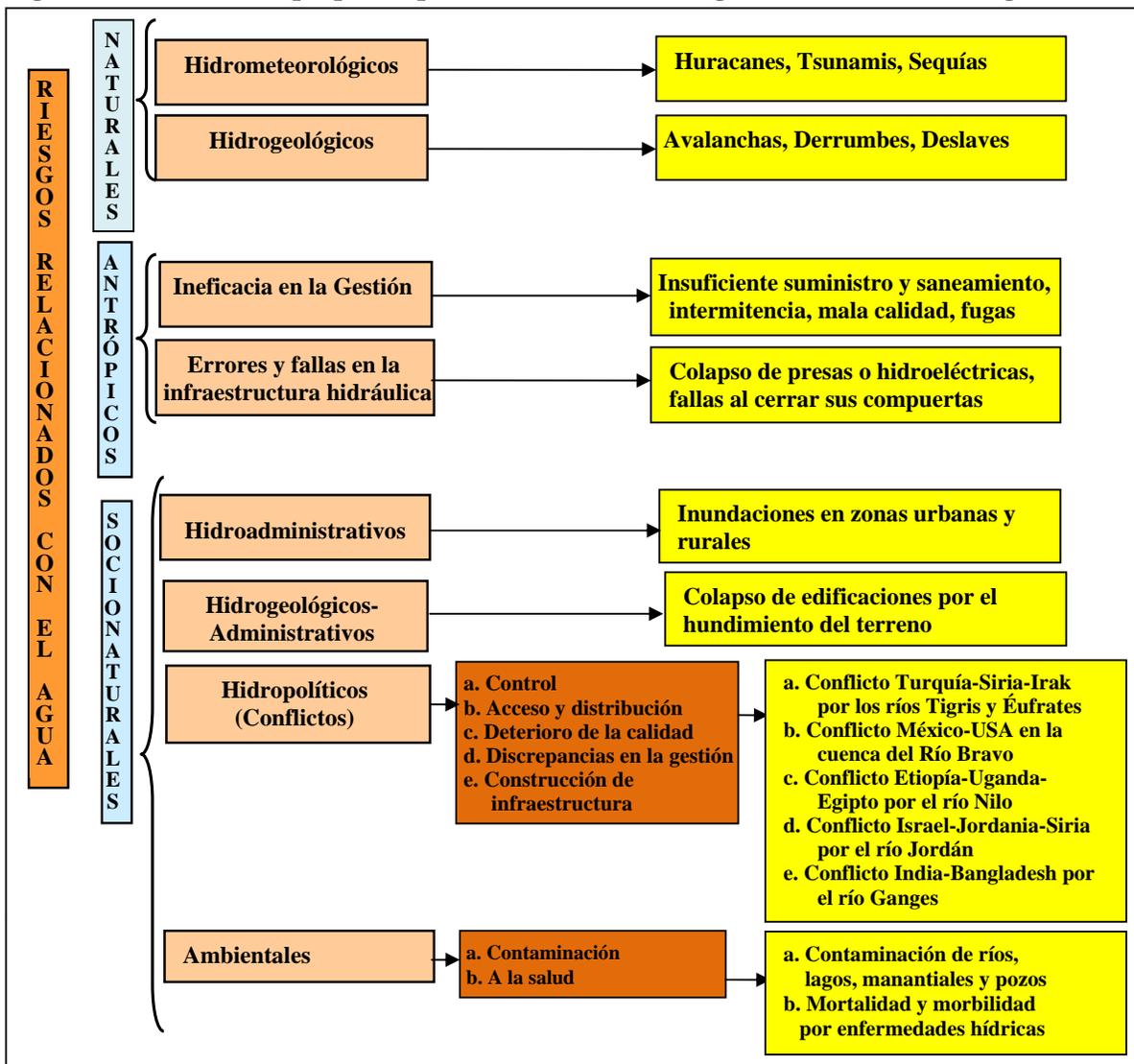
En segundo lugar, los riesgos antrópicos (o antropogénicos) son causados por las acciones y decisiones de los hombres (o sus omisiones), dividiéndose a su vez en tres subclases: los que son causados por la ineficacia en la gestión del agua, aquellos que devienen de los errores y fallas en la infraestructura hidráulica y los que son producto del terrorismo. Los riesgos por la ineficacia en la gestión del agua se relacionan con los diferentes niveles de cumplimiento de los objetivos buscados por las autoridades responsables, entre los que se encuentran: a) proporcionar a la población un suministro de agua suficiente para satisfacer sus requerimientos mínimos y que cumpla con los estándares de calidad, b) disponer de manera segura e higiénica las aguas residuales generadas, c) dar mantenimiento y mejorar la infraestructura hidráulica, y d) diseñar e implementar tecnologías ahorradoras del agua. Por otro lado, los riesgos por errores y fallas en la infraestructura hidráulica se explican por la presencia de errores en los cálculos para la construcción de este tipo de infraestructura, la negligencia en su operación y mantenimiento, además de la falta de planes para enfrentar situaciones de emergencias o perturbaciones extraordinarias no previstas. Por último, los riesgos por ataques terroristas se refieren a las acciones terroristas que se lleven a cabo sobre la infraestructura hidráulica estratégica, la cual puede provocar la destrucción o el funcionamiento deficiente de este tipo de infraestructura (véase la figura 1.3).

En tercer lugar, los riesgos socio-naturales son el producto de la interacción entre los factores sociales y los ambientales. Este tipo de riesgos se subdividen a su vez en: hidroadministrativos, hidrogeológicos-administrativos, hidropolíticos y ambientales. Los riesgos hidroadministrativos se derivan de la convergencia entre los fenómenos hidrometeorológicos extremos con los problemas en la gestión del agua, sobresaliendo por sus impactos negativos sobre la población y las ciudades, las inundaciones en zonas urbanas. Los riesgos hidrogeológicos-administrativos son resultado de las interrelaciones entre los procesos geológicos que fueron generados por eventos hidrometeorológicos, con las fallas en la gestión del agua. En esta situación se identifica el colapso de las edificaciones por el hundimiento del terreno, atribuido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos. Los riesgos hidropolíticos se remiten a la emergencia e intensificación de los conflictos por el agua atribuidos a su control, acceso, distribución, deterioro de su calidad, discrepancias en su gestión y oposición en la construcción de obras y/o proyectos hidráulicos. Finalmente, los riesgos ambientales tienen que ver con el deterioro de los ecosistemas y sus consecuencias sobre los recursos hídricos por las descargas contaminantes industriales, agrícolas y domésticas; la infiltración en el subsuelo de fertilizantes y

plaguicidas; la presencia de lluvia ácida, y la intrusión de agua salina en los acuíferos. Estos riesgos se subdividen en: riesgos por contaminación y riesgos a la salud por enfermedades de origen hídrico. Los riesgos por contaminación son generados por la disminución de la calidad de los cuerpos de agua; mientras que los riesgos a la salud se vinculan con la generación, incubación y transmisión de agentes infecciosos por medio del agua (véase la figura 1.3).

Con esta clasificación, los riesgos relacionados con el agua ya no sólo se atribuyen a la presencia de fenómenos naturales extremos, también se incluyen aquellos riesgos que resultan de la negligencia, los errores humanos y los intereses de los responsables de la gestión. En este sentido, se trata de una clasificación más detallada que toma en cuenta las interrelaciones que existen entre los sistemas social, económico, político y ambiental.

Figura 1.3 Clasificación propuesta para el estudio de los riesgos relacionados con el agua



Fuente: Elaboración propia.

c. Estimación de los riesgos y la vulnerabilidad relacionados con el agua

La evaluación de los riesgos relacionados con el agua ha presentado avances importantes en la última década, al incorporar algunos elementos sociales y ambientales en el estudio de estos fenómenos sin reducirlos simplemente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos. Como constituye una actividad relativamente reciente, enfrenta diversos obstáculos de tipo teórico y empírico, que van desde la falta de información confiable hasta la incorporación de la incertidumbre asociada al cambio climático en los modelos utilizados.

El perfeccionamiento de indicadores medibles, relevantes, válidos, fiables y con capacidad predictiva, constituye una importante tarea a realizar en las próximas décadas para mejorar la toma de decisiones sobre la gestión de los riesgos relacionados con el agua. El modelo teórico más utilizado para estimar los riesgos relacionados con el agua (R_A), los define como el producto de la magnitud de las amenazas (A_H) (sequías, inundaciones, huracanes, tsunamis y heladas), por la exposición de la población (E_{AH}) y la vulnerabilidad de la sociedad (V_H); donde la V_H es entendida como la combinación de factores físicos, económicos, sociales, políticos, ambientales, ideológicos, culturales, educativos e institucionales, que la hacen susceptible a enfrentar las amenazas (EIRD, 2006: 6-7) (véase la ecuación 1.3):

$$R_A = A_H \times E_{AH} \times V_H \quad (1.3)$$

Debido a que los riesgos relacionados con el agua tienen características, causas y consecuencias muy diversas, los métodos y variables empleadas, así como la información requerida para estimarlos, varían en cada caso; identificándose un número diverso de índices para estimar: la disponibilidad del agua, las mejoras en la prestación de los servicios de agua y saneamiento, los incrementos en la cobertura de estos servicios, la calidad del agua suministrada a la población, los impactos de las enfermedades de origen hídrico, la magnitud y frecuencia de las inundaciones, la severidad y duración de las sequías, al igual que los niveles de dependencia a cada fuente de agua (véase el cuadro 1.11).

Cuadro 1.11 Conceptualización y estimación de los riesgos relacionados con el agua

Definición	Indicador
a. Índice de suministro y saneamiento mejorado	
Evalúa la reducción de la exposición de la población a los riesgos por un insuficiente suministro de agua y un bajo nivel de saneamiento, por medio de las mejoras en su acceso.	Suministro de agua mejorado = Δ^{15} (Suministro de agua en la vivienda + Pozos y manantiales protegidos + Captación de agua pluvial) Saneamiento mejorado = Δ (Conexión al alcantarillado público + Conexión a un tanque séptico + Letrina sanitaria)
b. Índices de calidad individual del agua	
Estima la reducción del oxígeno disponible en las	1. Concentración de nitrógeno: nitratos y nitritos (NO_3-N) ¹⁶

¹⁵ Operador que mide las variaciones de las variables a lo largo del tiempo.

aguas superficiales por la contaminación con materia orgánica.	2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ¹⁷
c. Índice de Calidad del Agua (ICA)¹⁸	
Mide el grado de contaminación de un cuerpo de agua, expresado como el porcentaje de agua pura. Se obtiene del promedio ponderado de 18 parámetros de calidad individual, que incluyen: la DBO, el oxígeno disuelto, el número de bacterias coliformes, los fosfatos, el nitrógeno amoniacal, la turbidez, el olor y la temperatura, entre otros.	$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$ <p><i>i</i> = Parámetros individuales</p>
d. Índices de vectores de enfermedades de origen hídrico	
Estiman la magnitud y distribución de las enfermedades de origen hídrico.	1. Índice de mortalidad de niños menores de 5 años 2. Índice de mortalidad infantil 3. Índices de decesos asociados a la malaria
e. Modelos para la prevención y mitigación de inundaciones	
Estiman la magnitud y frecuencia de las inundaciones. Existen tres tipos de modelos: hidrológicos, hidráulicos e hidrodinámicos. Los primeros se utilizan para calcular la frecuencia de las inundaciones en zonas con información hidrológica histórica. Los segundos, se emplea para determinar las amenazas de una inundación ante cambios hidráulicos como variaciones en la fuerza del flujo, en las pendientes y en la profundidad. Los terceros, sirven para determinar en qué dirección se moverá el flujo y qué zonas estarán más expuestas a una inundación.	1) Hidrológico: $P_m = \frac{m}{n+1}$, $m = 1, 2, \dots, n$ donde, m = inundaciones n = número de inundaciones P_m = frecuencia de las inundaciones 2) Hidráulico: $Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{i}$ donde, Q = flujo A = área inundable n = fuerza del flujo i = pendiente R = radio hidráulico 3) Hidrodinámico: $\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0$ $\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} = 0$ $\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} = 0$ donde, t = tiempo u, v = dirección del flujo n = fuerza del flujo z, h = profundidad del agua $g(n, u, v, h)$ = resistencia
f. Modelos para la prevención y mitigación de sequías	
Estiman la intensidad de las sequías y su duración, al cuantificar la pérdida de humedad con base en el balance hídrico, las observaciones termo-pluviométricas y la disponibilidad del agua en el suelo.	1) Intensidad de la Sequía de Palmer (PDSI) ¹⁹ : $PDSI = E - S$ $E = ev + rs + es$ $S = rp + tac + rhs$ donde, S = pérdida de humedad rp = reducción de precipitaciones E = entradas de agua tac = aumento de temperatura es = escorrentía rhs = reducción de la humedad del suelo rs = recarga del suelo del del del del ev = evapotranspiración 2) Índice de Riesgo de Sequía (IRS) ²⁰

¹⁶ Las concentraciones de nitratos que se presentan de forma natural en las aguas superficiales alcanzan hasta 5 mg/litro. Para que el agua sea considerada segura para el consumo humano debe tener máximo 11.3 mg/litro de concentraciones de nitrógeno (NO₃-N), pero si sus valores son superiores a este rango, existen indicios de contaminación (PNUMA, 2005: 90).

¹⁷ El agua no contaminada tiene como DBO máxima 2 mg/litro, pero cuando se vierten aguas residuales en las corrientes superficiales, la DBO llega a ser de hasta 10 mg/litro (o más) (PNUMA, 2005: 90).

¹⁸ Si ICA ≈ 0, el agua está altamente contaminada. Pero si ICA ≈ 100, está en excelentes condiciones.

¹⁹ Cuando el PDSI > 4, la zona estudiada experimenta condiciones de humedad extrema. Cuando el PDSI ≤ - 4, se trata de una sequía extrema (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2006: 2).

	$IRS = Pre \times Cpre$ $Cpre = f(Tm, Pl, Vs, Ps)$ donde, Pre = precipitación media Tm = temperatura media Vs = variabilidad de la sequía Ps = persistencia de la sequía Pl = estacionalidad pluviométrica $Cpre$ = factor de corrección
g. Índices de dependencia al agua	
Determina la dependencia al agua que tienen las diferentes actividades y/o sectores (agrícolas, industriales, comerciales y domésticas), al igual que sus impactos en el balance hídrico.	Importancia relativa del agua superficial = $\frac{\text{Agua superficial extraída por sector}}{\text{Total del agua extraída}}$ Importancia relativa de las aguas subterráneas = $\frac{\text{Agua subterránea extraída por sector}}{\text{Total del agua extraída}}$

Fuente: Elaboración propia con base en Fundación Española para la Ciencia y Tecnología [FECYT] (2007: 1-6), China Institute of Water Resources and Hydropower Research (2006: 32-38), WWAP y Conagua (2006: 352, 364-365), PNUMA (2005: 90) e INEGI (1999: 137).

Los tres primeros indicadores utilizados para medir el acceso a los servicios de agua y saneamiento, así como para evaluar la calidad del agua suministrada a la población, permiten conocer de manera indirecta la exposición de las personas a ser afectadas por la reducción de la disponibilidad del agua, el consumo no seguro de este líquido y la falta de medios para disponer sus excretas.

En el caso de la calidad del agua, la evaluación de sus parámetros biológicos sigue siendo muy limitada, al considerar sólo la cantidad de bacterias coliformes totales y fecales presentes, sin analizar la presencia de otros organismos patógenos como virus o protozoarios, cuyos impactos en la salud son muy nocivos. Aunque el deterioro de la calidad del agua es uno de los fenómenos con mayor capacidad para amenazar la salud y bienestar de la población, esta variable prácticamente no se ha incorporado en los cálculos sobre la disponibilidad del agua, lo cual modificaría de manera determinante los resultados sobre el volumen que se encuentra disponible para el consumo humano seguro.

Muchos de estos indicadores son de corte transversal, por lo que están diseñados para no requerir series de datos, ya que no existe información histórica sobre las características y condiciones en que se encuentran los recursos hídricos, ni sobre cómo ha evolucionado su gestión en países desarrollados y en desarrollo. Esta situación dificulta instrumentar modelos que apoyen una toma de decisiones más eficaz y capaz de prevenir tanto las pérdidas humanas como materiales asociadas a los riesgos relacionados con el agua.

La falta de consensos entre las autoridades, los científicos y los expertos sobre cómo definir y calcular los riesgos relacionados con el agua, también se identifica en el concepto de vulnerabilidad ante los

²⁰ Cuando el $IRS \geq 4$, las condiciones climáticas son extremadamente húmedas. Si $1.5 \leq IRS \leq -1.5$, las condiciones climáticas son normales. Finalmente, si $IRS \leq -4$, las condiciones climáticas son extremadamente secas (Guttman, 1998: 114-117).

problemas de la gestión del agua. En general, este concepto se define como la fragilidad en las condiciones físicas, sociales, económicas, políticas y ambientales, que restringe las posibilidades de la población de recibir un suministro adecuado de agua para beber, preparar los alimentos y asearse, además de disponer de manera segura sus excretas.

No existe un criterio único para determinar los niveles de vulnerabilidad presentes en cada grupo social, utilizándose como indicadores para este fin: a) la disponibilidad natural anual del agua o estrés hídrico; b) las variaciones en las precipitaciones y el volumen anual de los escurrimientos; c) la demanda de agua; d) el suministro a los diferentes usuarios; e) el consumo de agua y sus variaciones en las diversas actividades económicas; f) el tamaño de la población y su crecimiento; g) los ingresos de la población; h) la desnutrición; i) la importación neta de granos; y, j) la productividad de las actividades económicas con respecto a sus requerimientos de agua (véase el cuadro 1.12).

Cuadro 1.12 Conceptualización y estimación de la vulnerabilidad relacionada con el agua

Definición	Indicador
a. Estrés hídrico (Eh)	
Se asocia con la insuficiente cantidad de agua disponible para satisfacer las demandas de todos los sectores.	$Eh = \text{Agua disponible superficial y subterránea} + \text{Agua superficial generada} + \text{Recarga de los acuíferos por precipitación} + \text{Agua tratada}$ Demanda de agua de todos los sectores
b. Índice de dependencia hídrica	
Se refiere a la dependencia a la importación de agua de otras fuentes.	$\text{Índice de dependencia (ID)} = IC - S/Q - VAR$ donde, IC = agua disponible S/Q = almacenamiento vs caudal disponible VAR = variaciones en la precipitación
c. Vulnerabilidad ante un suministro insuficiente	
Se trata de la fragilidad en las condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales, que restringen las posibilidades de la población de alimentarse y asearse.	$V = DE \times RD \times Ac \times Us$ donde, DE= Características geográficas RD= Disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas Ac = Acceso al agua para diferentes consumos Us = Eficiencia en el uso y administración del agua

Fuente: Elaboración propia con base en WWAP (2006: 131) y Varis (2003: 58).

La estimación de estos riesgos ha mejorado con los avances en el diseño de indicadores y de modelos más complejos. A pesar de ello, aún es necesario incorporar la incertidumbre proveniente del cambio climático en su evaluación; complementar la perspectiva científico-técnica con los procesos de identificación, percepción y reconocimiento de estos fenómenos, así como considerar la interrelación que se presenta entre los factores físicos, sociales, económicos, políticos y ambientales.

Con el objetivo de contribuir al estudio de la gestión del agua y de los riesgos, en el siguiente apartado se desarrolla una propuesta metodológica utilizada para evaluar los niveles de exposición de los habitantes del DF a los riesgos derivados de los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Esta propuesta también incluye la metodología cualitativa

utilizada para identificar las representaciones que tienen los funcionarios públicos, científicos, políticos y expertos, sobre los riesgos relacionados con el agua.

1.3 Propuesta de un modelo de evaluación de riesgos

El estudio de un fenómeno como el riesgo necesita ser abordado con una perspectiva multidisciplinaria, que incluya metodologías cualitativas y cuantitativas, ya que se trata de un fenómeno objetivo-subjetivo, cuya identificación, selección y medición dependen tanto del contexto social, cultural e histórico, como de la evidencia empírica y de los avances en la ciencia y tecnología.

Hasta el momento, los riesgos generados por la ocurrencia de los eventos hidrometeorológicos extremos han recibido una mayor relevancia en materia de mitigación y prevención, en comparación con los que han sido generados por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje.

Existen pocas propuestas teóricas y metodológicas para la evaluación de este tipo de riesgos a nivel nacional e internacional, identificándose un vacío en este campo del conocimiento que hace que esta investigación sea innovadora y también de frontera. Para finalizar este capítulo se abordan los criterios que determinaron la selección del DF como área de estudio; asimismo, se desarrollan las metodologías cuantitativa y cualitativa que fueron utilizadas para estimar los niveles de eficacia en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales, la vulnerabilidad de los capitalinos ante la presencia de problemas en la prestación de estos servicios y su exposición a los riesgos derivados de la convergencia de ambos fenómenos.

1.3.1 Área de estudio y unidades de análisis

Los riesgos derivados de la ineficacia en la gestión del agua afectan a la población de todo el mundo, por ende, los residentes del DF no están exentos de sus efectos negativos. Al ser el DF el centro administrativo y económico del país, una proporción importante de la población y las actividades económicas a nivel nacional se llevan a cabo en su territorio. Los elevados niveles de concentración, las características de su infraestructura y equipamiento, una urbanización desordenada, un elevado deterioro de su medio ambiente, y una creciente dificultad para satisfacer las demandas de los servicios públicos de sus habitantes, han sido determinantes para que la prestación de los servicios de agua y drenaje constituya un reto.

Evidentemente, la prestación de estos servicios no se circunscribe al DF, sino que trascienden sus límites político-administrativos más allá de su Zona Metropolitana y de la Cuenca de México, no sólo por la existencia de una infraestructura hidráulica compartida entre varias entidades, sino también

por la ubicación tanto de las fuentes de donde se obtiene el agua para abastecer a los habitantes de la capital como de los cuerpos de agua utilizados para extraer y disponer sus aguas residuales. Adicionalmente, la gestión del agua del DF está sujeta a las disposiciones y acuerdos definidos por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCVM), el Consejo de Cuenca Valle de México (CCVM), la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM) y el Fideicomiso 1928, ya que junto con otras demarcaciones forma parte de la Cuenca de México, de la Región Hidrológico-Administrativa XIII y de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Sin embargo, la falta de información estadística y cartográfica para hacer operativos los modelos de evaluación de la eficacia en la prestación de los servicios de agua y drenaje, así como la complejidad de estimar diferentes niveles de riesgo e identificar sus representaciones en actores clave de varias entidades federativas, cuyas realidades demográficas, sociales, económicas, políticas, institucionales, ambientales y culturales son diferentes, fueron factores determinantes para elegir la capital del país como área de estudio. De igual forma, su selección se atribuyó a que es una de las entidades pioneras en la implementación de innovaciones en materia de gestión del agua y de los riesgos, siendo considerada un modelo a seguir por otros estados de la República Mexicana.

En este sentido, se reconoce que para evaluar los impactos de los niveles de eficacia de la gestión del agua en materia de suministro de agua y drenaje, la Cuenca de México hubiera sido un área de estudio más adecuada, debido a que es un espacio geográfico en donde coexisten en estrecha relación los recursos naturales (hídricos, flora, fauna, suelo), las actividades humanas y la población; estando su delimitación física basada en criterios hidrológicos y geográficos (GWP, 2006: 4). Lo mismo ocurre con la ZMCM, dada la estrecha interdependencia que existe entre las entidades que conforman esta zona en materia de infraestructura, importación de agua y disposición de las aguas residuales. A pesar de ello, estudiar la Cuenca de México implicaba analizar las 16 delegaciones del DF y 99 municipios pertenecientes a los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala; mientras que para la ZMCM se requería abordar además del DF, 58 municipios mexiquenses y un municipio del estado de Hidalgo. Evidentemente, la elección de la capital del país como área de estudio terminó definiendo las preguntas de investigación y la metodología que se utilizó para responderlas.

Como la distribución e intensidad con que se presentan los problemas en la prestación de los servicios analizados no son homogéneas en el territorio ni entre los grupos sociales que residen en el DF, las unidades de análisis utilizadas para evaluar los niveles de eficacia, vulnerabilidad y exposición a los riesgos, fueron las colonias y Agebs. Estos espacios geográficos conformaron las unidades

territoriales más desagregadas para las que fue posible obtener información. Asimismo, las colonias constituyen demarcaciones en donde sus habitantes comparten ideas, valores y una cultura común sobre los riesgos a los que están expuestos.

Un SIG ad hoc y varios modelos de evaluación fueron diseñados y construidos por el investigador con información estadística y cartográfica proveniente de diversas fuentes. Por consiguiente, la información recopilada fue georeferenciada e integrada. Adicionalmente, los mapas que sólo se encontraban disponibles en documentos impresos o requerían ajustes fueron digitalizados. Entre las fuentes utilizadas están los censos y anuarios estadísticos publicados por el INEGI, que incluyen: el XII Censo de Población y Vivienda 2000, el Conteo de Población 2005, el Censo Económico 2004, los Cuadernos Estadísticos del Distrito Federal 2000-2005, y los Anuarios de Estadísticas del Medio Ambiente 1999 y 2001.

Otras fuentes fueron los anuarios, publicaciones especiales y reportes de actividades de las instituciones públicas que participan en la gestión del agua en el DF como: la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) y el Instituto Nacional de Ecología (INE). Algunas de estas publicaciones son: las Estadísticas del agua en México, los Anuarios estadísticos sobre la oferta y la demanda de agua en la Cuenca de México, y la Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento.

También se emplearon bases de datos del SACM desagregadas a nivel de colonia sobre el suministro y consumo de agua, el análisis bacteriológico en el volumen abastecido a la población, la concentración de cloro residual en las muestras de agua analizadas, los volúmenes generados y tratados de las aguas residuales, la extensión y los diámetros tanto de las redes de distribución de agua como de drenaje, así como las fugas registradas y reparadas.

Con respecto a la información cartográfica, se utilizó el Marco Geoestadístico por Delegación, Colonia y Ageb; los Geomodelos de Altimetría del Territorio Nacional (GEMA); la Carta Topográfica 1:250 000; la Carta Geológica 1:25 000; la Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas 1:1 000 000; la Carta de Precipitación Total Anual 1:1 000 000; la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales 1:250 000, y la Carta Edafológica 1:250 000, elaborados por el INEGI. De igual forma, se requirió los planos delegacionales de infraestructura para el suministro de agua, drenaje y tratamiento de las aguas residuales que fueron generados por el SACM; al igual que la delimitación territorial de los distritos electorales realizada por el Instituto Federal Electoral (IFE). Por último, se usó un modelo de elevación del DF proporcionado por el CSC-GIS de El Colegio de México.

1.3.2 Modelo de evaluación de riesgos por la ineficacia en la gestión del agua

La metodología propuesta tuvo como principal objetivo estimar en qué medida la gestión del agua en el DF ha sido capaz de reducir la exposición de sus habitantes a los riesgos generados por el incumplimiento o el cumplimiento parcial de sus objetivos en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Con este fin, se diseñaron y calcularon tres índices que evalúan los niveles de eficacia de la gestión, los niveles de vulnerabilidad y la intensidad de la exposición de la población a los riesgos que resultan de los problemas en la prestación de los servicios hidráulicos: el Índice de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA), el Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA) y el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA).

Tanto el IEGA como el VIGA, constituidos a su vez por varios subíndices, fueron estimados por medio de modelos de tipo factorial, basados en el método de componentes principales y de máxima verosimilitud, con rotaciones de cargas²¹ varimax. Este tipo de modelo tiene la ventaja de sintetizar en un índice una gran cantidad de variables con unidades de medida diferentes, cumpliendo con el principio de parsimonia. También evita problemas de multicolinealidad²² y heterocedasticidad²³, ya que cada variable se satura en un sólo factor y cada factor tiene pocos pesos altos, siendo la distribución de las cargas distintas entre ellos. Adicionalmente, con el uso de los métodos mencionados, se extrajo un número reducido de factores que explican la mayor parte de la varianza total de la muestra, se identificó qué factor satura cada variable y cuáles de los factores extraídos presentaron una correlación nula entre sí.

Los índices estimados son de tipo ordinal, por ende, no proporcionan un valor preciso sobre en qué magnitud se cumplen los objetivos de la gestión o en qué intensidad es vulnerable la población. Sin embargo, al jerarquizar las colonias y Agebs con base en los resultados obtenidos de los índices, es posible conocer qué colonias son más afectadas por problemas en el suministro de agua, por la mala calidad del volumen abastecido y por la disposición no higiénica de las aguas residuales; además de identificar en dónde se localizan los grupos de población que viven en condiciones de mayor vulnerabilidad para hacer frente a estos problemas.

²¹ La rotación factorial consiste en hacer girar los ejes de coordenadas que representan a los factores hasta que se aproximen al máximo las variables en que están saturados.

²² La multicolinealidad es resultado de la estrecha relación entre las variables, lo cual provocó un problema de identificación del efecto individual de cada variable, además de hacer que los estimadores sean sesgados.

²³ La heterocedasticidad se atribuye a las variaciones no constantes de los residuos por deficiencias en la información o porque el modelo está mal especificado, incrementando la varianza de los estimadores y haciéndolos sesgados.

En el proceso de calibración del modelo, se presentaron algunos obstáculos que hicieron necesario redefinirlo. Entre estos obstáculos se encuentran: la falta de información desagregada en escalas más específicas, los largos tiempos de espera para recibir la información solicitada, la negativa de las instancias para proporcionar la información requerida al ser considerada confidencial o no estar sistematizada, y la ausencia de información cartográfica en formatos que permitieran su manipulación.

A pesar de la relevancia de variables como el número de personas que cuenta con un seguro de gastos médicos mayores y/o con un seguro contra inundaciones, al no existir información desagregada a nivel de colonia o Ageb fueron excluidas de los modelos utilizados. Lo mismo ocurrió en el caso de las variables cuya capacidad explicativa era muy limitada como en el caso de: la presencia de ríos entubados, la concentración de plantas de tratamiento y de potabilización, el crecimiento demográfico, la densidad poblacional y las variaciones en las presiones de la red de distribución.

a. Índice de Ineficacia en la Gestión del Agua (IEGA)

Los niveles de cumplimiento de los objetivos de la gestión del agua se calcularon por medio del Índice de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA). Este índice no asume que la gestión sea ineficaz, sino que en diferentes grados se han alcanzado sus objetivos. El IEGA está constituido por tres subíndices que estiman los niveles de eficacia en el suministro de agua, en la calidad del volumen abastecido, y en la disposición de las aguas residuales (véase la ecuación 1.4).

$$IEGA = \varphi_1 \overline{ISUM} + \varphi_2 \overline{ICA} + \varphi_3 \overline{IED} \quad (1.4)$$

donde, $ISUM = \text{Índice de Eficacia en el Suministro de Agua} = f(CC_{cap}, Aviv, AA_{c}, NA, CIA, Fug \dots)$

$ICA = \text{Índice de Eficacia en la Calidad del Agua Suministrada} = f(PP, PT, Clsat, Bacns \dots)$

$IED = \text{Índice de Eficacia en el Servicio de Drenaje} = f(CDren, DRp, DFsep, CDesag \dots)$

$\varphi_i = \text{coeficientes de los factores}$

La eficacia en el suministro de agua está relacionada con los niveles de consumo realizados por las personas que les permiten satisfacer sus necesidades básicas, las características de su acceso, la existencia de una infraestructura adecuada para su distribución, así como la presencia de problemas que afectan su abastecimiento como fugas y variaciones en la presión de las tuberías (véase el cuadro 1.13).

En segundo lugar, la eficacia para dotar a la población con un volumen de agua que cumpla con los estándares de calidad depende de la cobertura de la infraestructura para la potabilización y tratamiento de las aguas residuales, las concentraciones residuales de cloro para mantener el agua desinfectada, la ausencia de microorganismos patógenos en los volúmenes destinados al consumo humano, al igual que los patrones de morbilidad y mortalidad por enfermedades de origen hídrico (véase el cuadro 1.13).

Finalmente, la eficacia en la prestación del servicio de drenaje está asociada con la infraestructura existente para disponer de manera rápida, higiénica y segura las aguas residuales generadas, el acceso que tiene la población a este servicio, y la presencia de problemas asociados a la falta de capacidad del sistema de drenaje, materializados en inundaciones, encharcamientos o en la falta de tratamiento de las aguas residuales (véase el cuadro 1.13).

Cuadro 1.13 Índice de Ineficacia en la Gestión del Agua (IEGA)

VARIABLES QUE CONSTITUYEN EL ÍNDICE DE EFICACIA EN EL SUMINISTRO DE AGUA (ISUM)	
<ul style="list-style-type: none"> a. Disponibilidad y consumo <ul style="list-style-type: none"> 1. Consumo de agua/habitante/día (CCap) b. Acceso al agua <ul style="list-style-type: none"> 1. En la vivienda (Aviv) <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Agua entubada dentro de la vivienda (Adv) 1.2 Agua entubada dentro del predio (Apred) 2. Por Acarreo (AAc) <ul style="list-style-type: none"> 2.1 De la llave pública (Llpub) 2.2 De otra vivienda (Ov) 3. No disponen de agua (NA) <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Pipas (Pipas) 3.2 Tandeo (Tan) 3.3 Pozos, ríos, lagos y arroyos (Nat) 	<ul style="list-style-type: none"> c. Cobertura de la infraestructura (CIA) <ul style="list-style-type: none"> 1. Redes primarias y secundarias (Redag) d. Principales problemas en el suministro <ul style="list-style-type: none"> 1. Fugas (Fug) <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Número de fugas (NFug) 1.2 Diámetro de las fugas (DFug) 1.3 Volumen perdido (VolFug) 2. Presiones en la red de distribución (Pres) <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Presiones bajas 2.2 Presiones altas
VARIABLES QUE CONSTITUYEN EL ÍNDICE DE EFICACIA EN LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA (ICA)	
<ul style="list-style-type: none"> a. Infraestructura para potabilización y tratamiento <ul style="list-style-type: none"> 1. Plantas potabilizadoras (PP) 2. Plantas de tratamiento (PT) b. Desinfección del agua <ul style="list-style-type: none"> 1. Cantidad de cloro residual (ClSAT) 2. Cantidad de bacterias coliformes (Bacns) 	<ul style="list-style-type: none"> c. Vector de enfermedades de origen hídrico <ul style="list-style-type: none"> 1. Mortalidad total (MortT) 2. Mortalidad infantil (MortI) 3. Morbilidad (Morbi)
VARIABLES QUE CONSTITUYEN EL ÍNDICE DE EFICACIA EN EL SERVICIO DE DRENAJE (IED)	
<ul style="list-style-type: none"> a. Acceso al servicio de drenaje <ul style="list-style-type: none"> 1. Con drenaje (CDren) <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Conectado a la red pública (DRp) 1.2 Conectado a la fosa séptica (DFsep) 2. Con otra forma de desagüe (CDesag) <ul style="list-style-type: none"> 2.1 A una barranca o grieta (DBarr) 2.2 A un río o lago (DRio) 3. Sin drenaje o desagüe (SDren) 	<ul style="list-style-type: none"> b. Cobertura de la infraestructura (CID) <ul style="list-style-type: none"> 1. Redes primarias y secundarias (Redre) c. Principales problemas en el drenaje <ul style="list-style-type: none"> 1. Inundaciones (Inunv) 2. Encharcamientos (Ench)

El IEGA se normalizó y transformó en unidades decimales, fluctuando sus valores entre 0 y 10. Para normalizar los valores del IEGA se utilizaron dos “tipos ideales” de colonias que sirvieron como

una medida de control. Uno de estos tipos ideales supone que ninguno de los objetivos relacionados con el suministro, la calidad del agua y la disposición de las aguas residuales se han cumplido, por ende, esta colonia tiene la calificación más baja posible. El segundo “tipo ideal” asume que todos estos objetivos se alcanzaron, obteniendo la máxima evaluación posible.

En este sentido, cuando $iega_i = 10$, la gestión del agua no constituye una amenaza para la salud y bienestar de la población que reside en la colonia i , debido a que reciben un suministro de agua suficiente que cumple con los estándares de calidad para satisfacer sus necesidades básicas; además de contar con medios higiénicos para disponer sus aguas residuales. Por otro lado, si $iega_i \geq 6$, el incumplimiento o el cumplimiento parcial de estos objetivos no afecta de manera grave a la población de la colonia i ; pero si este índice es menor a este valor ($0 \leq iega_i < 6$), los problemas en la prestación de estos servicios constituyen importantes amenazas para sus residentes, siendo necesaria su pronta atención por su potencial para devenir en riesgos cuando la población afectada no cuentan con las condiciones para hacerles frente. Por último, si $iega_i = 0$, los habitantes de la colonia i se ven severamente amenazados por la ineficacia de la gestión para proveerlos con los servicios mencionados.

La definición de los rangos para clasificar los niveles de eficacia en la gestión del agua se basó en los criterios de evaluación del sistema escolar mexicano, en donde diez representa la máxima calificación aprobatoria; mientras que menos de seis es considerada como reprobatoria. La decisión de utilizar esta escala obedeció a un esfuerzo por facilitar la comprensión de los resultados de esta metodología para los lectores y tomadores de decisiones, quienes están familiarizados con este tipo de evaluación.

b. Índice de vulnerabilidad ante la ineficacia en la gestión del agua (VIGA)

Por otro lado, la fragilidad de la población para hacer frente a los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje fue estimada mediante el Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA). El VIGA está constituido por cuatro subíndices que evalúan la fragilidad en las condiciones físico-naturales, sociales, económicas y políticas de la población, las cuales limitan sus capacidades para encontrar otras formas alternativas de acceso a los servicios mencionados (véase la ecuación 1.5).

$$VIGA = \gamma_1 \overline{IAF} + \gamma_2 \overline{IBS} + \gamma_3 \overline{ICE} + \gamma_4 \overline{IRPA} \quad (1.5)$$

donde, $IAF = \text{Índice de Amenazas Físicas} = f(\text{Pend, Lluv, Hund, Suelo...})$

$$IBS = \text{Índice de Bienestar Social} = f(Pobt, Poc, Vmen, Vmay, Disc, DensP, Sag \dots)$$

$$ICE = \text{Índice de Capacidades Económicas} = f(Ycap, Empleo, PEA, PO \dots)$$

$$IRPA = \text{Índice de Representación Política y Atención Gubernamental} = f(Orgsoc \dots)$$

γ_i = coeficientes de los factores

Mientras que los factores físicos que incrementan la fragilidad de la población se explican por su localización en áreas consideradas de alto riesgo por su propensión a ser afectadas por inundaciones, deslaves o la carencia de servicios públicos; los factores sociales están vinculados a la falta de organización e interrelación entre los individuos, que deviene en la segregación de ciertos grupos en su acceso a la educación, información, atención médica, servicios públicos y viviendas construidas con materiales durables (véase el cuadro 1.14).

Por su parte, los factores económicos tienen que ver con la distribución de los ingresos y estabilidad laboral que permiten a las personas contar con recursos económicos suficientes para abastecerse de manera alternativa de agua y disponer sus excretas. En el caso de los factores políticos, éstos se asocian con la incapacidad de los gobiernos para atender las demandas de los ciudadanos relacionadas con la prestación de estos servicios, así como con la falta organización y bajos niveles de representación que tiene la población para participar en las decisiones sobre la gestión del agua (véase el cuadro 1.14).

Cuadro 1.14 Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia de la Gestión del Agua (VIGA)

Variables que constituyen el Índice de Amenazas Físicas (IAF)	
a. Pendiente en el territorio (Pend)	e. Cercanía a cuerpos de agua (Cposag)
b. Pluviometría (Lluv)	e.1 Ríos no entubados (Rnent)
c. Hundimientos del subsuelo (Hund)	e.2 Ríos entubados (Rent)
d. Permeabilidad del suelo (Suelo)	e.3 Presas (Presas)
Variables que constituyen el Índice de Bienestar Social (IBS)	
a. Población	e. Educación (Edu)
1. Población Total (Pobt)	1. Analfabetismo (AnaIf)
2. Crecimiento poblacional (CrPob)	2. Primaria incompleta (EPrimin)
b. Estructura de edades	3. Secundaria incompleta (ESecinc)
1. Población menor a 5 años (Vmen)	4. Sin educación media superior (SPrepa)
2. Población mayor a 65 años (Vmay)	5. Sin educación superior (SSup)
3. Discapacitados (Disc)	6. Posgrado (Posgr)
c. Hacinamiento	f. Información (Inf)
1. Densidad poblacional (DensP)	1. Sin radio (Srad)
2. Ocupantes/vivienda (Poc)	2. Sin televisión (Stel)
d. Acceso a los servicios básicos (Acabas)	g. Condiciones materiales en la vivienda
1. Sin agua (Sag)	1. Pisos de tierra (PTie)
2. Sin drenaje (SDren)	2. Techos de materiales ligeros (Tcl)
3. Sin electricidad (Sluz)	3. Paredes de materiales ligeros (Parl)
4. Sin gas (SGas)	h. Salud
	1. Derechohabientes (Dch)
	2. Pólizas de gastos médicos (Psegmed)
Variables que constituyen Índice de Capacidades Económicas (ICE)	
a. Ingresos per cápita (Ycap)	3.3 Entre 2 y 3 (2y3SM)
b. Empleo (Empleo)	3.4 Entre 3 y 5 (3y5SM)
1. Población Económicamente Activa (PEA)	3.5 Más de 5 (Ma5SM)
1.1 Primario (PEAp)	4. Horas trabajadas (Hrtrab)

1.2 Secundario (PEAs)	4.1 No trabajó (0hrs)
1.3 Terciario (PEAt)	4.2 Entre 0 y 16 hrs (0a16hrs)
2. Ocupación (Ocup)	4.3 Empleo de medio tiempo (Jparc)
2.1 Patrón (Patr)	4.4 Jornada completa (Jcomp)
2.2 Empleado (Emp)	4.5 Más de 48 hrs (M48hrs)
2.3 Obrero o Jornalero (ObreJorn)	c. Desempleo (Desem)
3. Salarios mínimos recibidos (Salmin)	d. Asegurados contra inundaciones (Segind)
3.1 No recibió ingresos (0SM)	
3.2 Menos de 2 (M2SM)	
Variables que constituyen el Índice de Representación Política y Atención Gubernamental (IRPA)	
a. Organizaciones ciudadanas (Partsoc)	b. Mercado electoral (Mdoelec)
1. Organizaciones sociales (Orgsoc)	1. Concentración de votantes (Concvot)
2. Organizaciones políticas (Orgpol)	2. Votantes que participaron en la elección de sus representantes (Partvot)

Al igual que en el caso del IEGA, los valores estimados del VIGA se normalizaron y transformaron a una escala decimal utilizando dos “tipos ideales” de colonias como medida de control. El primer tipo supone que los habitantes experimentan la máxima vulnerabilidad posible por la fragilidad de sus condiciones; mientras que el segundo, asume que las capacidades de sus residentes les permiten encontrar fuentes alternativas de agua y medios para disponer sus aguas residuales.

En este sentido, cuando $viga_i = 10$, los residentes de la colonia i , no son vulnerables al incumplimiento de los objetivos de la gestión del agua en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Si $viga_i \geq 6$, sus capacidades les permiten identificar otras fuentes de agua y medios alternativos para disponer sus excretas; pero si este índice es menor a este valor ($0 \leq viga_i < 6$), los residentes de la colonia i no cuenta con las condiciones apropiadas para enfrentar estos problemas en la gestión, viéndose altamente expuestos a sus riesgos asociados. Finalmente, cuando $viga_i = 0$, la población que reside en la colonia i enfrenta la máxima fragilidad, siendo incapaz de hacer frente a la carencia o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje. El uso de esta escala tuvo como fin facilitar la comprensión de los resultados de este índice tanto para los lectores como para los tomadores de decisiones.

c. Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA)

Finalmente, los niveles de exposición de los habitantes a los riesgos causados por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales se determinaron con base en el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA). Al ser este índice resultado de la convergencia de los diferentes grados de cumplimiento de los objetivos de la gestión del agua con los niveles de vulnerabilidad de la población, se estimó por medio del inverso del producto punto de los vectores \overline{IEGA} y \overline{VIGA} (véase la ecuación 1.6)²⁴.

²⁴ El producto punto es la multiplicación de dos vectores (uno renglón y uno columna), cuyo resultado es un escalar.

$$RIGA = \frac{[IEGA \otimes VIGA]_i}{n} \quad (1.6)$$

donde, n = número de colonias.

En este sentido, el nivel de riesgo total que enfrentan los residentes de la colonia i , atribuidos a los problemas en la prestación de los servicios mencionados es el siguiente (véase la ecuación 1.7):

$$riga_i = iega_i viga_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (1.7)$$

Como $RIGA$ tiene una distribución probabilística, sus valores fluctuaron entre 0 y 100 $\{0 \leq RIGA \leq 100\}$. Evidentemente, la escala de este índice es intervalar, al no existir un nivel de riesgos igual a cero. Cuando $riga_i \approx 100$, los habitantes de la colonia i enfrentan el máximo riesgo posible derivado de la ineficacia en la gestión; mientras que si $riga_i \approx 0$, éstos prácticamente no estarán expuestos a estos riesgos.

Dado que $IEGA$ es resultado de la combinación de los subíndices $ISUM$, ICA e IED , ponderados por un coeficiente \emptyset_i , fue posible estimar los riesgos parciales asociados a los problemas en el suministro de agua, al incumplimiento de los estándares de calidad en el volumen abastecido y a la falta de medios higiénicos para disponer las aguas residuales: el Índice de Riesgos por la Ineficacia en el Suministro de Agua ($RSUM$), el Índice de Riesgos por el Incumplimiento de los Estándares de Calidad del Agua ($RCAL$) y el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Prestación del Servicio de Drenaje ($RDREN$) (véase las ecuaciones 1.8, 1.9 y 1.10):

$$RSUM = \frac{ISUM \otimes VIGA}{n} \quad (1.8)$$

$$RCAL = \frac{ICA \otimes VIGA}{n} \quad (1.9)$$

$$RDREN = \frac{IED \otimes VIGA}{n} \quad (1.10)$$

Bajo este contexto, los niveles de riesgo a los que están expuestos los residentes de la colonia i , como resultado de los problemas en la prestación de los servicios mencionados están determinados por las siguientes ecuaciones (véase las ecuaciones 1.11, 1.12 y 1.13):

$$rsum_i = isum_i viga_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (1.11)$$

$$rcal_i = ica_i viga_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (1.12)$$

$$rdren_i = ied_i viga_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (1.13)$$

Al igual que el RIGA, los riesgos parciales tienen su propia función de distribución probabilística, fluctuando sus valores entre 0 y 100 [$0 \leq R_{SUM} \leq 100$], [$0 \leq R_{CAL} \leq 100$] y [$0 \leq R_{DREN} \leq 100$]. Por consiguiente, su suma no coincide con la estimación del riesgo total. De manera que, cuando sus valores son cercanos a 100, los habitantes de la colonia i están altamente expuestos a ellos; pero cuando los resultados de estos índices son cercanos a cero, los niveles de exposición de sus residentes son muy bajos.

1.3.3 Representaciones de los riesgos en actores clave

Los funcionarios públicos, los expertos, los científicos y los políticos constituyen actores clave, debido a que están involucrados en diferentes grados en la percepción, reconocimiento y aceptabilidad de los riesgos; por sus conocimientos, experiencias o capacidad para influir sobre las leyes, normas, políticas, planes y programas en esta materia. Con el fin de conocer las “representaciones” que tienen estos actores, quienes determinan qué riesgos se convertirán en un asunto de gobierno, se realizaron entrevistas élite. Este tipo de entrevistas forman parte de las entrevistas a profundidad. La elección de esta técnica obedeció a que permite conocer por medio de la interpretación y reinterpretación de las respuestas obtenidas, las experiencias subjetivas, imágenes y creencias de los entrevistados. Asimismo, tienen la ventaja de permitirles expresar con detalle sus opiniones e incorporar algunas reflexiones.

No se recurrió a un muestreo probabilístico sino a uno no probabilístico denominado muestreo de propósitos. La efectividad de esta técnica está sujeta a la colaboración, disponibilidad para expresarse y a la comprensión de las preguntas realizadas por parte del entrevistado. La elección de los funcionarios públicos como uno de los actores clave se debió a que éstos son responsables de diseñar, implementar, ajustar y rechazar las políticas, planes y programas relacionados con la gestión del agua y con la reducción de los riesgos relacionados con el agua.

Por su parte, los expertos son actores autorizados, reconocidos y consultados por el gobierno, la academia, las organizaciones internacionales y la sociedad para conocer sus opiniones. Los científicos son líderes de opinión y lanzadores de alertas en temas vinculados con los eventos naturales extremos, los recursos hídricos, la biodiversidad o el cambio climático; pero a diferencia de los expertos, cuentan con un conocimiento técnico especializado. Por último, los políticos fueron escogidos por su capacidad para convertir ciertos problemas relacionados con el agua en temas de la agenda de gobierno. Usualmente se enfocan en los problemas que les representan mayores beneficios políticos y no necesariamente en los que requieren ser atendidos por su potencial para amenazar el bienestar de la población. Los actores entrevistados pertenecen a los sectores académico, social, público y privado, tanto de organizaciones e instituciones nacionales como internacionales (véase el cuadro 1.15).

Cuadro 1.15 Actores clave entrevistados

Actores	Instituciones
Funcionarios públicos	<i>Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), Secretaría de Gobernación (Segob), Comisión Nacional del Agua (Conagua), Instituto Nacional de Ecología (INE), Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM), Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal (SPCDF) y Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal (DGPC-DF).</i>
Expertos	<i>Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), El Colegio de México (COLMEX), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y Consultorías privadas</i>
Científicos	<i>Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Servicio Geológico Mexicano (SGM)</i>
Políticos	<i>Ex-funcionarios públicos de las dependencias mencionadas, Asesores del JGDF, Jefes Delegacionales, Senadores y Diputados</i>

Casi la totalidad de sus respuestas fueron grabadas y transcritas para facilitar su análisis. En el caso de los funcionarios públicos, muchos se rehusaron a contestar las preguntas argumentando que no querían comprometerse. Sin embargo, fue posible conocer su opinión en conversaciones más informales, de manera que la veracidad de los resultados de las entrevistas no se vio comprometida, ya que su interés no era conocer con detalle la visión particular de cada uno de los actores clave sino identificar sus “ideas” dominantes sobre los riesgos relacionados con el agua a los que están expuestos los capitalinos.

b. Guía de preguntas

Las entrevistas fueron relativamente abiertas y estructuradas. Se agruparon en tres bloques de acuerdo con la información que se obtuvo de ellas. El primer bloque se dirigió a conocer a qué riesgos relacionados con el agua perciben los entrevistados que están expuestos los habitantes del DF, qué tipo de evaluación hacen sobre su peligrosidad y cómo los comparan con otros riesgos. El segundo bloque se enfocó en identificar qué autoridades consideran que son las responsables de mitigar y prevenir los riesgos relacionados con el agua y cómo evalúan su desempeño. Finalmente, el último bloque de preguntas tenía como fin identificar cuáles son las soluciones que consideran más viables para prevenir estos riesgos y qué obstáculos podría enfrentar su ejecución (véase el cuadro 1.16).

Cuadro 1.16 Guía de preguntas

I. Identificación y selección
<i>a) ¿A qué tipo de riesgos está expuesta la población del DF?</i>
<i>b) ¿Dentro de esos riesgos también están incluidos los que se relacionan con el agua?</i>
<i>c) ¿Cómo clasificaría los riesgos relacionados con el agua?</i>
<i>d) ¿Cuáles de estos riesgos son más urgentes de atender? ¿Cuáles menos?</i>
II. Gestión de los riesgos
<i>a. ¿Considera que se han diseñado estrategias e implementado medidas para reducir la exposición de la población a los riesgos relacionados con el agua? ¿Cuáles?</i>
<i>b. ¿Qué dependencias han estado a cargo de esta tarea?</i>
<i>c. ¿Considera que éstas deben seguir siendo las responsables? ¿La coordinación entre ha sido adecuada?</i>
<i>d. ¿Deberían participar otras?</i>

III. Soluciones

- a. *¿Es posible reducir la exposición de los capitalinos a los riesgos relacionados con el agua que mencionó? ¿De qué forma?*
- b. *¿Cuáles son los principales obstáculos para llevar a cabo las medidas que ha propuesto?*
- c. *¿Qué tipo de recursos (humanos, técnicos, legales e institucionales) se requieren para realizar esta tarea?*
- d. *¿Cuáles son las más viables?*

Cabe mencionar, que se puso un mayor énfasis en las representaciones que estos actores tienen sobre el caso del Drenaje Profundo, ya que por la controversia ocurrida con respecto a su mantenimiento y mejora durante la temporada de lluvias del año 2007, su estudio permitió contrastar la existencia de dos racionalidades en la gestión: una racionalidad normativa que se sujeta a las disposiciones legales vigentes y una racionalidad no-formal basada en criterios políticos y económicos (como los intereses de los grupos de poder y las rivalidades partidistas).

Bajo este contexto, entre las contribuciones de esta investigación destaca el utilizar tanto un enfoque cuantitativo como uno cualitativo para contrastar la percepción que tienen los actores clave que participan en su identificación, selección, reconocimiento y gestión de los riesgos, en comparación con los resultados obtenidos de los modelos de evaluación de la eficacia, vulnerabilidad y niveles de exposición a los riesgos generados por problemas en el suministro, calidad del agua y drenaje.

1.4 Conclusiones del capítulo

En primer lugar, las ciudades son un espacio profundamente transformado por el hombre, en donde se presentan concentraciones importantes de población y actividades económicas. Esta situación ha sido determinante para que sean un escenario propicio para la generación y amplificación de diferentes tipos de riesgos. En las últimas décadas, problemas de diferente índole han competido por la atención pública, destacando los que están relacionados con el agua, cuyos impactos negativos sobre la población, su entorno y sus ciudades han hecho indispensable desarrollar nuevas medidas para mejorar su gestión.

En segundo lugar, como el enfoque dominante en la gestión de los riesgos continúa siendo el científico-técnico, los riesgos generados por el incumplimiento total o parcial de los objetivos de la gestión del agua mencionados no han recibido la atención que merecen, estando subordinados a los eventos de tipo hidrometeorológico. Sin embargo, no todos los fenómenos que ponen en riesgo a la población y a sus ciudades son eventos naturales extremos; éstos también pueden ser provocados por las acciones y decisiones de los hombres (o sus omisiones), incluidos los que están relacionados con la prestación de los servicios de agua y drenaje. Asimismo, no todos los sectores de la población se ven

afectados en la misma intensidad por estos problemas; tampoco experimentan niveles de vulnerabilidad similares, distribuyéndose de manera heterogénea tanto territorial como socialmente.

Por último, se han realizado avances importantes en el perfeccionamiento de los indicadores para evaluar la eficacia de la gestión del agua y los niveles de exposición de las personas a los riesgos. A pesar de ello, aún es necesario incorporar la incertidumbre proveniente del cambio climático en los modelos utilizados, considerar la percepción social y el reconocimiento de las autoridades sobre estos fenómenos, así como tener en cuenta la interrelación que se presenta entre los factores físicos, sociales, económicos, políticos y ambientales. Lo anterior, debido a que los riesgos conforman un fenómeno objetivo-subjetivo, por ende, su identificación, selección, medición, mitigación y prevención están determinados tanto por los valores sociales y culturales de los científicos, expertos y responsables de su gestión como por la evidencia empírica existente, la ciencia y los avances en la tecnología para su medición. Por ello, la población no percibe todos los riesgos a los que está expuesta, ya que éstos tienen que pasar por filtros sociales y culturales que los dotan de significado; haciéndolos al mismo tiempo, susceptibles a sesgos. Por consiguiente, la separación que se hace de estos fenómenos para su estudio (en objetivos y subjetivos), es una división meramente analítica que facilita su comprensión.

Capítulo 2. Historia de los riesgos relacionados con el agua en la capital del país y las obras hidráulicas para resolverlos

Los residentes de la capital del país están expuestos a diversos riesgos, incluidos los que resultan de problemas en el suministro de agua, en el cumplimiento de los estándares de calidad y en la disposición de las aguas residuales. Sin embargo, los impactos de estos problemas sobre la población no son un fenómeno reciente, ya que han amenazado tanto el funcionamiento como la supervivencia de la ciudad desde la fundación de Tenochtitlán en 1324, obligando a las autoridades de cada época a implementar diversas medidas para mitigarlos. La mayoría de estas medidas se han enfocado en la construcción de colosales obras de infraestructura hidráulica, por medio de las que se ha tratado de controlar el entorno. Algunas lograron reducir los niveles de exposición de sus residentes a ciertos riesgos (como las inundaciones), pero otras generaron nuevos riesgos o intensificaron los que existían previamente (por ejemplo, el hundimiento diferencial del subsuelo).

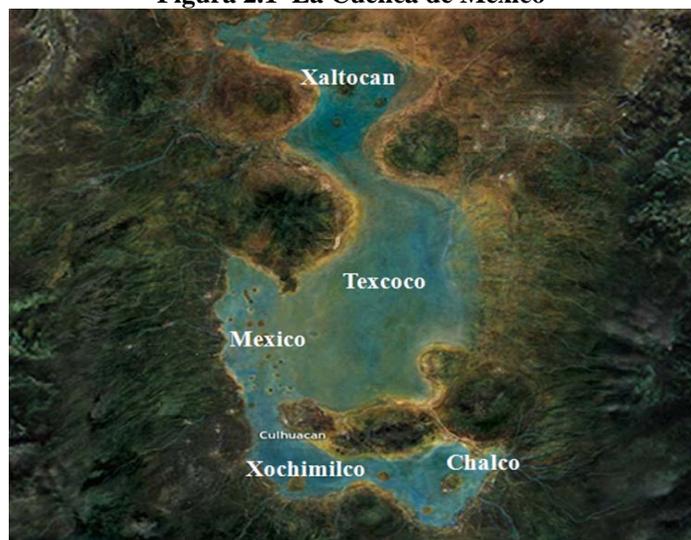
En la actualidad, la Ciudad de México trasciende los límites político-administrativos del DF. De acuerdo con la Actualización del Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (POZMCM), la ciudad comprende 16 delegaciones, 54 municipios conurbados del Estado de México y uno del estado de Hidalgo (Sedesol, 2003: 5). Asimismo, el DF junto con 56 municipios del

Estado de México, 39 del estado de Hidalgo y 4 de Tlaxcala, conforma la Cuenca de México, cuya extensión territorial es de 16 320 km² (0.83% del territorio nacional) (Conagua, 2008a: 17-18).

Durante el Pleistoceno y principios del Cuaternario, varios glaciares formaban parte de la morfología de la Cuenca de México. Pero con la aparición de la sierra Chichinautzin, la cual formó una represa natural, se inició la fase de erosión-sedimentación, en la cual los materiales de estos glaciares (como limos, arenas, arcillas y cenizas volcánicas) fueron arrastrados hacia la zona lacustre, formando un sistema de cinco lagos interconectados con un área estimada de 1 500 km²; además de constituir una unidad hidrológica cerrada circundada por elevadas montañas (Gutiérrez de MacGregor et al., 2005: 39-41).

Al localizarse estos lagos en la parte más baja de esta cuenca, eran alimentados por los ríos, arroyos y manantiales existentes: en el centro estaba el lago de México; al norte, los lagos de Zumpango y Xaltocan; al este, el lago de Texcoco; y al sur, los lagos de Xochimilco y Chalco que en época de lluvias se unían formando uno (Aguilar, 2000: 32). Sólo el lago de Texcoco era aún más salado que el mar, ya que al estar en la parte más baja de la cuenca, recibía los escurrimientos de las sierras con elevadas concentraciones de sales y minerales. Estos escurrimientos al evaporarse, hacían que sus aguas fueran cada vez más saladas (véase la figura 2.1).²⁵

Figura 2.1 La Cuenca de México



Fuente: Filsinger, T. J. (2009), Atlas Pictográfico Histórico de la Cuenca, Valle, Ciudad y Centro de México, Siglos XIV-XXI, México, Comité de Bicentenario del GDF.

²⁵La salinidad del lago de Texcoco se explica por los deslaves de las vertientes de agua, los cuales van incrementando la concentración de sales y otros minerales que son arrastrados hasta este lago (Espinosa, 1996: 58-59).

En esta cuenca había un acuífero regional que regulaba el complejo sistema hídrico existente: en época de lluvias absorbía el exceso de agua formando manantiales a las orillas de los lagos, y en época de sequía, al reducir sus niveles freáticos, disminuía el tamaño de los lagos y de los manantiales. La dimensión que alcanzaba este acuífero se estima en 3 450 km²: casi una cuarta parte de su superficie estaba cubierta por capas de arcilla poco permeables; mientras que el resto, especialmente en las zonas de recarga, eran muy permeables (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 186-187).

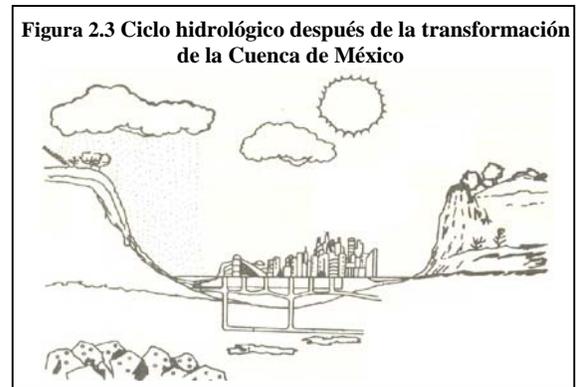
Los primeros pequeños asentamientos humanos en este espacio geográfico se remontan al año 5 000 A.C.; los más grandes se calcula que ocurrieron alrededor del año 1 700 A.C. (Ezcurra, 1990: 33). Destaca la ciudad de Tenochtitlán, que al ser fundada sobre una isla en el lago de México en 1324, sus residentes tuvieron que conocer las características de su entorno para poder sobrevivir, entendiendo que preservar el equilibrio de los lagos era fundamental. Esto no significa que no realizaron obras hidráulicas para reducir la exposición de sus habitantes por inundaciones o la falta de agua; más bien, estas obras no alteraron de manera radical su medio ambiente.

Fue a partir de la Conquista de Tenochtitlán, cuando el régimen hidrológico de la cuenca comenzó a ser severamente modificado. Aunque los españoles aprendieron algunos de los avances en hidráulica utilizados por los aztecas, no alcanzaron a entender la importancia de preservar el frágil equilibrio de esta unidad hidrológica, emprendiendo una larga batalla contra los recursos hídricos que perdura hasta nuestros días. Esta batalla se ha caracterizado por una profunda transformación del entorno natural de la Cuenca de México, mediante la construcción de colosales obras de infraestructura hidráulica para dotar a los habitantes de la ciudad con más agua, disponer sus aguas residuales y evitar las inundaciones catastróficas que frecuentemente la afectaban.

Actualmente, la Cuenca de México tiene cuatro salidas artificiales: el canal de Huehuetoca, el Gran Canal de Desagüe, el segundo túnel de Tequixquiac y el Drenaje Profundo. Cuando se finalice la construcción del Emisor del Oriente esta cifra ascenderá a cinco. Del conjunto de lagos que existían en su zona lacustre, sólo queda una pequeña parte del lago de Texcoco y algunos canales en Xochimilco; la mayoría de los ríos están entubados y los pocos que no se encuentran en esta situación se usan como receptáculo de aguas residuales y basura. Prácticamente las áreas verdes han sido sustituidas por la mancha urbana; la extracción de agua de los acuíferos de la Cuenca de México duplica su capacidad de recarga (Semarnat y Conagua, 2003: 36); y el ciclo hidrológico²⁶ de esta

²⁶ El ciclo hidrológico, también conocido como ciclo del agua, es el movimiento constante del agua en el planeta. Aunque no tiene principio ni fin, puede decirse que comienza con el calentamiento del agua por la energía solar, evaporándose y quedando en condiciones para ser transportada por el viento, subiendo hasta las capas más altas de

unidad ambiental sigue alterándose, debido a que la humedad del aire y la recarga natural del acuífero se han reducido, en contraste con un aumento en la temperatura, así como en la frecuencia y magnitud de las precipitaciones (véase la figura 2.2 y 2.3).



Fuente: Morán, Dante et al. (coord.), *El agua en México vista desde la academia*, México, Academia Mexicana de las Ciencias.

Para determinar si el DF enfrenta relativamente más riesgos que en épocas pasadas, en este apartado se evalúa qué tanto ha sido modificada la cuenca a la que pertenece como resultado de la gestión para reducir los riesgos a los que han estado expuestos sus habitantes, qué riesgos se lograron mitigar y cuáles se fueron generaron. Por consiguiente, en un primer momento se analizan las consecuencias de la gestión del agua desde la época prehispánica hasta mediados del siglo XIX. En segundo lugar, se abordan las obras hidráulicas más importantes del siglo XX para garantizar el funcionamiento y supervivencia de la capital del país. Finalmente, se aborda la situación actual en que se encuentra esta entidad con respecto a la prestación de los servicios de agua y drenaje.

2.1 Obras hidráulicas desde la Colonia al Porfiriato

2.1.1 Tenochtitlán: acueductos, diques, acequias y albarradones

Tenochtitlán fue fundada en un islote del lago de México en 1324, cuando este territorio pertenecía al señorío de Azcapotzalco. Su acceso se hacía principalmente por agua, pero había varias calzadas que servían de diques para regular el nivel de las aguas de este lago. Para edificar la ciudad de Tenochtitlán, los aztecas construyeron chinampas sobre las que se encontraban tanto sus viviendas como las áreas de cultivo (Gamboa de Buen, 1994: 20-22).²⁷

La ubicación de esta ciudad ofrecía tanto ventajas defensivas extraordinarias como desventajas, entre las que sobresalen: los problemas para abastecer con agua a sus residentes, la falta de tierras cultivables y las amenazas de inundaciones. Para esta civilización, el agua era un elemento dual con

la atmósfera. Allí al ser enfriada, se condensa en pequeñas gotas que forman nubes, que al aumentar de tamaño se precipitan en forma de lluvia, granizo o nieve; volviendo al mar, a los lagos o a la tierra, completando este ciclo.

²⁷ Las chinampas eran construidas con plantas acuáticas y lodo, rodeadas de estacas para que se mantuvieran firmes.

una fuerza difícil de controlar: tenía el poder de crear y al mismo tiempo de destruir.²⁸ Esta visión en parte se atribuye, a que los lagos constituían la base de su civilización; no sólo funcionaban como un medio de protección, también como una fuente de alimentos en donde se podía cazar, pescar y sembrar.

La diferencia en los niveles de los lagos los convertía en vasos comunicantes: cuando existían fuertes lluvias, el agua fluía a través de ellos hacia el centro de la cuenca, en donde se localizaba el lago de Texcoco. Este lago recibía los escurrimientos de los demás lagos y de las sierras, funcionando como un mecanismo natural para evitar las inundaciones. A tan sólo un metro de altura con respecto a este lago se encontraba el lago de México, en donde se había edificado Tenochtitlán. Por consiguiente, dada su localización y las características hídricas de su entorno, esta ciudad estaba permanentemente expuesta a inundaciones generadas por el desbordamiento de los lagos Xaltocan, Xochimilco, Chalco y Zumpango, ubicados a una mayor altitud; además de las que resultaban del aumento en el nivel del lago de Texcoco (véase el cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Lagos de la Cuenca de México en la época prehispánica

Lago	Superficie (Km ²)	Altura sobre el lago de Texcoco
Texcoco	238	0.0
México	90	1.0
Chalco	114	3.0
Xochimilco	63	3.1
Xaltocan	121	3.5
Zumpango	26	6.1
Total	652	-

Fuente: Academia de la Investigación Científica (1995), *El agua y la Ciudad de México*, México, Academia de la Investigación Científica, p. 88.

Varias veces Tenochtitlán fue devastada por inundaciones y sequías. En sus múltiples reconstrucciones sus habitantes se dieron cuenta que la tierra del islote no podía soportar estructuras pesadas, siendo la mayoría de sus edificaciones pequeñas. Sin embargo, también existían algunos templos y palacios de considerables dimensiones (Simon, 1997: 68).

Una vez que los aztecas vencieron al señorío de Azcapotzalco y dominaron las riberas de los lagos, diseñaron un complejo sistema de acequias, diques, albarradones, calzadas y acueductos, para aumentar su control sobre los recursos hídricos de su entorno: a) construyeron más chinampas que utilizaron para viviendas y hortalizas, b) edificaron compuertas para regular el nivel de las aguas de los lagos y su afluencia durante las temporadas de lluvias o estiaje, c) por medio de los acueductos trasladaron el agua de diversos manantiales localizados alrededor del lago de México y d) diseñaron canales de navegación para transportar mercancías (véase la figura 2.4).

²⁸ Los aztecas creían que los cerros custodiaban el agua: en época de lluvias la liberaban y durante las sequías, la retenían. En ellos habitaban las deidades que controlaban la lluvia conocidos como tlatoaques (Tortolero, 2000: 19).

Figura 2.4 Tenochtitlán



Fuente: Filsinger, T. J. (2009), *Atlas Pictográfico Histórico de la Cuenca, Valle, Ciudad y Centro de México, Siglos XIV-XXI*, México, Comité de Bicentenario del GDF.

Para reducir los impactos de la reducción en la disponibilidad del agua a causa de las sequías y del incremento en la demanda de este recurso por el crecimiento poblacional, lo cual había provocado que los manantiales que rodeaban el lago de México ya no fueran suficientes para satisfacer los requerimientos de agua de esta ciudad, construyeron varios acueductos para transportarla de los manantiales que se encontraban a su alrededor. No se tiene información exacta sobre el volumen que se consumía en Tenochtitlán, pero se estima que éste era elevado porque sus residentes tenían por costumbre bañarse diariamente, lavar sus ropas frecuentemente y limpiar sus inmuebles (Ezcurra, 1990: 9-17).

El primer acueducto de barro, construido en 1416, abastecía a esta ciudad azteca con agua proveniente de los manantiales de Chapultepec. Debido a una devastadora inundación ocurrida en 1449, fue destruido totalmente. En 1450, fue reconstruido con materiales más resistentes, además se edificaron otros dos acueductos para trasladar el agua de los manantiales de Coyoacán y Churubusco. Estos acueductos tuvieron que ser reconstruidos en este mismo año por la ocurrencia de otra gran inundación. La importación de agua desde estos manantiales incrementó la dependencia de Tenochtitlán a fuentes cada vez más lejanas, así como el riesgo de una escasez relativa de agua por la suspensión del suministro proveniente de estos manantiales cuando los acueductos eran reparados (véase el cuadro 2.2).

Por otro lado, para evitar que el agua dulce de los lagos se mezclara con las aguas salobres del lago de Texcoco haciéndolas no aptas para beber, se construyeron diques, compuertas, acequias y albarradones. Estas obras también fueron realizadas para disminuir los impactos de las devastadoras

inundaciones ocurridas en la época de lluvias. Destaca el albarradón de Nezahualcóyotl, con una extensión de 16 km, cuya edificación fue ordenada por Moctezuma I, después de la inundación de 1449. Mediante sus compuertas se abastecía a Tenochtitlán de agua durante las sequías y se evitaban las inundaciones en los periodos de intensas lluvias (Musset, 1992: 12-13) (véase el cuadro 2.2).

Con estas obras de infraestructura, los aztecas aumentaron relativamente su control sobre los recursos hídricos de la cuenca, pero también incrementaron la exposición de su ciudad a devastadoras inundaciones aún en temporada de sequías, ante alguna falla en los diques, canales o albarradones construidos. Este riesgo se materializó durante la Colonia, dejando a la Nueva España bajo el agua por varios años por la destrucción de la infraestructura hidráulica azteca durante la Conquista (véase el cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en Tenochtitlán

Tipo de riesgo	Obra hidráulica	Problema que resolvió	Riesgos generados
Riesgos relacionados con la falta de agua	Acueductos	Se dotó con agua a los habitantes de Tenochtitlán, evitando problemas por la falta de un suministro suficiente de agua para beber, preservar la higiene y realizar sus actividades productivas	*Aumento en la dependencia a fuentes lejanas *Exposición de la ciudad a la falta de agua por fallas o reparaciones de los acueductos *Transferencia de riesgos por la escasez relativa del agua hacia las comunidades de donde se extrae este recurso
Riesgos ante inundaciones	Diques, compuertas y albarradones	Se redujo la ocurrencia de los desbordamientos de los lagos y las devastadoras inundaciones	*Inundaciones aún en época de sequía por fallas en la infraestructura hidráulica construida
Riesgos por el deterioro en la calidad del agua	Diques, compuertas y albarradones	Se evitó que se mezclaran las aguas salobres con el agua dulce	

Fuente: Elaboración propia con base en Simon (1997: 68), Academia de la Investigación Científica (1995: 88), Musset (1992: 12-13) y Ezcurra (1990: 9-17).

No sólo fueron implementadas medidas con un enfoque técnico en Tenochtitlán para promover la seguridad de sus habitantes, también aquellas que estaban encaminadas a normar los hábitos en el uso y consumo del agua. Por ejemplo, para preservar la calidad del agua de los lagos y reducir los riesgos a la salud, estaba prohibido disponer cualquier tipo de desecho en sus aguas o en los canales, cuyo incumplimiento era severamente castigado. Por lo tanto, la gestión del agua a lo largo de la época prehispánica consistió en preservar el equilibrio de los recursos hídricos y su calidad, dado que los aztecas sabían que de ello dependía su supervivencia. Sin embargo, las decisiones sobre la administración de los recursos hídricos y la construcción de obras hidráulicas, estaban centralizadas en manos del Tlatoani (emperador).

2.1.2 La Colonia: pozos artesianos, túneles y canales

Como el funcionamiento de Tenochtitlán dependía del equilibrio que guardaba la ciudad con respecto a

los recursos hídricos, una de las estrategias de Cortés para conquistarla fue cortar el abastecimiento de los manantiales y cegar las acequias para que pudieran entrar las tropas españolas en agosto de 1521 (Lombardo de Ruiz, 2000: 98). Sobre sus ruinas, como una forma de conquista cultural, se edificó la capital de la Nueva España: al centro se localizaron los conquistadores, mientras que en la periferia se ubicaron los indígenas.

Después de la conquista, se restablecieron los servicios con los que contaba esta ciudad azteca y gran parte de su distribución espacial (calzadas, calles y acequias) fue retomada. Aunque los españoles aprendieron sobre el funcionamiento de las obras de infraestructura hidráulica indígena, no lograron entender el frágil equilibrio hidrológico de la cuenca y la importancia de preservarlo. Por su herencia griega, pensaban que el agua que no fluye y está estancada es agua muerta, por ende, es insalubre y capaz de generar enfermedades, como en el caso de los lagos (Musset, 1992: 156) (véase la figura 2.5)

Figura 2.5 La Ciudad de México en la Colonia



Fuente: Filsinger, T. J. (2009), Atlas Pictográfico Histórico de la Cuenca, Valle, Ciudad y Centro de México, Siglos XIV-XXI, México, Comité de Bicentenario del GDF.

Bajo este gestión que

contexto, la realizaron

de los recursos hídricos se basó en la idea de que para garantizar la salud y bienestar de la población era indispensable sacar el exceso de agua. Con este fin, iniciaron las obras para el desagüe de la Cuenca de México.

a. Obras para el desagüe de la Cuenca de México

El desagüe de la ciudad en esta época consistía en cañerías de barro subterráneas (Musset, 1992: 145), cuya distribución era poco equitativa, ya que sólo se encontraban conectadas en negocios fructíferos y en las casas de los aristócratas. La mayoría de la población carecía de medios seguros para disponer sus excretas, enfrentando permanentemente riesgos a la salud por la falta de servicios de saneamiento. Sus niveles de exposición eran aún mayores, porque los habitantes de la Nueva España prestaban poca

atención a mantener limpios los lagos y canales, en donde se acumulaba una gran variedad de desechos que provocaban malos olores y los convertían en un foco de infección.

Al cegar las acequias y destruir algunos de los diques y compuertas durante la Conquista, el sistema hidráulico indígena fue modificado, perdiéndose el control de las represas y diques. No sólo en la época de lluvias esta nueva ciudad podía ser devastada por inundaciones, ahora estaba expuesta a este riesgo de manera permanente. Prueba de ello, fue que la primera gran inundación ocurrió en 1555, ordenando el virrey Velazco la reconstrucción del albaradón de Nezahualcóyotl, conocido posteriormente con el nombre de San Lázaro. Aunque esta obra fue reparada, la ciudad se volvió a inundar en 1580, 1604, 1606, 1607 y 1629; siendo ésta última la más catastrófica (Lombardo de Ruiz, 2000: 103).

Como gran parte de las inundaciones eran provocadas por el desbordamiento de los lagos, represas y diques, las autoridades consideraron que la solución era construir un sistema de drenaje que sacara el exceso de agua de la Cuenca de México. Con esta infraestructura se pensaba que se reduciría la ocurrencia de inundaciones y la exposición a riesgos a la salud asociados a enfermedades de origen hídrico. A pesar de los esfuerzos de la corona por iniciar esta obra, las acciones que se llevaron a cabo a lo largo del siglo XVI, se remitieron a reparar el sistema hidráulico construido por los aztecas, dado que no contaba con los recursos suficientes para que ésta se iniciara.

Fue hasta 1607, cuando el virrey Márquez de Salinas encomendó a Enrico Martínez la realización de un túnel que evitara las inundaciones y drenara las aguas fuera del valle. Enrico propuso construir un desagüe que extrajera las aguas del río Cuautitlán, además de la construcción de un sistema de desagüe que regulara el nivel de los lagos de Texcoco, Zumpango y San Cristóbal. La falta de recursos fue determinante para que se realizara sólo el primer proyecto mencionado, el cual se finalizó en 1608.

Esta obra consistió en la construcción de un canal conocido años más tarde como el canal de Huehuetoca, cuya longitud alcanzaba 6 600 m. Por medio de este canal, se extrajo por primera vez fuera de la Cuenca de México el agua de uno de los ríos más peligrosos en la época colonial: el río Cuautitlán (Perló, 1999: 40-44). Sin embargo, conforme los lagos decrecían y el agua era extraída de la cuenca, la ciudad comenzó a hundirse (Simón, 1997: 72).

Como algunos tramos de este túnel se derrumbaban frecuentemente por la falta de revestimiento, la corona española contrató los servicios del holandés Adrián de Boot para que lo reparara. Para este ingeniero, desecar los lagos era un gran error porque constituían una fuente de ingresos para los

indígenas y un medio de transporte barato. Por lo tanto, él proponía construir canales, diques, compuertas y puentes como en Holanda. Su proyecto fue rechazado al ser considerado como un retroceso por los consejeros del virrey, debido a que su realización requería utilizar algunas técnicas implementadas por los indígenas en Tenochtitlán (Tortolero, 2000: 35-36).

Contrario a lo que se esperaba, el canal de Huehuetoca no acabó con las inundaciones, éstas siguieron afectando a la ciudad por varios siglos. Con las abundantes lluvias de 1629, ésta se inundó hasta un metro de altura y las autoridades encontraron culpable a Enrico Martínez de la catástrofe ocurrida, al rehusarse a abrir una compuerta de control para que su obra no fuera destruida. La capital permaneció bajo el agua cerca de cinco años, motivando el diseño de nuevos proyectos para evitar este tipo de catástrofes. Una de las propuestas que más atención captó fue la de desecar el lago de Texcoco. Esta obra no se realizó por la falta de recursos económicos (Musset, 1992: 156).

Si bien la construcción del canal de Huehuetoca y la reparación del albaradón de Nezahualcóyotl redujeron los riesgos que enfrentaban los habitantes de la capital ante la posibilidad de ser afectados por grandes inundaciones, estos eventos destructivos se siguieron presentando. Con la desecación de los lagos se generaron nuevos riesgos derivados del hundimiento del terreno como: el colapso y deterioro de las edificaciones, así como la fractura de las cañerías existentes (véase el cuadro 2.3).

b. Suministro de agua

La ciudad comenzó a crecer a lo largo de los acueductos, localizándose las clases adineradas alrededor de estas obras para garantizar su acceso al agua. Este líquido era distribuido por medio de una red interna de canales, concentrada en zonas muy exclusivas de la ciudad. Asimismo, era vendido por los aguadores, quienes la transportaban a las casas mediante recipientes. Evidentemente, la distribución del agua a los habitantes de la Nueva España era muy restringida a causa de la falta de obras hidráulicas capaces de atender sus requerimientos. Adicionalmente, el mantenimiento y frecuentes reparaciones de los acueductos, obligaban a suspender su dotación por largas temporadas. El agua suministrada podía estar contaminada, dado que los acueductos por donde era trasladada no estaban cerrados y las aguas residuales eran vertidas en los manantiales de donde se extraía. Por otro lado, en las fuentes públicas los adultos se lavaban la cabeza y las axilas, mientras que las mujeres lavaban las ollas y los pañales. En las pilas de agua se solía tallar la ropa, enjuagar las legumbres y limpiar tanto los caballos como las mulas (Tortolero, 2000: 44-45). Ante esta situación, es claro que los habitantes de la ciudad estaban considerablemente expuestos a riesgos a la salud derivados de la falta de un suministro de agua que garantizara los estándares de calidad para realizar un consumo seguro (véase el cuadro 2.3).

El crecimiento de la población provocó que el agua suministrada por los manantiales de Chapultepec, Coyoacán y Churubusco, ya no fuera suficiente para satisfacer la demanda de agua; requiriéndose iniciar la excavación de pozos para complementar el volumen abastecido. En 1847, se perforó el primer pozo en el centro de la ciudad y en menos de dos décadas, esta cifra aumentó a 200 (Tortolero, 2000: 43-45). Con esta medida se redujo la dependencia de la capital a fuentes de agua externas, pero se retroalimentaron positivamente los riesgos asociados al hundimiento del terreno, que hasta ese momento se atribuían a la extracción del agua fuera de la cuenca, principalmente por la desecación de los lagos (véase el cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en la Colonia

Tipo de riesgo	Obra hidráulica	Problema que resolvió	Riesgos generados
Riesgos relacionados con la falta de agua	Excavación de pozos artesianos	Se complementaron los requerimientos de agua de la población, ya que el volumen abastecido por los manantiales no era suficiente; reduciendo los riesgos por la escasez relativa del agua	*Se redujo la dependencia a fuentes cada vez más lejanas, pero se retroalimentó positivamente la velocidad con la que la ciudad se hundía
Riesgos ante inundaciones	Túneles y canales para la desecación de los lagos y la extracción del agua de los ríos fuera de la cuenca	Se redujo la frecuencia con que ocurrían las inundaciones, pero no se eliminaron. Asimismo, se disminuyeron los riesgos a la salud por enfermedades de origen hídrico, generados por la contaminación del agua por desechos vertidos en los lagos y canales	*Con la extracción del exceso de agua de la cuenca, la ciudad comenzó a hundirse

Fuente: Elaboración propia con base en Lombardo de Ruiz (2000: 103), Tortolero (2000: 35-45), Simón (1997: 72) y Musset (1992: 145-156).

A lo largo de la época colonial, la gestión del agua fue centralizada y estaba en manos del virrey, quien para garantizar la seguridad de sus habitantes ordenó extraer el exceso de agua de la cuenca mediante la construcción de diversas obras de infraestructura hidráulica. Las obras realizadas en este periodo histórico no utilizaron los conocimientos indígenas, debido a que se consideraban como un retroceso en materia hidráulica. De igual forma, los intereses de la metrópoli dominaron a los del resto del país. Prueba de ello, es que las obras construidas en esta época se iniciaban desde la Plaza Mayor hacia la periferia, incrementando el valor del suelo en el centro de la ciudad y favoreciendo la concentración de la población, así como de las actividades económicas en esta área.

2.1.3 La Independencia: ausencia de obras hidráulicas

Durante la independencia y algunos años después, los proyectos de infraestructura hidráulica fueron suspendidos por la inestabilidad política y económica. A pesar de ello, la ciudad seguía siendo devastada por grandes inundaciones. Las autoridades en turno únicamente repararon las obras existentes, la población era responsable de barrer las casas y calles; además que los presos cumplían sus condenas realizando los servicios públicos que requería la ciudad (Lombardo de Ruiz, 2000: 131).

Aunque no se edificaron importantes obras de infraestructura en estos años, no faltaron las propuestas para evitar las inundaciones y mejorar el suministro de agua. Destaca el proyecto del ingeniero Smith, quien fue comandante de los ingenieros topógrafos durante la invasión estadounidense. Después de estudiar la hidrografía de la Cuenca de México, sugirió extraer el agua del valle por medio del arroyo de Tequixquiac, en vez de utilizar el canal de Huehuetoca. Dicha propuesta no se llevó a cabo, pero tuvo una gran influencia en las obras de desagüe de la Cuenca de México que se llevarían a cabo años más tarde, durante el gobierno de Porfirio Díaz (Tortolero, 2000: 67-69).

Fue hasta 1853, con la creación del Ministerio de Fomento, cuando se retomó el interés para evitar las inundaciones de la ciudad. Esta dependencia comisionó al ingeniero Francisco Garay los estudios del desagüe de la cuenca. El proyecto de Garay, cuyo costo se estimaba en 10 millones de pesos, consistía en tres obras hidráulicas: a) un canal a cielo abierto que iniciaba en la garita de San Lázaro con una longitud aproximada de 50 km; b) un túnel que desembocaría en el barranco de Ametlac, el cual recorrería casi 9 km; y c) un canal de casi 3 km, que transportaría las aguas provenientes de este túnel al río Tula, y posteriormente, al Pánuco para depositarlas en el mar. Este sistema de desagüe tendría la capacidad de extraer 35 m³/seg (Perló, 1999: 52-54). El proyecto de Garay se aprobó, pero la falta de recursos para iniciarlo retrasó su construcción.

La gestión del agua en este periodo, que abarca desde la independencia hasta el año 1888, no fue centralizada, sino que estuvo en manos de las autoridades locales y regionales ante la falta de un Gobierno Federal fuerte. Aunque no se realizaron obras hidráulicas continuó dominando la idea, que para garantizar la salud y el bienestar de los habitantes de la ciudad era necesario extraer el exceso de agua de la cuenca; con lo que también se evitaría la aparición de epidemias e inundaciones. Sin embargo, la infraestructura hidráulica hasta el momento heredada tenía considerables deficiencias. Por un lado, el agua suministrada se contaminaba fácilmente, dado que era transportada en acueductos al aire libre o las aguas residuales generadas eran vertidas en los cuerpos de agua en donde se extraían este líquido. Adicionalmente, ésta se perdía por robos o fallas en los acueductos, su suministro era muy limitado y profundamente excluyente, además que sus reparaciones obligaban a suspender el servicio por largos periodos. Por otro lado, el desalojo de las aguas servidas era muy restringido y éstas comúnmente estaban estancadas en los canales de la ciudad, siendo un foco de infección para los habitantes.

2.1.4 El Porfiriato: el Gran Canal de Desagüe

En el Porfiriato (1877-1911), la Ciudad de México experimentó un acelerado crecimiento físico y poblacional, promovido por el desarrollo económico del país y la estabilidad política impuesta por

Díaz. Esto permitió emprender la construcción de importantes obras de infraestructura, ya que se recibieron varios créditos internacionales para realizarlas. Uno de ellos, con un monto de 2.4 millones de libras, con opción a un millón de libras adicionales, fue destinado a la construcción de las obras de desagüe (Tortolero, 2000: 69).

Fue en esta época cuando se construyeron las primeras obras hidráulicas de gran envergadura, con el objetivo de erradicar las inundaciones y mejorar el suministro de agua. Su realización se atribuye en gran medida a que Porfirio Díaz las consideraba prioritarias para transformar a la capital del país en una ciudad moderna, capaz de garantizar la seguridad y el bienestar de sus habitantes. Asimismo, se explican porque la percepción que había dominado sobre el agua como algo insalubre y peligroso fue transformada por los avances en la medicina, bacteriología, química e ingeniería. Los descubrimientos de estas disciplinas pusieron en evidencia que la salud estaba íntimamente relacionada con la calidad y cantidad de agua que recibían las personas, quienes la utilizaban en la preparación de alimentos, para beber y en todas aquellas actividades relacionadas con la preservación de la higiene. Por lo tanto, su falta empezó a considerarse como un factor que promovía el surgimiento y la propagación de epidemias (véase la figura 2.6).

Figura 2.6 La Ciudad de México en el Porfiriato



Fuente: Filsinger, T. J. (2009), *Atlas Pictográfico Histórico de la Cuenca, Valle, Ciudad y Centro de México, Siglos XIV-XXI, México, Comité de Bicentenario del GDF.*

Con el fin de que las obras hidráulicas que requería la ciudad se edificaran con eficacia y eficiencia, se creó la Junta Directiva del Desagüe del Valle de México en 1886; ésta era responsable de administrar los fondos disponibles, velar por la apropiada ejecución de las obras del desagüe, elegir a los proveedores y otorgar las concesiones de las obras que se realizarían. El éxito de este órgano se explica por el liderazgo del general Rincón Gallardo y del abogado José Limantour, quienes mediante sus gestiones lograron que las decisiones de esta dependencia a su cargo, contaran con el apoyo de diversas secretarías de Estado,

del ejército y de otras empresas e instituciones nacionales y extranjeras. Sin embargo, la última palabra sobre qué obra se llevaría a cabo y por quién, continuaba siendo decisión del presidente Porfirio Díaz.

a. El desagüe y el saneamiento

Las obras de drenaje se reiniciaron en 1877, cuando éstas quedaron a cargo del Ministerio de Fomento. Después de la inundación ocurrida en 1878, Díaz ordenó a esta dependencia la construcción de un sistema de desagüe. Nombró al general Riva Palacio como director del ministerio, quien designó al ingeniero Garay como director de la Administración del Desagüe. Francisco Garay retomó el proyecto que había propuesto, el cual había sido previamente aprobado (Perló, 1999: 64-65).

Por la falta de recursos se retrasó la construcción de este sistema de desagüe y por algunas diferencias políticas, Garay fue reemplazado de su cargo por el ingeniero Luis Espinosa. Este último, fungió como director de la Administración del Desagüe desde 1882 hasta 1900; año en que se concluyó la construcción del Gran Canal. Espinosa hizo varias modificaciones al proyecto de Garay, proponiendo que el túnel se construyera en las montañas de Acatlán en lugar de las de Ametlac y que la capacidad de extracción del sistema se redujera de 35 a 27 m³/seg (Perló, 1999: 66-69).

La mayoría de las obras para el desagüe de la ciudad durante el Porfiriato estuvieron a cargo de empresas extranjeras. Esta decisión obedeció a la capacidad de inversión, conocimientos y capital humano de estas empresas; aunque también es cierto que la concesión de las obras del Gran Canal a empresas inglesas estuvo determinada por los compromisos políticos que había adquirido el gobierno mexicano con varias casas e instituciones bancarias de esta nacionalidad, que habían condicionado los préstamos que le otorgaron (Meyer, 1991: 24).

Las empresas responsables de las obras de desagüe de la Cuenca de México fueron las siguientes:

- 1) La empresa norteamericana Bucyrus Construction Company realizó la excavación de un tramo del Gran Canal a partir de 1888 (Perló, 1999: 99).*
- 2) La firma Mexican Prospecting & Finance Company construyó el túnel de Tequixquiac en 1888. Posteriormente, con el nombre de Read & Campbell, emprendió las obras para la edificación del túnel de Zumpango en 1889, así como las del túnel con el que se finalizaría el Gran Canal de Desagüe en 1894 (Perló, 1999: 119, 126 y 175-176).*
- 3) La empresa inglesa Person & Son fue responsable de la edificación del Gran Canal de Desagüe, obra que inició en 1889 y fue finalizada en 1900 (Perló, 1999: 134).*
- 4) Los empresarios españoles, los hermanos Noriega, se encargaron de desecar el lago de Chalco en 1894 (Tortolero, 2000: 70-78).*
- 5) La desecación del lago de Texcoco estuvo a cargo del Gobierno Federal, bajo la dirección del*

ingeniero Luis Espinosa (Tortolero, 2000: 79-80).

Después de diversos contratiempos, errores de cálculo, problemas técnicos, insuficientes recursos financieros y rivalidades políticas, el sistema de desagüe de la ciudad se inauguró en 1900; siendo considerado el Gran Canal como la obra más importante del siglo XIX, dado que con ella se pensó que se acabaría con las devastadoras inundaciones. Contrario a lo esperado, la ciudad siguió siendo afectada por este tipo de eventos pero con menor frecuencia y magnitud.

Los beneficios de las obras de desagüe no resolvieron los problemas de insalubridad en la ciudad y tampoco redujeron las elevadas tasas de mortalidad por enfermedades de origen hídrico, debido a que no contribuyeron al drenaje interno ni al suministro de agua. Por este motivo, en 1898 se iniciaron las obras para dotar con el servicio de saneamiento a los capitalinos, estando a cargo el ingeniero Roberto Gayol (Perló, 1999: 252-253). Con la construcción del sistema de desagüe se disminuyó la exposición de sus habitantes a ser afectados por devastadoras inundaciones, presentándose estos eventos con una menor frecuencia e intensidad; mientras que con las mejoras en el saneamiento interno, la población redujo los riesgos a la salud a los que estaba expuesta, al contar con medios más seguros para disponer sus excretas y evitar el anegamiento de los canales que atravesaban la ciudad, situación que también favorecía a que no se presentaran inundaciones (véase el cuadro 2.4).

Sin embargo, con la extracción del agua de los lagos y de los cauces de algunos ríos se aceleró el hundimiento del terreno de la ciudad, y con ello, paradójicamente también se incrementó la posibilidad de que esta entidad se viera afectada por inundaciones. Asimismo, las aguas residuales que se extraían de esta entidad disminuyeron la calidad de los caudales que se han empleado desde esta época para el riego de vegetales y cereales en los valles de México y del Mezquital, aumentando los riesgos a la salud tanto de la población que consumía los alimentos regados con aguas crudas como de los agricultores que los cultivaban; además de los riesgos ambientales derivados de la contaminación del suelo, al igual que de las aguas superficiales y subterráneas (Romero, 1994: 248).

b. El abastecimiento de agua y su calidad

En el caso del suministro de agua, las autoridades analizaron diversas alternativas para resolver la insuficiente dotación. La costosa reparación de los acueductos que dejaba sin abasto a la ciudad por largos periodos de tiempo, así como la insalubridad, promovieron la construcción de un sistema para abastecer a la población con agua por medio de cañerías; demoliéndose los acueductos construidos durante la Colonia (Lombardo de Ruiz, 2000: 131-132).

Con este sistema se disminuyó la exposición de los residentes de la capital a los riesgos generados por la falta de un suministro de agua seguro para satisfacer sus requerimientos mínimos, dado que se aumentó la frecuencia con la que recibían este recurso y su calidad. Esto fue posible porque ya no se trasladaba mediante acueductos al aire libre, en donde se contaminaba fácilmente (véase el cuadro 2.4).

En 1870, se inició la extracción de agua de los manantiales de Santa Fe y Río Hondo, debido a que el volumen proporcionado por los manantiales de Chapultepec, Coyoacán y Churubusco para satisfacer la demanda de agua de la población, era insuficiente. Para el año 1900, también fue necesario importar agua desde los manantiales de Cuajimalpa, Tlalpan, San Ángel, Guadalupe y Desierto de los Leones. Este caudal fue complementado con la explotación de pozos artesianos, cuya excavación se aceleró pasando de 483 pozos en 1877, a más de 1 100 para fines del siglo XIX (Izazola, 2001: 299-300, 303). De manera que, los riesgos asociados a la dependencia a fuentes externas y los que se derivan del hundimiento del terreno, se incrementaron durante esta época (véase el cuadro 2.4).

Las autoridades siguieron buscando nuevas fuentes para dotar de agua a la capital del país, estudiando la posibilidad de importarla desde los manantiales del Lerma o de Xochimilco. Por su cercanía, se decidió en 1903 que se transportaría de los manantiales de Xochimilco, estando esta obra a cargo del ingeniero José María Marroquí y concluyéndose en 1913. Con esta nueva fuente de agua se sustituyó el volumen proveniente de los manantiales de Chapultepec y del Desierto de los Leones (Lombardo de Ruiz, 2000: 131-134).

En el año 1900, el caudal abastecido a la ciudad era de 0.48 m³/seg y el consumo promedio por habitante de 122 litros/día. Para 1903, la dotación de agua casi se duplicó, ascendiendo a 0.938 m³/seg. Del total de este caudal, aproximadamente un 40% provenían de 1 376 pozos; mientras que el resto, de los manantiales y las aguas superficiales (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 133-136).

Las mejoras en la infraestructura hidráulica y los incrementos en el abastecimiento de agua a la población fueron parte de las medidas preventivas implementadas por las autoridades para evitar la propagación de la epidemia del cólera, cuyos impactos habían sido devastadores en Europa, Asia y África. Otras medidas promovidas durante el Porfiriato fueron: barrer las calles, prohibir el depósito de desperdicios en los caños, dejar de lavar la ropa en las fuentes públicas y realizar análisis periódicos del agua para evitar la transmisión de enfermedades infecciosas (Birrichaga, 1998: 184,188-189).

La idea de Díaz de convertir a la Ciudad de México en una ciudad moderna fue determinante para que se introdujeran servicios públicos como: electricidad, telefonía, sistemas de protección contra incendios, y servicios de agua y drenaje. A pesar del progreso económico durante el Porfiriato, éste sólo benefició a las élites, aumentando las desigualdades sociales y económicas entre los habitantes: las zonas ricas estaban dotadas con una excelente infraestructura y servicios, pero las zonas populares estaban desprovistas de los requerimientos mínimos para garantizar la salud e higiene de sus residentes (Morales, 2000: 122-123).

Cuadro 2.4 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en el Porfiriato

Tipo de riesgo	Obra hidráulica	Problema que resolvió	Riesgos generados
Riesgos relacionados con la falta de agua	*Redes subterráneas para el suministro de agua *Excavación de pozos *1er acueducto moderno	Se incrementó el caudal abastecido a los capitalinos, mejorando su calidad de vida y reduciendo los riesgos a la salud por la escasez relativa de agua o su mala calidad	*Incremento en la dependencia a fuentes lejanas, así como el hundimiento del terreno de la ciudad
Riesgos ante inundaciones	Túneles y canales para la desecación de los lagos y la extracción del agua de los ríos fuera de la cuenca	Se redujo considerablemente la frecuencia e intensidad de las grandes inundaciones	*Aumento en la velocidad de hundimiento del terreno de la ciudad *Generación de riesgos a la salud, ya que la disposición de las aguas residuales redujo la calidad del caudal utilizado para el riego del Valle del Mezquital, contaminando los alimentos cultivados y deteriorando el medio ambiente por la concentración de bacterias coliformes y otras substancias orgánicas e inorgánicas
Riesgos a la salud	*Red interna de drenaje *Red subterránea para el suministro de agua	Se disminuyeron los riesgos a la salud causados por la falta de saneamiento, la mala calidad del agua suministrada o el estancamiento de las aguas residuales y pluviales	

Fuente: Elaboración propia con base en Izazola (2001: 299-300, 303), Morales (2000: 122-123), Lombardo de Ruiz (2000: 131-134), Tortolero (2000: 70-80), Perló (1999: 64-65, 252-254), Birrichaga (1998: 188-189), Academia de la Investigación Científica et al. (1995: 133-136) y Romero (1994: 248).

La construcción del Gran Canal de Desagüe sentó las bases para la posterior construcción de mejores y más eficientes sistemas de suministro de agua y drenaje, encaminados a mejorar la calidad de vida de toda la población. Para poder llevar a cabo obras de la envergadura del Gran Canal de Desagüe, la gestión del agua tuvo que centralizarse, estando las decisiones sobre la administración de los recursos hídricos y la construcción de las obras hidráulicas en manos de Porfirio Díaz. En este periodo, las obras de infraestructura hidráulica fueron el eje central de su gobierno.

A lo largo de la historia de la ciudad, las autoridades responsables de la gestión del agua enfrentaron

la contradicción de incurrir en elevados costos para desecar los lagos, entubar los ríos y extraer las aguas pluviales, así como para atender la demanda de agua de los capitalinos. Esta situación se atribuye a que dominó la idea de que para garantizar la seguridad y el bienestar de los habitantes era necesario sacar el exceso de agua, y al mismo tiempo, importarla desde fuentes cada vez más lejanas (véanse los cuadros 2.5 y 2.6). Prácticamente durante todo este periodo, excepto en la independencia y el gobierno independiente, la gestión del agua estuvo centralizada; aunque la construcción de las grandes obras hidráulicas se realizó durante el gobierno de Porfirio Díaz.

Cuadro 2.5 Infraestructura hidráulica en la ciudad desde Tenochtitlán hasta el Porfiriato

Infraestructura para el suministro de agua		
Época	Periodo	Obra de Infraestructura
Prehispánica	1416-1450	*Se construyeron varios acueductos de barro para traer agua de los manantiales de Chapultepec, Coyoacán y Churubusco
Colonial	1847	*Se perforó el primer pozo en el centro de la ciudad
	1867	*Se habían perforado más de 200 pozos
	1870	*Se inició la extracción de agua de los manantiales de Santa Fe y de Río Hondo
	1888	*Se habían perforado 1 100 pozos
Porfiriato	1900	*Se inició la extracción de agua de los manantiales de Cuajimalpa, Tlalpan, San Ángel, Guadalupe y del Desierto de los Leones
	1903	*Se iniciaron las obras para aprovechar los manantiales de Xochimilco
Ira mitad del siglo XX	1913	*La ciudad era suministrada con los manantiales de Xochimilco
	1940	*Se perforaron 75 pozos profundos en el acuífero Valle de México
Infraestructura para el drenaje		
Prehispánica	1324- 1450	*Se construyeron diques, acequias y albarradones
	1450	*Se construyó el albarradón de Nezahualcóyotl
	1555-1556	*Se reconstruyó el albarradón de Nezahualcóyotl
Colonial	1607-1608	*Se edificó el canal conocido años más tarde como el Desagüe de Huehuetoca
	1794	*Entró en operación el Canal de Guadalupe
	1888	*Se iniciaron las obras del Gran Canal del Desagüe
	1894	*Se iniciaron las obras para desecar el lago de Chalco
	1890-1899	*Se iniciaron las obras para desecar el lago de Texcoco
Porfiriato	1898	*Se empezó la construcción de las obras para el drenaje interno de la ciudad
	1900	*Comenzó a operar el Gran Canal del Desagüe
	1902	*Se concluyeron las obras del primer sistema de alcantarillado de la ciudad

Fuente: Elaboración propia con base en Izazola (2001: 299-300, 303), Lombardo de Ruiz (2000: 103, 131-134), Tortolero (2000: 35-45, 70-89), Perló (1999: 44, 52-54, 65, 99, 175, 252-254), Birrichaga (1998: 188-189), Simon (1997: 68-72), Academia de la Investigación Científica et al.(1995: 133-136), Musset (1992: 12-13, 145-156) y Ezcurra (1990: 9-17).

2.2 Drenaje Profundo, PAI y Sistemas Lerma-Cutzamala

Después de más de tres siglos de lucha constante por dominar el entorno de la Cuenca de México, la intensidad y frecuencia de algunos de los riesgos a los que estaba expuesta la población en épocas pasadas se logró reducir. Entre estos riesgos destacan las devastadoras inundaciones que dejaban bajo el agua a la ciudad por largos periodos de tiempo. Por consiguiente, las obras heredadas del Porfiriato fueron vitales en su momento para mejorar la calidad de vida de los capitalinos y reducir su exposición a ciertos riesgos relacionados con el agua. A pesar de ello, nuevos riesgos fueron generados con las medidas implementadas, entre estos se identifican: los que se derivan del

hundimiento diferencial del subsuelo y los que son producidos por el riego de vegetales y cereales con aguas residuales.

Adicionalmente, debido al acelerado crecimiento físico y poblacional de la ciudad, estas obras no fueron suficientes para satisfacer las demandas de los servicios de agua y drenaje de sus residentes, construyéndose desde mediados del siglo XX, tres de las más grandes obras de infraestructura hidráulica en el país: el Drenaje Profundo, el Sistema Lerma y el Sistema Cutzamala (véase el cuadro 2.9). Estas obras de infraestructura fueron esenciales para que la capital del país dejara de ser amenazada por devastadoras inundaciones y por la falta de un suministro de agua capaz de satisfacer los requerimientos mínimos de sus habitantes para beber, cocinar o asearse (véase la figura 2.7).

Figura 2.7 El Distrito Federal en la actualidad



Fuente: Filsinger, T. J. (2009), Atlas Pictográfico Histórico de la Cuenca, Valle, Ciudad y Centro de México, Siglos XIV-XXI, México, Comité de Bicentenario del GDF.

Casi todo este siglo, la gestión del agua estuvo fuertemente centralizada, pero como parte de una transformación institucional encaminada a adelgazar al Estado, a mediados de la década de los ochenta se inició el proceso de descentralización de varios servicios públicos con las reformas del artículo 115 constitucional, incluyendo los servicios de agua y alcantarillado.

2.2.1 Sistema de Drenaje en el Distrito Federal

Las aguas residuales extraídas por el Gran Canal, fluían por gravedad al lago de Texcoco a principios del siglo XX. Con el hundimiento de la ciudad, los primeros veinte kilómetros perdieron su pendiente,

requiriéndose siete estaciones de bombeo para desalojarlas, incurriéndose en elevados gastos por los requerimientos de electricidad (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 141-142).²⁹ Tanto la pérdida de pendiente de las redes de drenaje como el incremento en la generación de aguas residuales asociadas al aumento de la población, saturó este sistema; exponiendo a la ciudad a ser inundada nuevamente, pero ahora con aguas negras ante alguna falla en el sistema de desagüe. Para evitar un desastre de esta magnitud, entre 1937 y 1942, se construyó un túnel paralelo al Gran Canal conocido como el segundo túnel de Tequixquiac.

En 1951, las intensas lluvias agravadas con el acelerado hundimiento del terreno, contribuyeron a que una parte del DF estuviera inundado casi por tres meses. Esta situación presionó a las autoridades para encontrar una solución definitiva que evitara la ocurrencia de este tipo de eventos. Con este objetivo en 1952, se creó la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal (DGOH-DDF), estando a cargo de esta dependencia el ingeniero Fernando Hiriart.

El ingeniero Hiriart junto con Ernesto Uruchurtu, quien era el regente del DF, se enfocaron a resolver los problemas de las inundaciones y a mejorar la infraestructura hidráulica. Para ello, construyeron presas, tanques, plantas de bombeo y redes de atarjeas; asimismo, entubaron varios ríos urbanos, entre los que destaca el río Churubusco (Tortolero, 2000: 107). Fue hasta que se edificó el Drenaje Profundo, una de las obras más importantes del siglo XX, cuando la capital del país dejó de ser devastada por inundaciones que la mantenían bajo el agua por varios meses.

Los estudios técnicos para construir esta colosal obra de infraestructura, pensada como un sistema que no fuera afectado por los hundimientos diferenciales de la ciudad, se iniciaron durante el gobierno de Gustavo Díaz Ordaz por los reconocidos ingenieros mexicanos Fernando Hiriart y Raúl Ochoa de la empresa Ingenieros civiles Asociados (ICA) (Perló, 1999: 271). Esta obra consistió en la construcción de un túnel localizado a más de 200 metros de profundidad, que extrajera las aguas residuales y pluviales fuera de la cuenca por gravedad, convirtiéndose en la cuarta salida artificial de la Cuenca de México.

Su edificación se inició en 1967, siendo responsabilidad de la DGOH-DDF y del nuevo regente del DF, Alfonso Corona del Rosal. Pero el Emisor Central se concluyó hasta 1975, durante el gobierno de Luis Echeverría, teniendo una longitud de 50 km. Este túnel recorría la Cuenca de México hasta unirse con el río del Salto en el Estado de Hidalgo (Perló, 1999: 272). En este mismo año, también se finalizaron los interceptores Oriente y Central, cuyas dimensiones eran de 10 y 8 km, respectivamente (Conagua y Semarnat, 2006: 10).

²⁹ *En la década de los cincuenta, el lago de Texcoco estaba 5.50 m por arriba del centro de la ciudad (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 141)*

Para unir los túneles del Drenaje Profundo, el presidente José López Portillo y el regente en turno, Carlos Hank González (1976-1982), ordenaron la prolongación del Interceptor Central en 5.5 km y la construcción del Interceptor Centro-Poniente, el cual tiene una longitud de 17 km. En el gobierno de Miguel de la Madrid (1982-1988) se realizó el Colector Semi-profundo Iztapalapa, cuya dimensión es de 5.3 km; en el de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994), el Drenaje Profundo se prolongó 25 km más, se entubaron 9.7 km de desagüe y se edificó el Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco; y en la administración de Ernesto Zedillo (1994-2000), se entubaron 7 km del Gran Canal del Desagüe (Perló, 1999: 274). En lo que va del sexenio del presidente Felipe Calderón (2006-2012), se aprobó la construcción del Emisor Oriente; la quinta salida artificial de la cuenca para el año 2012.

En la actualidad, el Drenaje Profundo tiene una capacidad de extracción de 220 m³/seg, estando conformado por varios interceptores y emisores. Recibe las descargas de los ríos de La Piedad, Consulado, Remedios, Tlanepantla, San Javier y Cuauhtepac, así como del Canal de la Draga y del Drenaje de Cartagena. Originalmente funcionaba por gravedad pero por el hundimiento diferencial de la ciudad, que finalmente sí le afectó, fue necesario edificar once estaciones de bombeo para expulsar las aguas residuales y pluviales de la Cuenca de México. Tanto este sistema como el Gran Canal de Desagüe, desalojan las aguas residuales y pluviales generadas en el DF y en varios municipios conurbados de la ZMCM y del estado de Hidalgo.

Aunque la capital del país se sigue viendo afectada por inundaciones, éstas no tienen la magnitud con la que se presentaban en épocas pasadas. De manera que, las autoridades lograron mitigar este tipo de riesgos. Asimismo, redujeron los riesgos a la salud de los residentes del DF por la falta de medios seguros para disponer sus excretas.

El desalojo de las aguas residuales y pluviales a través de una red de drenaje, no sólo ha incrementado los costos de su disposición a causa del gran volumen que tiene que ser extraído de la ciudad. También, ha limitado el reuso de las aguas pluviales en actividades que no requieren de una elevada calidad, aumentando el volumen y los costos asociados al tratamiento de las aguas residuales. Gran parte del agua residual generada en el DF es desalojada sin un tratamiento previo, contaminando los caudales por los que se traslada hasta el mar e incrementando los riesgos a la salud por su reuso en el riego de vegetales y cereales en los valles de Tula y el Mezquital (Conagua y Semarnat, 2003: 38).

2.2.2 Suministro de agua a los capitalinos

Las obras del Porfiriato para abastecer de agua a la ciudad dejaron de ser suficientes para atender sus requerimientos de agua desde principios de la década de los treinta a causa de un acelerado

crecimiento poblacional y un incremento en la demanda del servicio de agua. Paradójicamente, aunque aproximadamente 1 m³/seg se perdía en el traslado, las autoridades en vez de reparar las fallas en la red de distribución, prefirieron buscar nuevas fuentes para complementar el volumen abastecido (Perló y González, 2005: 32). Entre estas fuentes se identifican los pozos localizados dentro y fuera del DF, así como los manantiales de las cuencas del río Lerma y del Cutzamala.

La explotación intensiva de los acuíferos por la acelerada excavación de pozos profundos incrementó el hundimiento diferencial del terreno de la capital del país, afectando las redes de drenaje y de suministro de agua, al igual que las edificaciones que se localizaban principalmente en el centro de la capital del país. Por la gran velocidad a la que se hundía la ciudad, las autoridades optaron por aumentar el volumen importado de otras cuencas a partir de la década de los cuarenta, incrementando los riesgos asociados a una mayor dependencia a fuentes externas y a la generación de conflictos por el agua.

La mayoría de estos conflictos han sido causados porque los habitantes de las localidades de donde se extrae el agua son excluidos de sus beneficios, ya sea porque las autoridades del DF no les proporcionan los volúmenes acordados o les han prohibido su aprovechamiento debido a que cedieron sus derechos, viéndose forzados a utilizar estas fuentes de manera clandestina. Fue hasta la década de los noventa, cuando los conflictos por el agua en México contaron con una mayor difusión en los medios masivos de comunicación, presionando a las autoridades para que los reconocieran como un tema de la agenda de gobierno que requería de una atención inmediata.

a. Los acuíferos de la Cuenca de México

El hundimiento diferencial del subsuelo es un fenómeno que ha afectado a la ciudad desde mediados del siglo XIX por la desecación de los lagos y la extracción masiva de agua de miles de pozos. Si bien el ingeniero Roberto Gayol en 1925 demostró que el DF se estaba hundiendo, fue hasta mediados del siglo XX cuando la relación entre este fenómeno y la extracción de agua del acuífero Valle de México fue demostrada científicamente por Nabor Carrillo.³⁰ La excesiva extracción de las aguas subterráneas ha continuado, siendo la principal fuente de abastecimiento para el DF y su zona metropolitana.

En 1940, se inició una explotación intensiva del acuífero Valle de México con la perforación de 75 pozos profundos, lo cual aceleró el hundimiento diferencial del terreno de la ciudad. Para la década de los cincuenta, el caudal extraído de los acuíferos de esta cuenca era de 8 m³/seg, por ende, a lo largo

³⁰ El ingeniero Nabor Carrillo demostró en 1946, que la causa principal del hundimiento de la ciudad era el abatimiento de las presiones piezométricas por la intensa extracción de agua subterránea mediante los pozos profundos (SHCP, 1969: 7-14).

del siglo XX, el volumen proveniente de esta fuente se había más que quintuplicado (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 140-141).

La mayor velocidad de hundimiento de esta entidad se registró entre 1950 y 1951; fluctuando entre 35 y 46 cm/año (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 141). Esta situación forzó a las autoridades a decretar en 1954 la suspensión de la explotación de las aguas subterráneas (veda de pozos) y a buscar nuevas fuentes de abastecimiento en los manantiales de la Cuencas del Lerma y en las aguas superficiales de la Cuenca del Cutzamala. Con este decreto se ha logrado desacelerar la velocidad del hundimiento de la ciudad, pasando de 9.2 cm/año entre 1986 y 1991, a aproximadamente 6 cm/año en la década de los noventa. A pesar de ello, se ha permitido la excavación de pozos en la delegación Xochimilco y en varios municipios del Estado de México, como Chalco, Zumpango, Ecatepec y Cuautitlán, entre otros (véase el cuadro 2.6).

Cuadro 2.6 Hundimiento de la Ciudad de México

Periodo	Hundimiento (cm)	Velocidad (cm/año)	Periodo	Hundimiento (cm)	Velocidad (cm/año)	Periodo	Hundimiento (cm)	Velocidad (cm/año)
1891-1938	212	4.5	1953-1957	68	17	1973-1977	18	4.5
1938-1948	76	7.6	1957-1959	24	12	1977-1982	23	4.6
1948-1950	88	44	1959-1963	22	5.5	1982-1986	25	7.4
1950-1951	46	46	1963-1966	21	7	1986-1991	46	9.2
1951-1952	15	15	1966-1970	28	7	1991-2000	54	6
1952-1953	26	26	1970-1973	17	5.1	2000-2006	54	5.5

Fuente: Academia de la Investigación Científica et al. (1995), *El agua y la Ciudad de México*, México, Academia de la Investigación Científica, pp. 141; Conagua y Semarnat (2006), *Hacia una estrategia de manejo sustentable del agua en el Valle de México y su zona metropolitana*, México, Conagua, pp. VII.

Los impactos de la extracción intensiva del agua subterránea se constatan en el hundimiento de la catedral metropolitana en 12.5 m, desde su construcción en el siglo XVI hasta fines del siglo XX. Otro ejemplo, son los hundimientos de la región central del DF en 10 m (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 144) y de la subcuenca de Chalco-Xochimilco en 7 m (Mazari, 1996: 115).

Por lo tanto, la extracción de agua de los acuíferos redujo los riesgos por la escasez relativa del agua y por la elevada dependencia a fuentes externas. Sin embargo, generó nuevos riesgos asociados al hundimiento diferencial del subsuelo, entre los que destacan: el asentamiento y agrietamiento de los edificios, la ruptura de las redes de distribución de agua y drenaje, la inundación del centro del DF con aguas residuales ante alguna falla en el sistema de bombeo para desalojarlas, así como la contaminación de las aguas subterráneas por la infiltración de las aguas residuales y por los posibles agrietamientos de las arcillas del subsuelo (Mazari, 1996: 32) (véase el cuadro 2.8).

b. La importación de agua desde cuencas externas

El presidente Plutarco Elías Calles suspendió las concesiones de los manantiales del río Lerma en 1925, asegurando su disponibilidad para atender los requerimientos de agua de los capitalinos en un futuro. Comisionó al DDF para que realizara las gestiones necesarias con las comunidades localizadas en los alrededores de este río y adquiriera los derechos de aprovechamiento de las aguas del Lerma (Camacho, 1998: 274).

Esta dependencia firmó en 1929 con el pueblo de Atlapulco la cesión de derechos de cuatro manantiales del Lerma a cambio de instalarle las tuberías para introducir el servicio de agua y construir una escuela. Para 1930, los ingenieros Juan Villarello y Rafael Orozco iniciaron los estudios para la construcción de este sistema. Como en la negociación no se consideraron los pueblos aledaños que se beneficiaban del agua de esta fuente, surgieron diversos conflictos que siguen sin resolverse en la actualidad (Camacho, 1998: 275).

Fue hasta 1941, por el agotamiento de los manantiales de Xochimilco y el acelerado hundimiento de la ciudad cuando finalmente se aprobó el proyecto de importar agua desde la Cuenca del Lerma. Las obras comenzaron en 1942 y su inversión se estimó en 60 millones de pesos. Con esta medida se redujeron los riesgos relacionados con la escasez relativa de agua y con el hundimiento del terreno por la extracción intensiva de las aguas subterráneas. Pero tres décadas después, fue necesario importar agua de pozos localizados en el Estado de México y del caudal del Río Cutzamala.

b.1 Sistema Lerma

I. Primera etapa

La construcción del Sistema Lerma inició en 1942 y se inauguró en 1951. Con este sistema se abasteció al DF con 4 m³/seg de agua en su primera etapa por medio de las obras encaminadas a captar los manantiales de Almoloya del Río, Texcaltenco, Alta Empresa y Ameyalco, los cuales eran transportados por un acueducto de 60 km de longitud hacia los tanques de Dolores en Chapultepec (Camacho, 1998: 275-276). De igual forma, se construyó el túnel Atarasquillo-Dos Ríos por donde las aguas que fluían hacia el Pacífico, ahora ingresaban a la ciudad.

Un año después, con la excavación de 234 pozos adicionales, el caudal proveniente de los manantiales del Lerma llegó a ser de 13.1 m³/seg, favoreciendo el aumento en el consumo promedio por habitante en hasta 327 litros/día. Como en este periodo sólo 50% de la población contaba con el servicio de agua, las mejoras en la cobertura de este servicio se tradujeron en grandes presiones sobre las fuentes existentes; motivo por el cual, aunque en 1965 el volumen suministrado se incrementó a 13.7 m³/seg, el consumo promedio per cápita sólo ascendió a 330 litros/día (Academia de la Investigación Científica et al., 1995: 146).

II. Segunda etapa

Como la ciudad siguió creciendo aceleradamente, al igual que la demanda de agua de sus residentes, el DDF se vio en la necesidad de volver a negociar con el gobierno del Estado de México la excavación de nuevos pozos para aumentar los volúmenes extraídos de la Cuenca del Lerma; comprometiéndose a generar más tierras disponibles para las actividades agrícolas, construir carreteras, escuelas, clínicas de salud y redes para proporcionar los servicios de agua y drenaje a sus pobladores. Adicionalmente, entregarían a los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla y Atizapán de Zaragoza 1 m³/seg del volumen importado y permitirían la excavación de nuevos pozos en el Valle de Toluca para complementar la demanda de agua de su zona metropolitana (Tortolero, 2000: 107; Conagua y Semarnat, 2006: 8-9).

En 1974, el Sistema Lerma abastecía a la capital del país con aproximadamente 14 m³/seg. Como el volumen de agua extraída de los pozos del Valle del Lerma era superior a su recarga, sus localidades se vieron afectadas por el hundimiento diferencial del terreno, existiendo una transferencia de los riesgos de la ciudad a esta cuenca. La extracción intensiva del agua subterránea y el abatimiento de los acuíferos del Lerma no fue el único impacto ambiental que enfrentó esta unidad hidrológica; la silvicultura, la agricultura de temporal y la ganadería extensiva practicadas por los mexiquenses también aceleraron la deforestación y redujeron la recarga natural de sus acuíferos (Romero, 1994: 243).³¹

Ante las presiones del gobierno del Estado de México para resolver esta problemática, el caudal suministrado por este sistema comenzó a descender a gran velocidad, forzando a las autoridades federales y del DF a buscar otras fuentes alternativas para asegurar los requerimientos de agua de los capitalinos y de los habitantes de la ciudad de Toluca, iniciándose la excavación de nuevos pozos en los municipios mexiquenses y la construcción del Sistema Cutzamala.

Para el año 1990, el volumen de agua proveniente de la cuenca del Lerma se redujo a 5.3 m³/seg y el consumo promedio de agua por habitante disminuyó a 282 litros/día. Seis años más tarde, decreció aún más su suministro, llegando a ser de hasta 4.3 m³/seg; casi una cuarta parte de lo que se extraía en la década de los setenta. Pero desde fines del siglo XX, el agua importada de esta fuente a la capital se estabilizó en 5 m³/seg (Tortolero, 2000: 107).

Con el Sistema Lerma se redujeron los riesgos por la escasez relativa de agua y por el hundimiento del terreno de la ciudad. A pesar de ello, se incrementó la dependencia de esta entidad a fuentes externas y aceleró la transferencia de estos riesgos a las localidades ubicadas en la Cuenca del Lerma, además de favorecer la emergencia de conflictos por el agua en las comunidades de donde se extrae este

³¹ Aproximadamente 70% de la cubierta forestal del Valle del Lerma ha sido deforestada (Romero, 1994: 243).

recurso (véase el cuadro 2.8).

b.2 Plan de Acción Inmediata (PAI)

Una vez terminada la segunda etapa del Sistema Lerma, las autoridades federales excavaron 217 pozos al norte de la capital del país para complementar el volumen abastecido a las zonas metropolitanas de la Ciudad de México y de Toluca. A este proyecto se le denominó Plan de Acción Inmediata (PAI) y entró en operación en 1974. Los pozos que forman parte de este proyecto se ubican en los ramales de Tizayuca-Pachuca, Teoloyucan, Los Reyes, Reyes-Ecatepec, Tláhuac-Nezahualcóyotl, Mixquic-Santa Catarina y Texcoco-Peñón (Perló y González, 2005: 36).³²

En un inicio, la cantidad de agua extraída de estos pozos era de 4 m³/seg, alcanzando 15.1 m³/seg para 1990. Debido a la disminución de los niveles freáticos de estas fuentes, el Gobierno Federal decidió reducir sus aportaciones, las cuales a partir de 1998 se estabilizaron en 8.6 m³/seg. Del total del agua proveniente del PAI, 3 m³/seg se habían transferido al DF hasta 1997. Posteriormente, este volumen disminuyó a 1 m³/seg (Conagua y Semarnat, 2006: 9). Las cifras mencionadas pueden variar porque se desconoce la cantidad exacta de agua proveniente de esta fuente, ya que desde mediados de la década de los noventa, la Conagua delegó la gestión de algunos pozos del PAI a los gobiernos del DF y de los estados de México e Hidalgo, quienes son responsables de contabilizar el volumen que obtienen de los pozos que están a su cargo.

Al igual que con el Sistema Lerma, con el PAI, los riesgos por el hundimiento del terreno en la capital del país se redujeron con la importación de agua de fuentes ubicadas fuera de sus límites políticos, pero se incrementaron los que están asociados a la dependencia a fuentes externas, transfiriéndose parte de estos riesgos a los residentes de otras entidades fuera de su demarcación territorial, tal es el caso del hundimiento diferencial del subsuelo (véase el cuadro 2.8).

b.3 Sistema Cutzamala

Ante la reducción en el volumen abastecido por el Sistema Lerma y la necesidad del Gobierno Federal de garantizar la dotación de agua a los capitalinos, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) evaluó varias fuentes alternativas. Entre estas fuentes se encuentran: las cuencas del Papaloapan y del Cutzamala, los manantiales de Tepalcatepec y los ríos del Mezquital, Oriental-Libre, Alto Amacuzac, Tecolutla y Alto Balsas (Perló y González, 2005: 39). La Cuenca del Cutzamala fue considerada la mejor alternativa, dado que sus requerimientos de inversión eran menores y su cercanía al DF era mayor en comparación con el resto de las opciones analizadas. Sin embargo, ésta se localiza a 126 km de esta entidad y está a más de 1 200 m por debajo de ella (Conagua y Semarnap, 1997: 11).

³² El PAI está constituido por 217 pozos, 8 acueductos regionales con una longitud de 200 km, 6 plantas de bombeo y la planta potabilizadora Madín en el municipio de Naucalpan.

En 1975 se iniciaron las obras para aprovechar las aguas superficiales de esta cuenca, dividiéndose en cuatro etapas. Las primeras tres etapas fueron concluidas antes de que finalizará el siglo XX, pero la cuarta conocida como el Proyecto de Temascaltepec, se encuentra detenida por el rechazo de las comunidades de donde se importará el agua para ceder sus derechos de aprovechamiento a la capital del país (véase el cuadro 2.7).

Cuadro 2.7 Etapas del Sistema Cutzamala

Etapas	Operación	Características
1ra	1982	Se transportaron 4 m ³ /seg de agua almacenados en la presa Villa Victoria, mediante el túnel Atarasquillo-Dos Ríos, perteneciente al sistema Lerma.
2da	1985	Se abasteció a la ciudad con 6 m ³ /seg, que provenían principalmente de la presa de Valle de Bravo. Para ello, se construyó el túnel Analco-San José, cuya longitud asciende a 16 km. Este túnel es paralelo al de Atarasquillo-Dos Ríos.
3ra	1993	Se exportó agua de los caudales de las presas Colorines, Tuxpan y del Bosque. Aunque estas obras de infraestructura tienen la capacidad de trasladar hasta 19 m ³ /seg, sólo se extraen 16 m ³ /seg.
4ta	Detenida (programada para el año 2000)	Se estima que una vez finalizada esta etapa, conocida como Proyecto de Temascaltepec, el sistema tendrá una capacidad de transportar 24 m ³ /seg; pero sólo se extraerán 19 m ³ /seg. La inversión y los costos asociados a su construcción se calculan en 92 millones de dólares, cuatro veces más que el monto invertido en las etapas previas. Por lo pronto, esta etapa se encuentra detenida.

Fuente: Elaboración propia con base en Conagua y Semarnat (2006), Hacia una estrategia de manejo sustentable del agua en el Valle de México y su zona metropolitana, Conagua/Semarnat/WWC, México, pp.11.

Al igual que en el proyecto del Lerma, las autoridades federales compensaron a las zonas afectadas por la reducción en la disponibilidad de agua en sus comunidades con diversas obras y proyectos productivos como: infraestructura para la prestación de los servicios de agua y drenaje, escuelas, hospitales, centros deportivos y carreteras, entre otros tipos de equipamiento urbano (Frias, 2000: 42).

Tanto la Cuenca del Lerma como del Cutzamala, abastecen al DF y a algunos municipios conurbados de las zonas metropolitanas de la Ciudad de México (ZMCM) y de Toluca (ZMT); aunque la Cuenca del Cutzamala es la segunda fuente más importante de agua para la capital del país después del acuífero Valle de México.³³ Actualmente este sistema está constituido por 4 presas derivadoras (Tuxpan, Ixtapan del Oro, Colorines y Chilesdo), 3 presas de almacenamiento (El Bosque, Valle de Bravo y Villa Victoria), 6 plantas de bombeo, la planta potabilizadora Los Berros y un acueducto de 162 km (Conagua, 2008a: 81-82).

Con el Sistema Cutzamala se disminuyeron los riesgos que enfrentaban los capitalinos por la falta de agua para satisfacer sus necesidades de alimentación e higiene, pero se incrementaron los riesgos

³³ Entre los municipios de la ZMCM que también son abastecidos por medio de los sistemas Lerma y Cutzamala se identifican: Atizapán de Zaragoza, Huixquilucan, Naucalpan, Nicolás Romero, Tlanepantla, Cuautitlán Izcalli, Coacalco, Tultitlán, Ecatepec y Nezahualcóyotl. En el caso de los municipios de la ZMT se encuentran: Almoloya de Juárez, Lerma, Ocoyoacac y Toluca (Perló y González, 2005: 57-59).

atribuidos a la elevada dependencia de esta entidad a fuentes externas; además se transfirieron a los pobladores de las comunidades de donde se obtiene este recurso algunos riesgos como la escasez relativa del agua, la emergencia de conflictos, los hundimientos del subsuelo y el deterioro de sus ecosistemas (véase el cuadro 2.8).

2.2.3 Tratamiento y reuso de las aguas residuales

*El tratamiento y reuso de las aguas residuales y pluviales en el DF se ha caracterizado por ser muy limitado, incurriéndose en elevados costos de oportunidad por no aprovechar estas fuentes potenciales de agua que pueden satisfacer aquellas demandas que no requieren de una elevada calidad, así como reducir tanto la extracción de las aguas subterráneas como el volumen importado desde cuencas cada vez más lejanas.*³⁴

a. Tratamiento de las aguas residuales

*La primera planta de tratamiento en esta entidad, Chapultepec, se construyó en 1956 para regar las áreas verdes y llenar los lagos recreativos en Chapultepec. Al siguiente año fue construida la segunda planta de tratamiento, Ciudad Deportiva, cuya agua tratada ha sido utilizada para el riego. En 1959, se construyó la tercera planta de tratamiento, Coyoacán, la cual entró en operación para recargar los canales de Xochimilco. Fue a partir de la década de los setenta, cuando la infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales se expandió a varias delegaciones, siendo la mayoría de las plantas construidas en la actualidad de tipo secundario y terciario (INEGI, 2002: 123).*³⁵

Algunas de las plantas de tratamiento construidas durante la década de los setenta y ochenta son: Iztacalco en Iztacalco (1971), Cerro de la Estrella en Iztapalapa (1971), Bosques de las Lomas en Miguel Hidalgo (1973), Acueducto de Guadalupe en Gustavo A. Madero (1975), El Rosario en Azcapotzalco (1981) y San Luis Tlaxlaltemalco en Xochimilco (1989) (INEGI, 2002: 123-125).

En 1997, durante el gobierno de Ernesto Zedillo, la ZMCM obtuvo un crédito por 765 millones de dólares del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo de Cooperación Económica de Ultramar de Japón. Estos recursos estaban destinados a: 1) ampliar el sistema de drenaje de la Cuenca de México; 2) terminar la cuarta fase del Sistema Cutzamala para importar 5 m³/seg adicionales; 3) construir cuatro macro plantas de tratamiento para tratar la totalidad de las aguas residuales generadas en la ZMCM, cuyos nombres serían El Salto, Coyotepec, Tecamac y

³⁴ Aproximadamente 19 m³/seg de agua de los escurrimientos termina en el sistema de drenaje sin haber sido usados (Conagua y Semarnat, 2003: 41-42).

³⁵ El tratamiento de las aguas residuales consiste en la remoción y reducción de la concentración de contaminantes por medio de procesos físicos, químicos y biológicos. Los procesos de tratamiento pueden consistir en la separación de sólidos (tratamiento primario), materia orgánica disuelta en partículas coloides (tratamiento secundario), y materiales orgánicos e inorgánicos disueltos (tratamiento terciario y avanzado).

Nextlalpan,³⁶ y 4) realizar otras obras de infraestructura hidráulica relevantes (Perló y González, 2005: 30).

La construcción de estas cuatro macroplantas contribuirían en gran medida a preservar el equilibrio hídrico de la Cuenca de México, ya que con el agua tratada se complementaría el suministro del DF, se evitaría la contaminación de los cuerpos de agua utilizados para extraer el agua residual generada en esta entidad y se garantizaría su reuso seguro en el riego de vegetales y cereales. A pesar de todos estos beneficios y de contar con los recursos para realizar estas obras, los gobiernos del DF y los estados de México e Hidalgo no llegaron a ningún consenso sobre los montos que aportarían cada uno para pagar este crédito, cancelándose estos recursos por los que el Gobierno Federal ha tenido que pagar intereses aún sin haberlos destinado a ninguna obra.

b. Reuso de las aguas residuales

Las plantas Iztacalco y Cerro de la Estrella fueron las primeras plantas de tratamiento terciario construidas en el DF. El agua tratada producida por estas plantas ha sido utilizada para regar las áreas verdes en Iztacalco y la zona industrial de Iztapalapa, así como las zonas agrícolas y chinamperas en Tláhuac y Xochimilco (INEGI, 2002: 123-125).

El incremento en la calidad del agua con los procesos terciarios de tratamiento permitió el reuso del agua tratada de la planta del Cerro de la Estrella (a partir de 1992) en la recarga artificial del acuífero en la Sierra de Santa Catarina como una medida para desacelerar la velocidad de hundimiento del terreno (Merino, 2000: 349). Sin embargo, en la actualidad no sólo el agua tratada producida por esta planta es utilizada en la recarga artificial del acuífero, también la que es tratada en la delegación Tláhuac, en las plantas San Lorenzo y El Llano³⁷ (construidas en 1998) (INEGI, 2002: 123-125).

El aprovechamiento del agua residual y el reuso del agua tratada formaron parte de las NOM en 1993. Mientras la NTE-CCA-032-ECOL-1993 regulaba los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales generadas, la NTE-CCA-033-ECOL-1993 definía las condiciones bacteriológicas para el uso en el riego agrícola de las aguas residuales municipales. Ambas normas, junto con las que se relacionaban con las descargas industriales, fueron remplazadas por la NOM-001-ECOL-1996, en donde se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales al alcantarillado (Calderón, 2002: 10).

³⁶ La planta de El Salto, trataría las aguas residuales y pluviales recolectadas por medio del Emisor Central; la de Coyotepec, las provenientes del Emisor Poniente, y la de Nextlalpan, las descargas del Gran Canal del Desagüe. Para la construcción de estas macroplantas, se creó un fideicomiso conocido como el Fideicomiso 1928.

³⁷ La planta de tratamiento El Llano por el momento se encuentra fuera de servicio (INEGI, 2002: 125).

Fue hasta el año 1997, cuando en la NOM-003-ECOL-1997 se empezó a regular el reuso del agua tratada, definiéndose los límites máximos de contaminantes permitidos para su reuso en los servicios al público, asociados con la presencia de coliformes fecales, huevos de helminto, metales pesados y cianuros. Sin embargo, estas normas no hacen mención sobre las características que debe tener el agua residual tratada para que sea utilizada en la recarga de los acuíferos. Por ello, aunque desde 1992 ya se utilizaban las aguas residuales tratadas para reabastecer el acuífero Valle de México (Merino, 2000: 349), previo a la reforma a la Ley de Aguas Nacionales en 2004, la infiltración artificial del agua residual no era reconocida en el marco normativo que regula la gestión del agua como una alternativa para desacelerar el abatimiento de las aguas subterráneas.

El agua residual también se ha reusado en el riego de vegetales y cereales en el estado de Hidalgo. Desde la construcción del Gran Canal del Desagüe, las aguas residuales extraídas de la capital del país se han vertido en el Valle del Mezquital y en el Valle de Tula sin recibir un tratamiento previo. Este caudal ha sido aprovechado por varios distritos y unidades de riego, convirtiéndose esta zona agrícola en el principal productor del Estado de Hidalgo en cultivos como: alfalfa, sorgo, cebada, avena, frijol, trigo, maíz, tomate, calabacita, espinaca, chile, zanahoria, betabel, ajo, cebolla, cilantro, duraznos y chabacanos (Romero, 1994: 248); destacan por su productividad y tamaño, los distritos de riego 03, 088 y 100 (Conagua y Semarnat, 2006: 12).

Desde que estos cultivos se riegan con aguas residuales, el rendimiento por hectárea se ha incrementado casi cuatro veces, al igual que el volumen producido. Tan solo en el cultivo del maíz, su rendimiento pasó de 2 a 5 ton/ha; de cebada de 2 a 4 ton/ha; de tomate de 18 a 35 ton/ha; de avena de 12 a 22 ton/ha y de alfalfa de 70 a 120 ton/ha (Esteller, 2000: 319). Por este motivo, los agricultores se niegan a dejar de utilizar las aguas crudas, cuyos elevados contenidos en materia fecal se han convertido en un fertilizante muy eficiente. Además de las elevadas densidades de bacterias coliformes fecales que varían entre 4.9×10^8 y 1.3×10^9 NMP/100 ml, las aguas residuales también contienen: detergentes sintéticos, metales (como boro, cadmio, cromo, níquel, zinc y plomo) y compuestos químicos (por ejemplo, sulfatos, fenoles y sulfuros) (Romero, 1994: 248, 250-251; Esteller, 2000: 312).

La NOM-001-ECOL-1996 define los límites máximos permisibles de los contaminantes promedio por mes que pueden tener las aguas residuales utilizadas para el riego de verduras y legumbres que se comen crudas (riego restringido): la DBO₅ no debe ser superior a 150 mg/l; la densidad de nitrógeno y fósforo total no debe ser mayor a 40 y 20 mg/l respectivamente, y sólo deben tener hasta un huevo de helminto por litro. Sin embargo, las aguas residuales utilizadas para el riego agrícola en el Valle del Mezquital superan estos estándares en todos los rubros. Por ejemplo, el agua residual extraída del

Emisor Central, tiene una DBO₅ de 427 mg/l; 27 huevos de helminto por litro; 17 mg/l de nitratos y 5 mg/l de fosfatos (Esteller, 2000: 303-304).

Esta situación incrementa la exposición de los agricultores y consumidores de productos agrícolas regados con aguas residuales a contraer enfermedades parasitarias hidrotansmisibles. Prueba de lo anterior, es que la tasa de morbilidad del grupo de población de 0 a 4 años de edad por ascarias lumbricoides aumenta de 2.7 a 15.3, cuando se utilizan las aguas residuales para regar los cultivos en lugar de agua de primer uso; para el grupo de 5 a 14 años este incremento es aún mayor, pasando de 1.0 a 16.1. En el caso de la guardia lamblia, la tasa de morbilidad por el uso de las aguas residuales en el riego agrícola aumenta en el grupo de edad de 0 a 4 años, de 13.5 a 13.6; mientras que para el grupo de 5 a 14 años, de 9.2 a 9.6. Finalmente, la tasa de morbilidad asociada a la emtamoeba hystolitica se incrementa para el grupo de 5 a 14 años, de 12.0 a 16.4; y para los mayores de 15 años de edad, de 13.8 a 16.0 (Esteller, 2000: 319). Adicionalmente, el reuso de las aguas residuales en el riego puede contaminar los suelos, así como las aguas superficiales y subterráneas (véase el cuadro 2.8)

Cuadro 2.8 Riesgos relacionados con el agua y sus obras para mitigarlos en el siglo XX

Tipo de riesgo	Obra hidráulica	Problema que resolvió	Riesgos generados
Riesgos ante inundaciones	*Drenaje Profundo *Drenaje Semiprofundo *2do túnel de Tequixquiac	*Se redujeron tanto las pequeñas inundaciones como las de gran magnitud, que mantenían a la capital del país bajo el agua por varios meses.	*Riesgos a la salud por el reuso del agua residual en el riego *Riesgos ambientales por la contaminación del suelo y del agua (superficial y subterránea)
Riesgos por la falta de agua	*Sistema Lerma *PAI *Sistema Cutzamala *Pozos *Plantas de tratamiento	*Se incrementó el suministro a los capitalinos, disminuyendo los riesgos por la falta de agua (en cantidad y con la calidad requerida) para satisfacer sus necesidades básicas	*Incremento en la dependencia a fuentes lejanas *Generación de conflictos por el agua *Aumento en el hundimiento del subsuelo *Transferencia de riesgos como la escasez relativa del agua y los hundimiento del terreno a otras comunidades fuera del DF
Riesgos derivados del hundimiento diferencial del suelo	*Sistema Lerma *PAI *Sistema Cutzamala *Plantas de tratamiento	*Se desaceleró el hundimiento del terreno, reduciéndose los impactos negativos en las redes de drenaje y suministro de agua *Se disminuyeron los agrietamientos en las arcillas del subsuelo por la pérdida de humedad	*Aumento en la dependencia a fuentes externas *Generación de conflictos por el agua *Transferencia de riesgos como la escasez relativa del agua y los hundimiento del terreno a los lugares donde se extrae el agua *Exposición a inundaciones con aguas residuales por fallas en el sistema de bombeo *Fracturas en las redes de suministro de agua y drenaje *Contaminación del acuífero por la

Tipo de riesgo	Obra hidráulica	Problema que resolvió	fractura de sus capas de arcilla Riesgos generados
Riesgos a la salud	*Las mejoras en la cobertura de los servicios de agua y drenaje *Plantas de tratamiento	*Se disminuyeron los riesgos a la salud por la escasez relativa del agua y la falta de drenaje *Se redujeron poco, por el bajo tratamiento, los riesgos a la salud por el consumo de alimentos regados con aguas residuales, al igual que los riesgos ambientales por la contaminación	

Fuente: Elaboración propia con base en Conagua (2008b: 1-2), Conagua y Semarnat (2006: 10), Perló y González (2005: 36), López (2004: 154-157), Conagua y Semarnat (2003: 38), INEGI (2002: 123-125), Escalante et al. (2002: 233), Tortolero (2000: 107), Esteller (2000: 303-319), Perló (1999: 271), Camacho (1998: 274-275), Mazari (1996: 32), Academia de la Investigación Científica et al. (1995: 140-141) y Romero (1994: 243-251).

Bajo este contexto, algunas de las obras hidráulicas construidas a lo largo del siglo XX lograron reducir la intensidad y frecuencia de ciertos riesgos relacionados con el agua; otras intensificaron o generaron nuevos riesgos que fueron prácticamente desconocidos, o por lo menos no conocidos de manera formal hasta mediados del siglo XX (véase el cuadro 2.9).

Cuadro 2.9 Infraestructura hidráulica en el Distrito Federal en el siglo XX

Infraestructura para el suministro de agua	
Periodo	Obra de Infraestructura
1942	*Se iniciaron las obras para captar los manantiales del río Lerma
1951	*Entró en operación la primera etapa del Sistema Lerma
1952	*Se construyó el túnel Atarasquillo-Dos Ríos para importar agua del río Lerma
1974	*Entró en operación la segunda etapa del Sistema Lerma
	*Entró en operación el Plan de Acción Inmediata
1975	*Se inician las obras del Sistema Cutzamala
1982	*Entró en operación la primera etapa del Sistema Cutzamala
1985	*Entró en operación la segunda etapa del Sistema Cutzamala
	*Se construyó el túnel Analco-San José
1993	*Entró en operación la tercera etapa del Sistema Cutzamala
Infraestructura para el drenaje	
Periodo	Obra de Infraestructura
1947	*Se finalizó la construcción del segundo túnel de Tequixquiac
1961	*Se construyeron el Interceptor y Emisor del Poniente
1967	*Se inició la construcción del Drenaje Profundo
1975	*Se inauguró la primera etapa del Drenaje Profundo con el emisor central
	*Se construyeron los interceptores oriente y central
1976-1981	*Se amplió el interceptor central y se construyó el interceptor centro-poniente
1982-1988	*Se construyó el colector semi-profundo Iztapalapa
1992	*Entró en operación el primer tramo del interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco
1993	*Se iniciaron los trabajos para el entubamiento del Gran Canal

Fuente: Elaboración propia con base en Conagua (2008b: 1-2), Conagua y Semarnat (2006: 10), Perló y González (2005: 36), López (2004: 154-157), Conagua y Semarnat (2003: 38), INEGI (2002: 123-125), Escalante et al. (2002: 233), Tortolero (2000: 107), Esteller (2000: 303-319), Perló (1999: 271), Camacho (1998: 274-275), Mazari (1996: 32), Academia de la Investigación Científica et al. (1995: 140-141) y Romero (1994: 243-251).

En su momento, estas obras fueron consideradas como las mejores decisiones, por ende, no pueden calificarse como ineficaces para reducir la exposición de la población a los riesgos que enfrentaban;

no así en el caso de algunas medidas implementadas en la actualidad, las cuales aún sabiendo los impactos que tienen sobre la población o su entorno, siguen realizándose. Por ejemplo, la extracción de las aguas subterráneas en un volumen superior a su capacidad de recarga, siendo el acuífero Valle de México la principal fuente de abastecimiento de agua para el DF y su zona metropolitana. Lo anterior, a pesar de ser del conocimiento de las autoridades responsables que esta práctica acelera la velocidad de hundimiento del terreno, favorece la pérdida de pendiente de las redes de drenaje y expone a la capital del país a ser inundada con aguas negras ante la falla de alguno de los elementos que constituye esta infraestructura. La excesiva extracción de las aguas subterráneas también ha disminuido la humedad en el subsuelo, causando que en éste aparezcan grietas que cada vez tardan más tiempo en cerrarse en las capas arcillosas del acuífero, exponiéndolo a que se contamine directamente por la infiltración de las aguas residuales.

Otro claro ejemplo, es el desalojo de las aguas residuales generadas en la ciudad sin un tratamiento previo. Esta situación ha deteriorado los cuerpos de agua utilizados para trasladarlas al mar, en cuyos caudales las densidades de bacterias coliformes, huevos de helminto, arsénico, metales (cadmio, cromo, mercurio, níquel, zinc o plomo), nitratos y fosfatos, exceden los límites permisibles definidos en la NOM-001-ECOL-1996 que garantizan su aprovechamiento y consumo seguro. Asimismo, pone en riesgo la salud de los agricultores que utilizan aguas residuales para regar sus cultivos y de los consumidores de estos productos agrícolas.

2.3 Los servicios de agua y drenaje en la actualidad

Con el fin de hacer un balance para determinar si el DF está más expuesto en la actualidad a los riesgos asociados con problemas en el suministro de agua, en el cumplimiento de los estándares de calidad y en la disposición de las aguas residuales en comparación con épocas previas; en este apartado se analiza la situación actual en que se encuentra la prestación de estos servicios, así como los riesgos a los que están expuestos sus habitantes.

2.3.1. Suministro de agua

El DF es abastecido con 35.1 m³/seg de agua de varias fuentes. Estas fuentes ya sea que se encuentren dentro de su territorio, se localicen en la Cuenca de México pero fuera de sus límites político-administrativos o se ubiquen fuera de la cuenca. Los pozos que están en el territorio del DF son la principal fuente de abastecimiento de agua para la capital, de donde se obtienen 13.3 m³/seg (37.89% del volumen total proporcionado). Sin embargo, de las fuentes internas al DF proviene 41.60% del suministro total; mientras que de las fuentes externas a la capital del país se obtiene 58.40% del caudal restante: 5.5 m³/seg (15.66% del total) son extraídos de fuentes internas a la Cuenca de México y 15 m³/seg (42.74% del total) de las fuentes externas a la cuenca (véase el cuadro 2.10).

El DF recibe un volumen de 16.6 m³/seg de 367 pozos, cifra que representa 47.3% del total del caudal suministrado. La mayoría se concentran en las delegaciones Xochimilco (64 pozos), Coyoacán (59 pozos) y Tlalpan (57 pozos). No todos los pozos operados por el GDF mediante el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) están localizados en su territorio, aproximadamente 52 de ellos (14.17% del total) se ubican en el Estado de México y algunos forman parte del PAI, pero fueron entregados por la Conagua al GDF para su administración (INEGI, 2002: 90).

Asimismo, recibe 2.2 m³/seg del PAI, 5 m³/seg del Sistema del Lerma y 10 m³/seg del Sistema Cutzamala; siendo este último la segunda fuente de suministro de agua más importante para esta entidad con una dotación de 28.5% del caudal total recibido. En tercer lugar, está el Sistema Lerma con un suministro que asciende al 14.3% del total (véase el cuadro 2.10). Para traer el agua de estas cuencas, ésta tiene que ser trasladada casi 127 km y bombeada cerca de 1 100 m de altura, requiriéndose una gran cantidad de electricidad. Mientras que el PAI y el Sistema Cutzamala son operadas por las autoridades federales, el resto de las fuentes están a cargo del SACM.

Cuadro 2.10 Fuentes y caudal suministrado al Distrito Federal

Tipo de Fuente	Fuente	Dependencia encargada	Caudal (m ³ /seg)	Proporción (%)
Internas al DF	Pozos	SACM	13.3	37.89
	Manantiales y pozos particulares	SACM	1.3	3.70
	Subtotal	-	14.6	41.60
Internas a la cuenca, externas al DF	Pozos localizados en los municipios conurbados del Estado de México	SACM	3.3	9.40
	PAI para el Valle de México	OCVM*	2.2	6.26
	Subtotal	-	5.5	15.66
	Subtotal	-	20.1	57.6
Externas a la Cuenca de México	Sistema Lerma	SACM	5.0	14.25
	Sistema Cutzamala	OCVM*	10.0	28.49
	Subtotal	-	15.0	42.74
	Total	-	35.1	100.00

* Con las modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en 2004, esta Gerencia Regional es conocida con el nombre de Organismo de Cuenca de Aguas del Valle de México.

Fuente: Perló Cohen, Manuel y Arsenio Ernesto González Reynoso (2005), ¿Guerra por el agua en el Valle de México?: Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México, México, PUEC/UNAM/Friedrich Ebert Stiftung, pp. 59.

El volumen importado por el Sistema Lerma no sólo abastece con 5 m³/seg de agua a los habitantes del DF, también suministra 6.082 m³/seg a algunos municipios conurbados de la ZMCM y 2.163 m³/seg a la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT). Por lo tanto, los municipios de la ZMCM son los más beneficiados del agua extraída de esta cuenca, dado que reciben 46% de su caudal total. Por su parte, el Sistema Cutzamala abastece al DF con 10 m³/seg, a los municipios de la ZMCM con 5.7 m³/seg y a los de la ZMT con 0.839 m³/seg; destinando 60% de su caudal al DF (véase el cuadro 2.11).

Cuadro 2.11 Caudal suministrado por el Sistema Lerma y el Sistema Cutzamala

Entidad	Lerma (m ³ /seg)	Proporción (%)	Cutzamala (m ³ /seg)	Proporción (%)	DF (m ³ /seg)	Proporción (%)	Total (m ³ /seg)
Distrito Federal	5.00	38	10.00	60	20.10	43	35.1
Municipios de la ZMCM	6.08	46	5.70	34	26.20	57	37.98
Municipios de la ZMT	2.16	16	0.84	5	0.00	0	3.00
Total	13.24	100	16.54	100	46.30	100	76.08

Fuente: Perló Cohen, Manuel y Arsenio Ernesto González Reynoso (2005), *¿Guerra por el agua en el Valle de México?: Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*, México, PUEC/UNAM/Friedrich Ebert Stiftung, pp. 59-65.

Por lo pronto, el agua subterránea continúa siendo la principal fuente de abastecimiento para satisfacer los requerimientos de los habitantes del DF, aunque son conocidos los impactos derivados de su extracción intensiva. Esta situación pone en evidencia que la gestión del agua está siendo incongruente con la mitigación de estos riesgos, además de que esta entidad no es autosuficiente para atender los requerimientos de agua de sus habitantes (véase el cuadro 2.24).

Se espera que su dependencia a fuentes lejanas aumente cada vez más tanto por el abatimiento de las aguas subterráneas del acuífero Valle de México como por la transferencia de 2.5 m³/seg del Sistema Cutzamala que le serán restados al volumen actual suministrado, cuando se finalice el Microcircuito que se está construyendo desde el año 2006 en el Estado de México,³⁸ así como por la disminución de 1 m³/seg del caudal proveniente del Sistema Lerma, que le será proporcionado a los municipios de la ZMT para atender el aumento en su demanda de agua.

Incrementar la importación de agua del Sistema Lerma es una opción poco viable por el deterioro que experimenta esta cuenca a causa de la sobreexplotación de sus acuíferos. Tampoco es aconsejable obtener un mayor volumen de los acuíferos de la Cuenca de México, debido a que se aceleraría el hundimiento del territorio del DF. Adicionalmente, la construcción de la cuarta etapa del Sistema Cutzamala se encuentra detenida por el rechazo de las comunidades a negociar la cesión de sus derechos de aprovechamiento del agua a favor de capital del país. Con la realización del proyecto de Temascaltepec se calcula que se podría incrementar la dotación de agua que reciben los capitalinos de esta cuenca a 19 m³/seg, aunque su capacidad nominal ascendería a 24 m³/seg.

Ante esta situación, las autoridades están analizando diversos proyectos alternativos para complementar los requerimientos de agua de los capitalinos, importando este recurso desde los estados de México, Hidalgo, Puebla y Veracruz, ya sea de la cuenca del Papaloapan, los manantiales

³⁸ La transferencia de este volumen del suministro a los municipios mexiquenses fue convenida por el Gobierno Federal, el GDF y GEM.

de Temascaltepec, el acuífero Libres-Oriental o los ríos del Mezquital, Amacuzac, Tecolutla y el Alto Balsas. Las opciones consideradas más viables son el proyecto Tecolutla y el proyecto Amacuzac. En el primer proyecto, se captaría un caudal de 14.6 m³/seg del río Tecolutla con un costo de 13 770 mil millones de pesos. En el segundo, se extraerían 13.5 m³/seg del río Amacuzac por medio de las presas Chontalcuatlán y Totolmajac, requiriéndose una inversión de 10 390 millones de pesos (Conagua y Semarnat, 2006: 28).

Cualquiera de estas propuestas necesitará de una intensa negociación por la oposición de las comunidades para transferir agua desde sus fuentes, por ende, la búsqueda por complementar los requerimientos de agua de los capitalinos ha generado nuevos conflictos por este recurso, además de intensificar los que previamente existían (véase el cuadro 2.24).

Aunque la capital del país cuenta con una de las mayores infraestructuras y equipamiento para la prestación del servicio de agua, no todos sus habitantes reciben este servicio de manera continua. El DF cuenta con: 1 030 km de red primaria conectada a los grandes ductos del sistema de distribución, 12 290 km de red secundaria conectada a las tomas domiciliarias, 254 plantas de bombeo, 34 plantas potabilizadoras con una capacidad de 5.8 m³/seg, además de acueductos, líneas de conducción, tanques de almacenamiento y regulación, pozos, estaciones para medir la presión del agua y estaciones para el monitoreo de los parámetros de la calidad del agua (véase el cuadro 2.12).

Cuadro 2.12 Infraestructura hidráulica para el suministro de agua en el Distrito Federal

Tipo de Infraestructura	Cantidad	Tipo de Infraestructura	Cantidad
Red primaria (kilómetro)	1 031.23	Manantiales	68
Red secundaria (kilómetro)	12 287.37	Tanques de almacenamiento y regulación	295
Planta de bombeo	254	Líneas de conducción y acueductos (km)	514
Pozos	972	Estaciones medidoras de presión	56
Plantas potabilizadoras	34	Estaciones de monitoreo de calidad	28
Capacidad de potabilización (m ³ /seg)	5.8	Acueducto Perimetral (km)	34

Fuente: Elaboración propia con información de las Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana (2002) y del Anuario Estadístico del Distrito Federal (2003).

Indudablemente suministrar un volumen de agua suficiente a los capitalinos y que cumpla con los estándares de calidad, constituye un gran reto que requiere tanto redefinir como diseñar nuevas estrategias de gestión, capaces de promover un uso más eficiente del agua, además de evitar el deterioro de las fuentes de donde se obtiene. Asimismo, es indispensable evitar la transferencia de riesgos del DF a otras comunidades ubicadas fuera de su demarcación territorial, asociados a una mayor escasez relativa de este recurso, al deterioro de la calidad de sus fuentes y al hundimiento diferencial del terreno por el abatimiento de los niveles piezométricos de sus acuíferos (véase el cuadro 2.24).

2.3.2 Problemas en el suministro

a. Extracción intensiva de los acuíferos

La extracción del agua subterránea en un volumen superior a la recarga de los acuíferos de la Cuenca de México ha deteriorado su calidad e incrementando la exposición de la población a riesgos a la salud por la movilización de las aguas fósiles concentradas en sus partes bajas con importantes densidades de metales pesados (INEGI, 2002: 88). De igual forma, ha acelerado el hundimiento diferencial del subsuelo del DF,³⁹ modificando el flujo natural del sistema de drenaje, incrementando la frecuencia de las inundaciones,⁴⁰ provocando la ruptura de una gran cantidad de tuberías para el suministro de agua y de la red de drenaje y amplificando las ondas sísmicas por la pérdida de humedad del subsuelo (véase el cuadro 2.27).

Un riesgo que recientemente se ha estudiado es la posible contaminación del acuífero Valle de México por la infiltración directa de las aguas residuales con densidades elevadas de bacterias coliformes fecales, metales pesados (como cromo, plomo, níquel, cadmio, mercurio), arsénico y cianuro, ante la aparición de grietas en las capas arcillosas del subsuelo asociadas a la pérdida de humedad del suelo (Semarnat, 2006: 1-3) (véase el cuadro 2.27). Hasta el momento, las grietas que han aparecido se han cerrado de manera natural, pero este proceso se ha vuelto cada vez más lento existiendo la posibilidad que queden abiertas (Mazari, 1996: 32, 61-62).

Aunque hidrológicamente existe una conexión entre los acuíferos de la Cuenca de México, por lo que su análisis puede realizarse como una sola unidad. Sin embargo, por la explotación intensiva de esta fuente, se dividió en siete unidades administrativas. Actualmente, la extracción de las aguas subterráneas en la Cuenca de México es 2.6 veces mayor a la recarga natural de los acuíferos; ascendiendo a 2 071 hm³/año su extracción en comparación con una recarga de 788 hm³/año, estando en una situación de sobreexplotación con un volumen de 1 283 hm³/año (Conagua, 2002: 36).

No todos los acuíferos en esta cuenca se ven afectados por una extracción intensiva, sólo en cuatro de ellos el volumen explotado supera sus niveles de recarga: el acuífero Texcoco, el acuífero Cuautitlán-

³⁹ Los hundimientos más severos se identifican en el centro del DF, en zonas cercanas al Aeropuerto de la Ciudad de México, y a lo largo tanto del Gran Canal como del Río Churubusco; afectando a las delegaciones centrales, Azcapotzalco, Iztapalapa y Xochimilco (DDF, 1997: 4-20 y 4-21).

⁴⁰ Durante el terremoto de 1985, se abrió una enorme grieta en el subsuelo del lago de Xochimilco por donde millones de litros de aguas residuales se filtraron al manto acuífero (Simon, 1997: 66).

Pachuca, el acuífero Valle de México y el acuífero Chalco-Amecameca. En el caso del acuífero Valle de México, el volumen extraído (507.36 hm³/año) es casi el doble de su recarga (279.1 hm³/año); pero en peor situación está el acuífero Texcoco, en donde esta cifra es 9 veces superior con un volumen extraído de 465.36 hm³/año con relación a 48.63 hm³/año infiltrados (Semarnat, 2008: 9) (véase el cuadro 2.13).⁴¹

Cuadro 2.13 Volúmenes de recarga y extracción en los acuíferos de la Cuenca de México

Acuífero	Volumen de recarga (Hm ³ /año)	Volumen extraído (Hm ³ /año)	Índice de sobreexplotación
<i>Chalco-Amecameca</i>	<i>74.05</i>	<i>128.38</i>	<i>1.73</i>
<i>Valle de México</i>	<i>279.1</i>	<i>507.36</i>	<i>1.82</i>
<i>Texcoco</i>	<i>48.63</i>	<i>465.36</i>	<i>9.57</i>
<i>Cuautitlán-Pachuca</i>	<i>203.1</i>	<i>483.31</i>	<i>2.38</i>

¹ El índice de sobreexplotación mide la relación que existe entre la cantidad de agua extraída con respecto a la que se infiltra de manera natural para la recarga de los acuíferos.

Fuente: Semarnat (2008), Volumen de recarga y extracción de acuíferos sobreexplotados: Compendio 2008. México, Semarnat/Conagua-Gerencia de Aguas Subterráneas.

La recarga natural del acuífero Valle de México se realiza en las zonas donde se localizan las elevaciones más importantes de la Cuenca de México al sur y poniente del DF, principalmente en la Sierra del Chichinautzín, la Sierra de las Cruces, las barrancas y la Sierra Santa Catarina en las delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón e Iztapalapa (INEGI, 2002: 55, 88). Estas delegaciones se consideran las más apropiadas para realizar la recarga artificial dado que en sus territorios se reportan los mayores niveles de abatimiento. Sin embargo, el hundimiento del terreno en el DF se presenta al oriente y nororiente de esta entidad, en las delegaciones Iztacalco, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Xochimilco, en donde fluctúa entre 26 y 30 cm/año (GDF, 1997: 4-20 y 4-21).

b. Fugas

En el caso de las fugas, las autoridades han realizado considerables esfuerzos para su detección y control, pero los resultados obtenidos no han sido los esperados. La ciudad pierde 38% del volumen que recibe por este problema en el suministro; cifra que equivale a 13.3 m³/seg. Este volumen es superior a la cantidad de agua extraída de cualquiera de las fuentes que abastecen al DF (Conagua y Semarnat, 2006: 25).

De acuerdo con la base de datos del SACM (2007) sobre el número de fugas reportadas y el volumen perdido, las fugas reportadas y reparadas en este año ascienden a 20 mil/año; estiman que aproximadamente 60% ocurre en las tomas domiciliarias y 40% en las redes de distribución. Por consiguiente, la recuperación de una proporción importante del caudal perdido depende en gran

⁴¹ Los otros acuíferos son: Tecomulco, Soltepec y Apan.

medida de la participación de la población para reportar las fugas en sus tomas y para repararlas (véase el cuadro 2.14). Sin embargo, se desconoce la cantidad exacta de fugas ocurridas, ya que muchas no son visibles.

El INEGI (2002: 94) estima que en cada fuga se dejan de aprovechar entre 0.0187 y 0.0672 litros/seg, con lo que se podría dotar a cada capitalino con 109 litros/día adicionales. Este problema en el suministro se explica en 61% por la profundidad en que se encuentran las redes de distribución, el tipo de suelo y los hundimientos diferenciales; en 22% por el estado en que se encuentran las tomas domiciliarias, y en 17% por el material, la edad y las variaciones en las presiones de las tuberías. Una gran proporción de estas redes tienen más de 50 años de antigüedad, concentrándose en las delegaciones centrales. En la zona norte algunas tienen una edad que varían entre 15 y 55 años, en la zona centro-oriente fluctúa entre 5 y 15 años, y sólo en algunas áreas al sur de esta entidad tienen menos de 5 años (GDF, 1997: 2-16).

En el DF más de 90% de sus redes primarias y secundarias para el suministro de agua fueron construidas con asbesto y cemento, que es un material caracterizado por ser poco flexible. El uso de este tipo de material, aunado al hundimiento diferencial del terreno, ha provocado que las tuberías de la red primaria (50 - 326 cm \approx 19.60 - 128.35 pulgadas) y de la red secundaria (menores a 50 cm \approx menor a 19.60 pulgadas) se fracturen, causando fugas de una gran variedad de diámetros que van desde ½ hasta 72 pulgadas (SACM, 2008).

Si se captara el volumen que se pierde en las fugas no sería necesario explotar los acuíferos más allá de su capacidad natural de recarga, además que tampoco se requeriría importar más agua desde fuentes cada vez más lejanas, mitigándose los riesgos producidos por el hundimiento diferencial del subsuelo, la dependencia a fuentes externas y la escasez relativa de este recurso (véase el cuadro 2.24). Prueba de ello, es que si las fugas se redujera a la mitad, la dotación de agua a los capitalinos podría aumentar en 6.65 m³/seg, este volumen es mayor al que proviene del Sistema Lerma (véase el cuadro 2.14).

Cuadro 2.14 Caudal perdido en el Distrito Federal

				Volumen perdido (m ³ /seg)	Proporción (%)
Caudal total (m ³ /seg)	Volumen perdido (m ³ /seg)	Proporción (%)	Tomas domiciliarias	18.0	60.0
35.1	13.3	38	Redes de distribución	5.3	40.0

Fuente: Elaborado con base en la base de datos sobre el volumen perdido y el número de fugas registradas en el año 2007 por el SACM, Conagua y Semarnat (2006: 25), Perló y González (2005: 64-65) e INEGI (2002:94).

Con el fin de reducir estas pérdidas, las autoridades implementaron el Programa de Recuperación de Aguas (RECUPERA), que forma parte del Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010. Entre los objetivos de este programa se encuentran: reducir las fugas mediante su detección y la

sustitución de las redes primarias y secundarias que se encuentren en mal estado, así como mejorar el sistema de válvulas de la red para evitar variaciones en la presión de la red de distribución.

Hasta el momento, los resultados de este programa han sido favorables, ya que en el año 2002 se habían recuperado 2.63 m³/seg. Esto fue posible por la detección y reparación fugas (30 649 fugas no visibles, 6 749 fugas en la red y 52 363 fugas en las tomas domiciliarias), la rehabilitación de 1 087.2 km de tubería en la red secundaria, así como la sustitución de 133 953 ramales y 8 352 válvulas (INEGI, 2002: 101). Se espera que con este programa se reduzcan las pérdidas de agua por fugas de 38 a 24% con respecto al suministro total (GDF, 1997: 5-3).

c. Calidad del agua

Las aguas superficiales suelen requerir de procesos de desinfección y cloración, porque en ellas se pueden encontrar bacterias coliformes provenientes del polvo y heces fecales que viajan en el aire o en las aguas residuales vertidas en estas corrientes. Con base en el Índice de Calidad del Agua (ICA), desarrollado por la Conagua para evaluar la calidad de las aguas superficiales en el país, el cual está constituido por 18 parámetros físicos (como temperatura, turbiedad, color, acidez), químicos (que incluyen la DBO₅, la DQO, nitratos, nitritos, amoníaco, fosfatos y metales pesados) y bacteriológicos (por ejemplo, los coliformes totales, coliformes fecales y huevos de helminto), 70% de las aguas superficiales de la Cuenca de México están altamente contaminadas, 20% contaminadas y sólo 10% poco contaminadas. La única corriente superficial que se reporta como no contaminada es el río Magdalena a la altura del cuarto dinamo (INEGI, 2002: 111).

En el pasado, las aguas subterráneas no requerían de un proceso de desinfección o tratamiento porque solían tener una buena calidad. Sin embargo, su calidad se ha reducido, obligando a las autoridades a instalar plantas potabilizadoras al pie de los pozos, como resultado del hundimiento del terreno, la extracción intensiva de las aguas subterráneas, además de la infiltración de las aguas residuales por la ruptura de las redes de drenaje y de los lixiviados generados en los tiraderos de basura al aire libre.⁴²

El agua proporcionada a la población debe cumplir con la NOM-012-SSA1-1993, la NOM-127-SSA1-1994, la NOM-179-SSA1-1998 y la NOM-230-SSA1-2002. Estas normas no son equivalentes a las normas internacionales, por ende, los rangos que definen como permisibles pueden no coincidir con los estipulados en otros países. La NOM-012-SSA1-1993 establece las características que deben tener el equipamiento e infraestructura para la captación, conducción y almacenamiento del agua para

⁴² Este fenómeno ha afectado en mayor medida a la población de la delegación Iztapalapa, en donde se encuentran instaladas 23 de las 34 plantas potabilizadoras del DF. Se espera que antes de que finalice esta década estarán operando tres plantas potabilizadoras más en esta delegación.

evitar su contaminación. Asimismo, menciona las medidas preventivas y de control sanitario para preservar la calidad bacteriológica del agua por medio de su desinfección continua.

Por su parte, la NOM-179-SSA1-1998, define el número de muestras que se requieren para realizar un análisis de las concentraciones de cloro residual y un análisis microbiológico. De acuerdo con esta norma, el agua en la red de distribución debe contener una densidad de cloro residual libre entre 0.2 y 1.5 mg/l, además de no presentar bacterias coliformes fecales.

En el caso de la NOM-127-SSA-1-1994, ésta regula los límites permisibles de calidad en cuanto a las características bacteriológicas, físicas, organolépticas,⁴³ químicas y radiactivas que debe tener el agua para su uso y consumo humano, así como el tratamiento al que debe someterse para su potabilización. De acuerdo con esta norma, en el agua suministrada a la población no deben existir organismos coliformes fecales, los cuales evidencian su contaminación con excretas humanas o de animales.

La presencia de metales pesados (como mercurio, cadmio, cromo, plomo y zinc), nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, fluoruros, cloruros, sulfatos, DDT, plaguicidas y sólidos disueltos está permitida en el suministro de agua, siempre que sus densidades se encuentren dentro de los rangos estipulados (véase el cuadro 2.15). Lo anterior, debido a que en ciertas concentraciones, estas sustancias orgánicas e inorgánicas no representan una amenaza para la salud de la población.

Cuadro 2.15 Límites bacteriológicos, físicos, químicos y radiológicos en el agua para su consumo

NOM-127-SSA-1-1994																																		
Límites permisibles de las características bacteriológicas	Coliformes totales ≤ 2 NMP/100 ml Coliformes fecales = 0 NMP/100 ml * NMP/100 ml = Número más probable por 100 ml																																	
Límites permisibles de características físicas y organolépticas	Color: 20 unidades en la escala de platino-cobalto Olor y sabor: Agradable Turbiedad: 5 unidades de turbiedad nefelométricas																																	
Límites permisibles de características químicas	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>Aluminio = 0.200 mg/l</td> <td>Nitritos = 0.050 mg/l</td> <td>Hexaclorobenceno = 0.010 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Cadmio = 0.005 mg/l</td> <td>Nitratos = 10.00 mg/l</td> <td>Trihalometanos = 0.200 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Cromo = 0.050 mg/l</td> <td>Cloruros = 250.0 mg/l</td> <td>Nitrógeno amoniacal = 0.500 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Cobre = 2.000 mg/l</td> <td>Fluoruro = 1.500 mg/l</td> <td>Plaguicidas = 0.030 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Fierro = 0.300 mg/l</td> <td>s = 400.0 mg/l</td> <td>Sólidos disueltos = 1000 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Plomo = 0.025 mg/l</td> <td>Sulfatos = 0.050 mg/l</td> <td>Cloro residual = 0.2-1.5 mg/l</td> </tr> <tr> <td>Manganeso = 0.150 mg/l</td> <td>Arsénico = 0.070 mg/l</td> <td></td> </tr> <tr> <td>o = 0.001 mg/l</td> <td>Cianuro = 1.000 mg/l</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mercurio = 5.000 mg/l</td> <td>DDT</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zinc = 200.0 mg/l</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Aluminio = 0.200 mg/l	Nitritos = 0.050 mg/l	Hexaclorobenceno = 0.010 mg/l	Cadmio = 0.005 mg/l	Nitratos = 10.00 mg/l	Trihalometanos = 0.200 mg/l	Cromo = 0.050 mg/l	Cloruros = 250.0 mg/l	Nitrógeno amoniacal = 0.500 mg/l	Cobre = 2.000 mg/l	Fluoruro = 1.500 mg/l	Plaguicidas = 0.030 mg/l	Fierro = 0.300 mg/l	s = 400.0 mg/l	Sólidos disueltos = 1000 mg/l	Plomo = 0.025 mg/l	Sulfatos = 0.050 mg/l	Cloro residual = 0.2-1.5 mg/l	Manganeso = 0.150 mg/l	Arsénico = 0.070 mg/l		o = 0.001 mg/l	Cianuro = 1.000 mg/l		Mercurio = 5.000 mg/l	DDT		Zinc = 200.0 mg/l			Sodio		
Aluminio = 0.200 mg/l	Nitritos = 0.050 mg/l	Hexaclorobenceno = 0.010 mg/l																																
Cadmio = 0.005 mg/l	Nitratos = 10.00 mg/l	Trihalometanos = 0.200 mg/l																																
Cromo = 0.050 mg/l	Cloruros = 250.0 mg/l	Nitrógeno amoniacal = 0.500 mg/l																																
Cobre = 2.000 mg/l	Fluoruro = 1.500 mg/l	Plaguicidas = 0.030 mg/l																																
Fierro = 0.300 mg/l	s = 400.0 mg/l	Sólidos disueltos = 1000 mg/l																																
Plomo = 0.025 mg/l	Sulfatos = 0.050 mg/l	Cloro residual = 0.2-1.5 mg/l																																
Manganeso = 0.150 mg/l	Arsénico = 0.070 mg/l																																	
o = 0.001 mg/l	Cianuro = 1.000 mg/l																																	
Mercurio = 5.000 mg/l	DDT																																	
Zinc = 200.0 mg/l																																		
Sodio																																		
Límites permisibles de características radiactivas	Radiactividad alfa global = 0.1 Bq/l Radiactividad beta global = 1.0 Bq/l *Bq/l = Becquerel/litro																																	

⁴³ De acuerdo con la NOM-127-SSA-1-1994, las características físicas y organolépticas son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos; mientras que el color y la turbiedad se determinan con métodos analíticos de laboratorio.

Fuente: Semarnat/Normas Oficiales Mexicanas (NOM): NOM-127-SSA-1-1994.

El agua tiene que estar libre de microorganismos patógenos (virus, bacterias o protozoarios) que pueden causar enfermedades de origen hídrico, pero analizar el agua por patógenos específicos es muy costoso y se requiere de equipo de laboratorio especial. Debido a que el análisis de las bacterias coliformes es relativamente económico, fácil y eficaz, suele utilizarse como un indicador de posible contaminación del agua. Lo anterior, debido a que su presencia evidencia la existencia de otros organismos patógenos de origen fecal como la Escheriachia coli (E. coli) (Spellman, 2008: 123-125). Finalmente, la NOM-230-SSA1-2002 establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento público y privado durante el manejo del agua, así como las características que debe tener el equipo de muestreo, al igual que los procedimientos para preservar y analizar las muestras de agua.

Con el objetivo de monitorear la calidad del agua para que el suministro que recibe la población cumpla con los estándares que garanticen su consumo seguro, las autoridades implementaron un programa permanente de monitoreo en la red de distribución, tanques de almacenamiento, plantas de potabilización, garzas, estaciones de medición de presión, agua en bloque, plantas cloradoras y manantiales. Tanto las aguas superficiales como las subterráneas se inyectan en la red de distribución, en donde existen dosificadores de cloro en ciertos puntos con el fin de desinfectarla.

Por el deterioro de la calidad de estas fuentes con microorganismos patógenos como bacterias coliformes totales, coliformes fecales (principalmente E. coli y Klebsiella spp.), estreptococos fecales (como Enterococcus sp.), Vibrio spp. (Vibrio parahaemolyticus, Vibrio vulnificus y Vibrio alginolyticus)⁴⁴ y Helicobacter pylori, cuyas densidades superan la normativa que debe cumplir el agua destinada para el uso y consumo humano; el cloro como único mecanismo de desinfección es insuficiente para garantizar un consumo de agua seguro para la población, requiriéndose de otros mecanismos complementarios para su desinfección. La presencia de estos microorganismos también ha sido causada por las bajas concentraciones de cloro residual en el agua distribuida, las cuales no cumplen con el límite inferior definido en la NOM-179-SSA1-1998 (Mazari-Hiriart et al., 2005: 5131-5134) (véase el cuadro 2.24).

En la NOM-127-SSA-1-1994, se establecen como tratamientos complementarios para potabilizar el agua dependiendo del tipo de contaminante presente en el agua, los procesos de coagulación,

⁴⁴ Las bacterias que pertenecen a la especie Vibrio (excluyendo la Vibrio cholerae) son reconocidas como agentes infecciosos que causan enfermedades humanas: la V. parahaemolyticus causa la enfermedad de la diarrea aguda, la V. vulnificus y la V. alginolyticus provocan las infecciones en los tejidos como la septicemia (Department of Health and Senior Services, 2003: 1).

floculación, precipitación, filtración, intercambio iónico, oxidación y ósmosis inversa; además del uso de luz ultravioleta o el ozono (véase el cuadro 2.16).

Cuadro 2.16 Tratamientos para potabilizar el agua dependiendo del tipo de contaminante

NOM-127-SSA-1-1994	
Contaminante que excede los límites permisibles	Tratamiento
Bacterias, helmintos, protozoarios y virus	Desinfección con cloro, compuestos de cloro, ozono o luz ultravioleta
Color, olor, sabor, turbiedad, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos, arsénico y mercurio	Coagulación, floculación, precipitación y/o filtración (cualquiera o una combinación de ellos)
Aluminio, bario, cadmio, cianuro, cobre, cromo, plomo, sodio, zinc, cloruros y sulfatos	Ablandamiento químico o intercambio iónico
Fierro, manganeso y materia orgánica	Oxidación, filtración e intercambio iónico
Plaguicidas y trihalometanos	Absorción en carbón activado granular y oxidación con ozono

Fuente: Semarnat, Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

En este sentido, es necesario mejorar el análisis bacteriológico que se hace del agua, ya que microorganismos como virus (Hepatitis A y E, rotavirus o adenovirus), parásitos (Giardia y Cryptosporidium) e incluso bacterias (estreptococos fecales, Helicobacter o Legionella) son más resistentes al cloro como mecanismo de desinfección en comparación con los organismos coliformes. De manera que, aunque en las muestras no se detecte la presencia de bacterias coliformes, no se garantiza que el agua suministrada esté libre de microorganismos patógenos, ya que pueden sobrevivir a la cloración (Mazari-Hiriart et al., 2005: 5135).

2.3.3 Disposición y tratamiento de las aguas residuales

a. Disposición de las aguas residuales

El balance entre la capacidad de extracción del sistema de drenaje con relación al volumen que tiene que ser extraído ha sido cada vez más desfavorable, no sólo por el incremento de la población y sus descargas; también por la pérdida de pendiente y el dislocamiento de las redes. Esto ha repercutido para que la velocidad con que se desalojan las aguas residuales de la Cuenca de México sea cada vez menor, por ende, aunque el DF es una de las entidades del país con una de las mayores infraestructuras de drenaje, sigue estando expuesto a ser afectado por grandes inundaciones; sobre todo, en época de lluvias. Por ejemplo, la pérdida de pendiente en los primeros 20 km del Gran Canal ha reducido su capacidad de desalojo de 90 a 12 m³/seg, siendo necesaria la construcción de varias plantas de bombeo para desalojar las aguas residuales hacia el Valle de Tula. Con esta medida se ha incurrido en elevados costos energéticos, los cuales superan los 3.4 millones de dólares.

Debido a la reducción de la capacidad de desalojo del Gran Canal, se utilizó el Drenaje Profundo para extraer las aguas residuales y pluviales, a pesar de que esta infraestructura no fue construida con

este fin. Este sistema drenaje ha trabajado sin interrupción desde mediados de la década de los noventa, imposibilitando su mantenimiento e incrementando el riesgo de que la capital del país sea afectada por una inundación de gran magnitud con aguas residuales (véase el cuadro 2.24).

El Drenaje Profundo es considerado como una de las obras de infraestructura más importante del siglo XX. Por medio de éste, se descarga a la cuenca del Río Tula 55.7 m³/seg: 14.9 m³/seg son aguas pluviales y 40.8 m³/seg son aguas residuales. Este sistema no sólo extrae las aguas residuales y pluviales generadas en el DF; asimismo, las de algunos municipios que pertenecen a su Zona Metropolitana (Conagua y Semarnat, 2006: 44).

Actualmente, el DF cuenta con 2 090 km de red primaria, 10 240 km de red secundaria, 87 plantas de bombeo con una capacidad de 670 m³/seg, 165 km de Drenaje Profundo, 47 km del Gran Canal del Desagüe y 129 km de cauces a cielo abierto; además de colectores marginales, cauces entubados, estaciones pluviográficas, presas de regulación y plantas de bombeo en pasos a desnivel (véase el cuadro 2.17).

Se espera que para el 2020, se incremente la capacidad de descarga en 40 m³/seg en el oriente y 30 m³/seg en el poniente; se construyan una planta de bombeo con una capacidad de 30 m³/seg a la salida del Interceptor Poniente y dos lagunas de regulación (una al margen del Río Churubusco y otra en el Drenaje General de la Cuenca de México); así como cuatro macroplantas de tratamiento con las que se podrá tratar la totalidad de las aguas residuales generadas en esta entidad y en su Zona Metropolitana. Con la aprobación de la construcción del Emisor Oriente, cuya finalización se espera para el año 2012, la Cuenca de México tendrá cinco salidas artificiales para extraer las aguas residuales y pluviales generadas en su territorio.

Cuadro 2.17 Infraestructura de drenaje en el Distrito Federal

Tipo de infraestructura	Cantidad	Tipo de infraestructura	Cantidad	Capacidad (m ³ /seg)
Red primaria (km)	2,087	Plantas de bombeo	87	670
Red secundaria (km)	10,237	Plantas de bombeo en pasos a desnivel	91	16
Colectores marginales (km)	144	Presas de regulación	23	3,307,171
Gran Canal de Desagüe (km)	47	Lagunas y lagos de regulación	10	7,589,701
Cauces a cielo abierto (km)*	129	Drenaje Profundo (km)	165	165
Cauces entubados (km)	49			
Estaciones pluviográficas	78			

*Incluye al Río Hondo en el Estado de México.

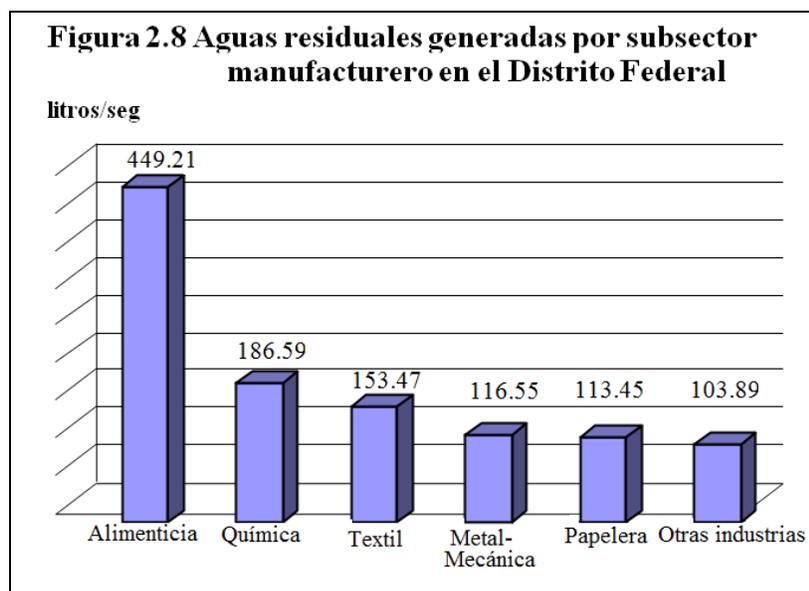
Fuente: INEGI (2002), Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana, Aguascalientes, INEGI, pp. 117 y 119.

De los 1 636.81 millones de m³ de aguas residuales generadas al año, 89.9% son de tipo doméstico y 10.1% no doméstico. La mayor proporción de aguas residuales no domésticas proviene de las delegaciones centrales, en donde se concentran las actividades comerciales y de servicios; éstas se

caracterizan por sus concentraciones de metales pesados, hierro y manganeso. Por otro lado, las aguas residuales domésticas son generadas principalmente en las delegaciones Iztapalapa y Gustavo A. Madero, debido a su tamaño poblacional; éstas presentan elevados niveles de amoníaco, nitratos, nitritos y bacterias coliformes (INEGI, 2002: 114-115)

Las descargas contaminantes deben cumplir con la NOM-001-ECOL-1996 y la NOM-002-ECOL-1996. La primera define los límites máximos permisibles para los contaminantes básicos y metales pesados en las descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua (ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales); al igual que el número de muestras a realizar y su frecuencia, de acuerdo con las características de las descargas realizadas. La segunda establece los límites máximos de contaminantes que deben tener las descargas a los sistemas de alcantarillado urbano, diferenciando las aguas residuales de tipo doméstico e industrial. En esta norma también se define el número de muestras a realizar en el sistema de alcantarillado y su frecuencia.⁴⁵

Para monitorear el cumplimiento de estas normas, las autoridades realizan un Inventario de Descargas de Aguas Residuales (IDAR) desde 1992. Por medio de éste, analizan las tendencias y características de las descargas no domésticas, cuyo volumen asciende a 2.52 m³/seg; cifra que representa 10.1% del total de las aguas residuales en el DF. La mayoría de estas descargas (40.4% del total) provienen de las industrias alimenticia, papelera, química, metal-mecánica y textil. Con base en el IDAR, el subsector manufacturero más contaminante es la industria alimenticia con descargas de 449.21 litros/seg; posteriormente se identifican la industria química con 186.59 litros/seg, la textil con 153.47 litros/seg, la metal-mecánica con 116.55 litros/seg y la papelera con 113.45 litros/seg (véase la figura 2.8).



⁴⁵ Los límites residuales a los sólidos sedim. 0.75 mg/l, me

descargas de aguas omedios diarios: 15 mg/l, cromo ≤

Fuente: INEGI (2002), Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana, México, INEGI, pp. 128.

Del total de las aguas residuales generadas, 38 m³/seg se emplean en el riego agrícola de más de 100 mil hectáreas de cultivo en los valles de Tula y el Mezquital, Chiconautla y Zumpango. Como se mencionó (véase el apartado 2.2.3), este tipo de prácticas ponen en riesgo la salud de los agricultores y de la población que consume los productos agrícolas regados con aguas residuales; además de generar riesgos ambientales asociados a la contaminación del suelo, aire y agua (superficial y subterránea) (Romero, 1994: 248; Conagua y Semarnat, 2003: 38) (véase el cuadro 2.24).

c. Tratamiento de las aguas residuales

De acuerdo con el INEGI (2002: 114), del total de las aguas residuales generadas en el DF, sólo 3.22 m³/seg recibe algún tipo de tratamiento (6.20% del total). A pesar de representar una proporción muy baja con respecto al total del agua residual generada, con este volumen se podría dotar a cada habitante de la capital del país con 38 litros/día adicionales. Por lo tanto, constituye una alternativa para complementar la demanda de agua de esta entidad, reducir la extracción intensiva de las aguas subterráneas y disminuir la importación de agua de fuentes cada vez más lejanas (Conagua, 2008a: 89-90). Esta situación evidencia la necesidad de incrementar tanto la infraestructura como la eficiencia para tratar las aguas residuales generadas por los capitalinos.

El tratamiento que reciben las aguas residuales en el DF en alguna de las 150 plantas que se localizan en su territorio (27 destinadas al tratamiento de las aguas residuales municipales y 123 a las aguas residuales industriales), principalmente es de tipo secundario y terciario. Sin embargo, la red para trasladar el agua residual tratada, cuya longitud asciende a 657 km. Adicionalmente, esta conformada por subsistemas aislados en las áreas que son servidas, dificultando su distribución y restringiendo su demanda. La delegación que concentra la mayor proporción de esta infraestructura es la Gustavo A. Madero, pero es en Iztapalapa en donde se tratan los mayores volúmenes (INEGI, 2002: 115).

Paradójicamente, una proporción importante de las aguas tratadas se vierte en la red de drenaje sin haber sido utilizada, ya que no se ha consolidado su demanda. Esto se debe en parte, a que el agua tratada distribuida mediante la red tiene un precio por m³ superior al agua de primer uso: 26.65 pesos/m³ en contraste con 25.95 pesos/m³. Sin embargo, los precios del agua tratada varían de acuerdo con la forma en que es abastecida: cuando se provee por medio de válvulas de cuello garza,

su costo fluctúa entre 40 y 50% de la tarifa de agua potable (9.92 pesos/m³ si tiene un tratamiento secundario y 14.88 pesos/m³ si el tratamiento es de tipo terciario); pero si es adquirida por carros cisterna su costo fluctúa entre 60 y 70% del precio por m³ de agua potable (33.32/m³ pesos con un tratamiento secundario y 46.65 pesos/m³ con un tratamiento terciario) (véase el cuadro 2.18).

Del total de las aguas residuales tratadas, 7.8% se destinan al riego agrícola en rubros relacionados con las descargas a los drenes agrícolas y el riego de forrajes; 57.1% al riego de las áreas verdes y al llenado tanto de lagos como de canales; 15.3% a las actividades industriales (principalmente en los procesos de enfriamiento), y el 24.8% restante, a la recarga del acuífero en la Sierra de Santa Catarina (López, 2004: 154-157; Escalante et al., 2002: 233).

Aunque desde 1992, ya se utilizaban las aguas residuales tratadas como una estrategia para desacelerar la reducción de los niveles piezométricos del acuífero Valle de México, fue hasta el año 2007 cuando se elaboraron dos proyectos de norma (la NOM-014-CONAGUA-2007 y NOM-015-CONAGUA-2007) que definen las características y especificaciones de las obras y de la calidad que debe tener el agua tratada o pluvial para la recarga artificial de los acuíferos. Ambos proyectos fueron aprobados por el Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua y se sometieron a consulta pública en 2008, eligiéndose los pozos de infiltración como las obras que se utilizarán para la recarga artificial del acuífero, los cuales deberán contar con un sistema de tratamiento que garantice el cumplimiento de los límites permisibles de contaminantes (como sólidos suspendidos, nitrógeno, coliformes y metales pesados) (Conagua, 2008b: 1-2).

Cuadro 2.18 Tarifas por m³ de agua tratada en el Distrito Federal

Forma de suministro	Primario (pesos/m ³)	Secundario (pesos/m ³)	Terciario (pesos/m ³)	Agua potable (pesos/m ³)
Válvula de tipo cuello de garza	1.48	9.92	14.88	24.80
Conectada a la toma en el interior del inmueble	-	26.65	39.98	25.95
Carros cisterna (pipas)	-	33.32	46.64	66.63

Fuente: Elaboración propia con información del Código Financiero del Distrito Federal, 2007.

Como parte del Programa para el Reuso del Agua Tratada (REUSA) del Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010, se espera que para el 2010 aumenten el número de plantas de tratamiento, se incremente la producción de agua tratada a 10.98 m³/seg y se amplíe su red de distribución en 706.24 km (GDF, 1997: 5-5). Se calcula que 4.08 m³/seg se destinarán a usos urbanos, principalmente para la recarga artificial de los acuíferos (3.30 m³/seg), y que los 6.90 m³/seg restantes, se destinarán al riego de cultivos en los estados de México e Hidalgo (GDF, 1997: 3-27).

Con la infiltración artificial de los acuíferos con aguas tratadas se pueden reducir los riesgos derivados del hundimiento del terreno en el DF por la extracción intensiva del agua subterránea. Pero esta práctica ha incrementado el riesgo de una posible contaminación del acuífero Valle de México, que constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para los capitalinos; retroalimentando positivamente su exposición tanto a los riesgos por una reducción en la disponibilidad del agua como a los riesgos que impactan en la salud, por lo que es indispensable que se lleve a cabo un monitoreo sistemático de la calidad del agua que se está infiltrando (véase el cuadro 2.24).

2.3.4 Medición, facturación y recaudación e inversión

a. Medición y facturación

De acuerdo con el artículo 27 constitucional, el GDF es uno de los muchos usuarios que aprovechan las aguas nacionales proporcionadas por la Conagua para abastecer a sus habitantes con este líquido. Se calcula que en el DF hay 1.9 millones de tomas registradas: 79.7% del total son de tipo doméstico, 10.7% industrial y 9.6% comercial (véase el cuadro 2.19).

Del total del caudal abastecido a esta entidad que fue de 1.49 billones de m³ en el año 2003, sólo 1.054 billones fueron recibidos por los capitalinos (70.73% del total) como resultado de fugas y tomas clandestinas. Del volumen que fue entregado a los habitantes del DF, sólo se facturó 41.11%. Aunque este monto representa 8.59% del total del agua facturada en el país, la recaudación de este servicio en el año 2004 fue de 3.6 millones de pesos; cifra que constituye 16% del total de la recaudación a nivel federal (véase el cuadro 2.19).

Cuadro 2.19 Tomas, agua producida y facturación en el Distrito Federal, 2003

Tipo de toma	Número (Millones)	Ingresos (Millones de pesos)	Agua producida			Agua facturada	
			Desinfectada	Suministrada	Producida	Volumen	Ingresos
			(Millones de m ³)				(Millones de pesos)
Doméstica	1 514.2	482.9					
Comercial	182.9	1431					
Industrial	202.9	ND					
DF	1 900	1 913.90	1 054.30	1 054.30	1 487.70	433.5	3 598.80
Nacional	15 510	18 809	12 214.80	8 385.80	11 752.80	5 049.30	22 771.30
Participación	12.25	10.18	8.63	12.57	12.66	8.59	15.80

ND = No disponible

Fuente: Elaboración propia con base en la información del Censo Económico 2004 y el Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal, 1997-2010.

De los recursos recibidos, 67% se destinaron al pago por el suministro de agua en bloque (1 298 millones de pesos), 25.1% a los gastos asociados al uso de energía eléctrica para extraer, trasladar, bombear y distribuir el agua (519.01 millones de pesos) y 8.6% al pago de los derechos de explotación del agua (177.65 millones de pesos) (véase el cuadro 2.20).

Cuadro 2.20 Gastos de los organismos operadores en el Distrito Federal, 2004

Tipo de gasto	Gastos (Miles de pesos)	Participación
Pago por suministro de agua en bloque	1 297 937	62.7

<i>Agente físico-químico reactivos e insumos similares</i>	26 830	1.3
<i>Materiales y suministros</i>	10 206	0.5
<i>Pagos por derechos de explotación</i>	177 651	8.6
<i>Pagos por derechos de descarga</i>	ND	-
<i>Energía eléctrica</i>	519 086	25.1
<i>Otros conceptos</i>	36 974	1.8
Gasto total	2 068 684	100.0

Fuente: Elaboración propia con información del Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua, del Censo Económico 2004.

El DF es una de las entidades más puntuales en el pago por el volumen de agua recibida en bloque. Su pago representa casi 54% de la recaudación total realizada por el Gobierno Federal por la transferencia del agua en bloque, con un monto de 2.07 millones de pesos (véase el cuadro 2.21).

Cuadro 2.21 Recaudación y pago del suministro de agua en bloque en el Distrito Federal, 2004

Tipo de gasto	Gastos DF (miles de pesos)	Nacional	Participación Nacional
<i>Gasto total de organismos operadores</i>	2 068 684	13 094 316	15.80
<i>Pago por suministro de agua en bloque</i>	1 297 937	2 409 948	53.86
<i>Inversión Total</i>	131 764	4 829 466	2.73
<i>Recaudación del servicio de agua potable</i>	3 598 800	22 771 300	15.80

Fuente: Elaboración propia con información del Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua, del Censo Económico 2004.

Al comparar los ingresos de los organismos operadores con respecto a sus gastos, se podría inferir que la prestación del servicio de agua es autofinanciable. Sin embargo, los gastos mencionados no incluyen las erogaciones por el mantenimiento y mejora de la infraestructura hidráulica, los costos ambientales por el deterioro de los ecosistemas, los costos políticos y económicos derivados de la compensación de las comunidades que ceden sus derechos en favor del DF, así como los costos derivados de la disposición y tratamiento de las aguas residuales generadas.

Por consiguiente, los gastos totales para la prestación de este servicio están lejos de representar su monto real, existiendo una elevada dependencia a los recursos federales. Adicionalmente, los gastos por el consumo de energía eléctrica ponen en evidencia la poca sostenibilidad de la prestación de este servicio, siendo necesario reflexionar sobre la viabilidad del modelo de gestión del agua que se ha implementado en el DF, ya que las limitaciones y debilidad financiera de los organismos operadores se traduce en una falta de inversiones para mejorar el suministro, la calidad del agua y la disposición higiénica de las aguas residuales.

A lo largo de esta década, la recaudación en el DF ha mejorado por la participación de las empresas privadas para regularizar el padrón de usuarios, incrementar la medición del volumen consumido y

mejorar la facturación por la prestación del servicio de agua, lo cual podría favorecer al fortalecimiento de las capacidades financieras de este sector.

b. Costos y tarifas del agua

Las tarifas del consumo de agua en la capital del país se determinan de manera anual en el Código Financiero del Distrito Federal (CFDF). Con base en el artículo 196 de este código, los usuarios deben pagar por el suministro de agua que reciben, un monto tal que cubra todos los gastos realizados desde su extracción y distribución, hasta su disposición y tratamiento.

Del total del consumo realizado en el DF, 73.2% es cobrado con base en el servicio medido⁴⁶ y el 26.8% restante, con cuotas fijas.⁴⁷ La mayor parte del consumo medido y no medido es de tipo doméstico⁴⁸ (74% del total), y sólo 26% es no doméstico. Hasta el momento, la tarifa del consumo doméstico cobrada a los capitalinos no cubre los costos en los que incurren las autoridades para dotar con este servicio a la población, siendo una de las más bajas en todo el país.⁴⁹

Esto se verifica al comparar los costos de extraer agua de la fuente más económica posible (los manantiales localizados en el territorio del DF), los cuales son casi noventa veces mayores que el precio cobrado por litro. Por lo tanto, existe una enorme discrepancia entre los costos que se tienen que realizar para dotar a los habitantes de la capital con agua, en contraste con el precio que se les cobra; siendo la prestación de este servicio no autofinanciable (véase el cuadro 2.22). Aunque las mejoras en la medición del consumo han favorecido la recaudación, la población sigue consumiendo de manera poco eficiente el agua, debido a que cuenta con una percepción equivocada sobre lo que cuesta dotarla con este servicio.

Cuadro 2.22 Costo del agua consumida en el Distrito Federal de acuerdo con su fuente

Fuente	Costo (ctvos/litro)	Tarifa promedio (ctvos/litro)
Manantiales localizados dentro de la Ciudad	18	0.189
Pozos del Valle de México y Lerma	27	
Pozos de Tenayuca, Ecatepec y Tultitlán	32	
Sistema Cutzamala	53	
Proyecto Temascaltepec	103	

⁴⁶ Las autoridades fiscales determinan el consumo de agua con base en la lectura de los medidores. Calculan el consumo promedio diario utilizando las dos lecturas más recientes del año (CFDF, 2007, arts.194-199: 100-109).

⁴⁷ Las autoridades fiscales determinan los pagos por el servicio de agua de acuerdo con la colonia catastral en la que se encuentra la toma, teniendo en cuenta el valor del suelo, las características de la construcción y sus instalaciones (CFDF, 2007, arts.194-199: 100-109).

⁴⁸ Las tomas de uso doméstico son las que se encuentran instaladas en inmuebles de uso habitacional; mientras que las tomas instaladas en inmuebles distintos a los habitacionales se consideran como no domésticas.

⁴⁹ Las tarifas por m³ consumido en las principales ciudades del país son: 8.55 pesos/m³ en la Paz; 8.31 pesos/m³ en León; 5.55 pesos/m³ en Monterrey; 5.04 pesos/m³ en Puebla; 3.24 pesos/m³ en Guadalajara y 2.98 pesos/m³ en Toluca (Perló y González, 2005: 80).

Fuente: Elaboración propia con información del Código Financiero del Distrito Federal, 2007, Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal, 1997-2010 y de las Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002.

c. Inversión en infraestructura hidráulica

La mayoría de las mejoras en las últimas décadas en la infraestructura hidráulica del DF se han realizado sobre las obras existentes. A pesar de ello, los montos requeridos por las autoridades para preservar en buen estado esta infraestructura exceden sus recursos. Se espera que esta tenencia continúe, siendo pocas las obras de infraestructura hidráulica que se construyan en los próximos años.

Las mejoras para el suministro de agua potable previstas en los programas RECUPERA, REUSA, RECARGA, RESPONDE, MEJORA, SUSPENDE y OPERA del Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal (1997-2010), requieren de una inversión de 17 630 millones de pesos. Por su parte, las inversiones para incrementar la capacidad de extracción y tratamiento del sistema de drenaje ascienden a 18 766 millones de pesos; mientras que el entubamiento de los pocos ríos que quedan en esta entidad se calcula en 1 423 millones de pesos. Finalmente, el costo de las obras encaminadas a rehabilitar el Sistema Cutzamala se estima en 2 100 millones de pesos y la captación de nuevos caudales asciende a 11 500 millones de pesos (véase el cuadro 2.23). De los 51 419 millones de pesos que se requieren para llevar a cabo los programas y obras mencionadas, aproximadamente 61% se destinará a la prestación del servicio de agua, recibiendo una menor atención la disposición y tratamiento de las aguas residuales como se ha venido haciendo a lo largo de la historia de la gestión del agua en la capital del país.

Teniendo en cuenta los montos de las inversiones mencionadas para realizar las obras hidráulicas requeridas, evidentemente la mitigación de los riesgos derivados de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje excede las capacidades financieras del GDF para hacerles frente. Por lo tanto, se requiere complementar la construcción de las obras de infraestructura con otras medidas encaminadas a modificar los hábitos y la conducta de la población para reducir sus niveles de exposición a los diferentes riesgos que enfrenta.

Cuadro 2.23 Costos para mitigar los riesgos relacionados con el agua en el Distrito Federal

Proyecto	Costo (Millones de pesos)
<i>Programas RECUPERA, REUSA, RECARGA, RESPONDE, MEJORA, SUSPENDE y OPERA</i>	<i>17 630</i>
<i>Rehabilitación del Sistema Cutzamala</i>	<i>2 100</i>
<i>Captación de nuevos caudales</i>	<i>11 500</i>
Total	31 230
<i>Sanearamiento de túneles y plantas de tratamiento</i>	<i>18 766</i>
<i>Entubamiento</i>	<i>1 423</i>
Total	20 189
Total	51 419

Fuente: Elaboración propia con información del Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010, Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1994-2010 y del Reforma (9 de Mayo de 2005), Obras prioritarias para el Valle de México.

Bajo este contexto, la situación que enfrenta el DF en materia de gestión del agua constituye un gran reto, debido a que algunos de los problemas que tendrán que resolver las autoridades actuales fueron generados en otras épocas históricas y se han vuelto más complejos con el paso del tiempo. A pesar de ello, las medidas ejecutadas en otros periodos históricos no pueden calificarse como ineficaces, ya que se consideraron las mejores alternativas en su momento para garantizar la supervivencia y funcionamiento de la capital del país. Incluso, como resultado de la construcción de algunas de estas obras como el Drenaje Profundo, el DF no ha enfrentado otra gran inundación que lo mantengan bajo el agua por varios meses. Asimismo, la mayoría de sus habitantes tienen acceso al agua, aunque en algunas zonas su suministro no sea permanente.

Cuadro 2.24 Riesgos relacionados con el agua en el Distrito Federal en el siglo XXI

Medidas	Tipo de riesgo	Impactos negativos
Extracción intensiva de las aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgos derivados del hundimiento diferencial del terreno *Riesgos por la contaminación de los acuíferos *Riesgos por inundaciones *Riesgos sísmicos 	<ul style="list-style-type: none"> *Fracturas en las redes de drenaje y distribución de agua, las cuales provocan fugas *Deterioro de las estructuras de los edificios *Agrietamiento de las arcillas del subsuelo y exposición del acuífero a ser contaminado por la infiltración directa de aguas residuales y lixiviados *Inundaciones con aguas residuales por la pérdida de pendiente del sistema de drenaje y fallas en las plantas de bombeo y rebombeo *Amplificación de las ondas sísmicas
Importación de agua desde fuentes cada vez más lejanas	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgos por la elevada dependencia a fuentes externas *Riesgos por la reducción en la disponibilidad relativa del agua *Riesgos de conflictos por el agua *Transferencia de riesgos a otras comunidades por la explotación intensiva de los acuíferos 	<ul style="list-style-type: none"> *Incapacidad para satisfacer los requerimientos de agua de sus habitantes con sus propios recursos *Escasez relativa del agua *Emergencia de conflictos en las comunidades por la cesión de sus derechos de aprovechamiento *Transferencia de riesgos a las comunidades fuera del DF como: la escasez relativa del agua y los hundimientos diferenciales del terreno
Recarga artificial del acuífero	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgo de contaminación del acuífero *Riesgos a la salud 	<ul style="list-style-type: none"> *Posible contaminación del acuífero Valle de México por su recarga artificial con aguas tratadas y pluviales *Consumo de agua no seguro
Falta de un suministro que cumpla con los estándares de calidad	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgos por la reducción en la disponibilidad relativa del agua *Riesgos a la salud 	<ul style="list-style-type: none"> *Suministro de agua que no cumple con los estándares de calidad definidos en las NOM *Muertes y enfermedades de origen hídrico *Algunos sectores de la población no realizan los consumos mínimos para garantizar su salud
Falta del servicio de drenaje y saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgos a la salud *Riesgos ambientales por contaminación del suelo y del agua (superficial y subterránea) *Riesgos por inundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> *Imposibilidad de disponer las excretas de manera segura y que no contamine el ambiente *Inundaciones ante la falta de medios para desalojar el exceso de agua en la capital
Riego de vegetales y cereales con aguas residuales sin tratar	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgos a la salud *Riesgos ambientales por la contaminación del suelo y del agua (superficial y subterránea) *Riesgos por la emergencia de conflictos por el agua 	<ul style="list-style-type: none"> *Riesgos a la salud por el consumo y cultivo de alimentos regados con aguas residuales sin tratar *Contaminación del suelo por el riego con aguas crudas *Contaminación de las corrientes superficiales para extraer el agua residual fuera de la cuenca

	<i>*Transferencia de riesgos a otras comunidades</i>	<i>*Contaminación de los acuíferos por la infiltración de las aguas residuales *Emergencia de nuevos conflictos por la contaminación de las fuentes de agua y suelo</i>
--	--	---

Fuente: Elaboración propia con base en Semarnat (2008: 9), Conagua (2008a: 89), Conagua (2008b: 1-2), Conagua y Semarnat (2006: 28), Perló y González (2005: 59), Mazari-Hiriart et al. (2005: 5135), López (2004: 154-157), Conagua y Semarnat (2003: 38), INEGI (2002: 114), Escalante et al. (2002: 233), Simon (1997: 97-98), Mazari (1996: 32, 61-62), GDF (1997: 2-16) y Romero (1994: 248).

2.4 Conclusiones

En primer lugar, los riesgos derivados de problemas en el suministro de agua, en el cumplimiento de la calidad del volumen abastecido y en la disposición de las aguas residuales, no son un fenómeno reciente. Estos han amenazado el funcionamiento y la supervivencia de la capital del país, al igual que el bienestar de sus residentes, desde la época prehispánica; forzando a las autoridades respectivas de cada época a implementar diversas medidas para mitigarlos. La mayoría de estas medidas han estado enfocadas en la modificación del entorno mediante la construcción de grandes obras de infraestructura hidráulica, cuyo resultado ha sido una profunda transformación de la Cuenca de México. Algunas de estas obras redujeron la exposición del DF a ciertos riesgos relacionados con el agua; pero otras terminaron por generar nuevos riesgos o intensificar los que existían previamente. A pesar de ello, no puede calificarse la gestión realizada como ineficaz, debido a que las decisiones que se tomaron fueron consideradas como las mejores alternativas en sus respectivas épocas históricas.

Al ser el agua concebida como una amenaza y un elemento capaz de generar enfermedades, las autoridades decidieron extraerla fuera de la cuenca para garantizar la salud y seguridad de sus residentes. Una vez que esta visión fue transformada con los avances en la medicina, bacteriología y química durante el Porfiriato, la dotación de la población con este líquido fue considerada como vital para preservar la salud e higiene de la capital del país; consolidándose un nuevo paradigma en la gestión del agua que perdura hasta nuestros días, el cual supone que para garantizar la salud de los capitalinos y el funcionamiento de la ciudad es necesario extraer el exceso de agua, y al mismo tiempo, importarla desde lugares cada vez más lejanos. Esto ha sido posible gracias a la construcción de un complejo sistema hidráulico, que depende cada vez más de la energía eléctrica para bombear el agua que se suministra a la población y disponer la que se extraerá de su territorio; situación que cuestiona la eficiencia y sostenibilidad de este modelo de gestión.

En segundo lugar, el DF cada día transfiere con mayor intensidad algunos de riesgos relacionados con el agua que enfrentan sus habitantes a otras entidades localizadas más allá de sus límites político-administrativos, al importar elevados volúmenes de agua de sus fuentes hídricas y disponer sus aguas residuales en sus caudales para trasladarlas hasta el mar sin un tratamiento previo. Asimismo, con la infiltración artificial de los acuíferos con aguas tratadas como una medida para reducir la velocidad

del hundimiento del subsuelo, existe la posibilidad de que esta fuente se contamine, reduciendo a un más la disponibilidad del agua segura para el consumo humano. Adicionalmente, por la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con microorganismos patógenos, el uso del cloro como mecanismo de desinfección ya no es suficiente para asegurar su potabilización, requiriendo utilizar otros métodos como los procesos de coagulación, floculación, precipitación, filtración, intercambio iónico, oxidación y ósmosis inversa.

Finalmente, la gestión del agua es incongruente con la mitigación de algunos de los riesgos mencionados, dado que aun conociendo las consecuencias que tienen ciertas medidas para abastecer a los capitalinos y disponer sus aguas residuales, éstas se siguen llevando a cabo. Por ejemplo, en vez de recuperar el volumen perdido por fugas, el cual es superior a la dotación de agua proveniente de cualquiera de las fuentes de abastecimiento, las autoridades prefieren buscar nuevas fuentes para complementar el suministro de la ciudad. Esta medida no sólo incrementa los riesgos asociados a una mayor dependencia a fuentes externas, también los que devienen de la generación e intensificación de los conflictos por el agua, ante la oposición de las comunidades para ceder sus derechos de aprovechamiento.

Además, el acuífero Valle de México sigue siendo sobreexplotado y constituye la principal fuente de abastecimiento de la capital del país, retroalimentando de manera positiva el hundimiento diferencial de suelo y sus consecuencias negativas, entre las que destacan: la posibilidad de que esta entidad sea afectada por una gran inundación con aguas residuales por alguna falla en el sistema drenaje; el riesgo que el acuífero sea contaminado directamente por la infiltración de aguas residuales y lixiviados a causa de la aparición de grietas en las arcillas, y que se amplifiquen las ondas sísmicas haciendo más destructivos los fenómenos geológicos por la pérdida de humedad en el subsuelo.

Capítulo 3. Responsabilidades, estrategias y acciones: la doble racionalidad en la gestión

El DF es una de las entidades del país en donde se han realizado los mayores avances en la actualización y ajuste de las disposiciones legales en materia de agua y protección civil, siendo la primera en donde existe un reconocimiento explícito en su Ley General de Protección Civil que las decisiones y acciones de los funcionarios públicos pueden generar riesgos cuando éstas influyen en la situación que guardan los servicios vitales y los sistemas estratégicos.

Las dependencias encargadas de la protección civil son las responsables de la implementación de las medidas para la mitigación, prevención, atención y reconstrucción en materia de riesgos. Estas dependencias en colaboración con las instituciones dedicadas a la gestión del agua deben garantizar el acceso a un suministro seguro y la disposición adecuada de las aguas residuales en situaciones de emergencia o desastre.

A diferencia del marco normativo a nivel federal, en el DF se autoriza la intervención de estas instituciones para restablecer la prestación de los servicios de agua y drenaje, cuando su carencia ponga en riesgo tanto el bienestar de la población como el funcionamiento de la ciudad; además de cuando estos servicios han sido afectados por alguna emergencia o desastre.

El reconocimiento de estos riesgos, así como las medidas implementadas para su mitigación y prevención, no sólo dependen de una racionalidad formal; también de una racionalidad no-formal que está sujeta a los intereses económicos y políticos de los grupos de poder, al igual que a las decisiones de las dependencias responsables para preservar el control en sus ámbitos de gestión. El reto es hacer converger ambas lógicas, las cuales determinan la identificación, selección, reconocimiento y atención

de los riesgos a los que está expuesta la población, para que los avances normativos se traduzcan en acciones y estrategias concretas.

Con el objetivo de reflexionar sobre qué factores producen inconsistencias e incoherencias en la gestión de los riesgos relacionados con el agua, en este apartado se aborda la eficacia de la estructura institucional de las dependencias que participan en la mitigación y prevención de los riesgos generados por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Asimismo, se identifica qué tipo de racionalidad ha determinado la respuesta de las autoridades responsables para hacer frente a estos riesgos. Finalmente, utilizando como caso de estudio la problemática del Drenaje Profundo, se contrastan las racionalidades formal y no-formal que están presentes en el proceso de gestión de los riesgos.

3.1 Responsabilidades y estrategias de la gestión de los riesgos

La entrada de los temas en materia de protección civil a la agenda de gobierno en México tuvo como mecanismo de disparo la organización espontánea de la sociedad para realizar a la brevedad las labores de rescate, rehabilitación y reconstrucción después del sismo de 1985, además de las enormes pérdidas humanas y materiales provocadas por este evento destructivo.

3.1.1 Visión y objetivos

Aunque la política para la mitigación de los riesgos y prevención de desastres es relativamente reciente en el país, es considerada una obligación inalienable del Estado la protección de la vida, libertad, bienes y entorno de todos los mexicanos. Para cumplir con esta obligación, el Estado ha implementado un conjunto de disposiciones, medidas y acciones para la prevención, auxilio y recuperación de la población ante una situación de desastre; incluidas aquellas que están dirigidas a velar tanto la operación como el mantenimiento de los sistemas estratégicos y los servicios vitales que fueron afectados por algún evento destructivo (LPCDF, art. 1, 3 y 11).

En el caso de los riesgos relacionados con el agua, la mayoría de las medidas se concentran en reducir los impactos no deseados de los eventos hidrometeorológicos, los cuales además de poner en riesgo la vida, bienes y entorno de la población, interrumpen temporal o permanentemente la prestación de los servicios vitales. A nivel federal, la falta o prestación intermitente de estos servicios no son consideradas como situaciones que ponga en riesgo a la población, cuestionado el cumplimiento de los objetivos del Estado para garantizar la seguridad de los mexicanos, promover la eficacia de sus instituciones en la identificación de los riesgos y reducir la vulnerabilidad de sus habitantes. Aunque las dependencias responsables de la gestión de los riesgos tienen capacidades (económicas, técnicas y humanas) limitadas para hacer frente a este tipo de riesgos, dentro de sus atribuciones está el involucrarse en la identificación y mitigación de fuentes potenciales de riesgo, así

como colaborar estrechamente en la ejecución de estas acciones con las instancias especializadas en su atención (véase el cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Objetivos de la gestión de los riesgos en México

1. Identificar y mejorar el conocimiento de las amenazas y riesgos que enfrenta la población del país
2. Promover la reducción de la vulnerabilidad física
3. Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar y mejorar las tecnologías para mitigar los riesgos
4. Ejecutar una política y una cultura de autoprotección
5. Mejorar la eficacia preventiva y operativa del Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc)
6. Dar atención prioritaria a los grupos más vulnerables a desastres

Fuente: Elaboración propia con información del Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación, la Ley General de Protección Civil y su reglamento.

Destaca el caso del DF, ya que es la única entidad en el país en donde la carencia de los servicios vitales ha sido reconocida como un riesgo al que están expuestos sus habitantes. Por ello, sus dependencias responsables de la protección civil están facultadas para intervenir en su rehabilitación y restablecimiento. Sin embargo, en la medida en que se traslapen las funciones de éstas, con las de otras instituciones de la administración pública Federal o del GDF, se generarán conflictos como resultado de los problemas en materia de coordinación vertical y horizontal.

A pesar de que está adquiriendo una mayor relevancia la consolidación de una cultura de la prevención, al igual que la educación de la población para su autoprotección, sigue existiendo una conceptualización de los riesgos de tipo naturalista-técnica. Por un lado, se asevera que es de tipo naturalista, ya que en la atención de los riesgos se asigna una mayor relevancia a reducir los impactos destructivos generados por fenómenos naturales extremos, en comparación con los que resultan de las decisiones y acciones de los hombres (o sus omisiones). Evidentemente, los riesgos que enfrenta la población no solo son originados por fenómenos naturales, también son resultado de los propios procesos históricos que experimenta cada sociedad. Esta visión sobre los riesgos ha sido determinante para que su gestión se haya concentrado en la atención de los desastres y no en su prevención.

Por otro lado, se considera que es de tipo técnica porque la mayoría de las medidas implementadas para su mitigación, se remiten tanto a desarrollar como a mejorar la tecnología para la medición, monitoreo y pronóstico de los fenómenos naturales; además de construir obras de infraestructura para la protección de la población y su entorno.

3.1.2 Marco institucional y legal

La protección civil no es responsabilidad de una sola institución, sino una articulación de esfuerzos. Por ello, es necesario identificar quiénes son responsables de la mitigación de los riesgos, en qué

medida han cumplido con sus atribuciones y qué lugar ocupan los riesgos relacionados con el agua. La gestión de los riesgos es un asunto de carácter local, reconociéndose que son las autoridades locales las que asisten en primera instancia las emergencias y contingencias que se suscitan en sus territorios. A pesar de ello, las medidas y estrategias implementadas por este nivel de gobierno están sujetas a las disposiciones en materia de gestión de los riesgos a nivel federal y estatal; de ahí que el marco programático de estos niveles de gobierno se aborde en este apartado.

a. Instituciones federales que participan en la gestión de los riesgos

a.1 Secretaría de Gobernación

Le compete a la Secretaría de Gobernación (Segob) garantizar la seguridad nacional, auxiliándose para el cumplimiento de estas funciones de la Coordinación General de Protección Civil (CGPC) (véase la figura 3.1). Entre las facultades de esta institución destacan: integrar y coordinar el Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc); proponer las políticas, programas y NOM en materia de protección civil; emitir las declaratorias de emergencia y desastre; cuantificar los daños causados por algún desastre; administrar los recursos para su atención, así como operar los sistemas de detección y monitoreo en eventos perturbadores (LGPC, art. 12 y art. 30). En el Sinaproc participan todas las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (incluidas las que están encargadas de la gestión del agua), los organismos de coordinación de los diferentes órdenes de gobierno, las instituciones académicas, las ONGs, las empresas y el sector financiero (LGPC, art. 10).

Otras de las atribuciones de esta secretaría incluyen el desarrollo e implementación de tecnología para mejorar tanto el monitoreo como los pronósticos de los fenómenos naturales extremos, la consolidación de una cultura de prevención y la identificación de situaciones que puedan devenir en desastres (LGPC, art. 12 y art. 30).

Debido a que la Segob es la autoridad en materia de seguridad nacional, la conceptualización sobre los riesgos y la delimitación de sus responsabilidades en esta materia determina las atribuciones del resto de las instituciones y organismos dedicados a la protección civil en los diferentes niveles de gobierno.

Hasta el momento, la gestión de riesgos continúa privilegiando el auxilio, recuperación y reconstrucción de los lugares afectados por desastres naturales. Prueba de ello, es que esta dependencia participa en el restablecimiento de la energía eléctrica, suministro de agua y drenaje, sólo cuando estos servicios fueron afectados por una emergencia o desastre, pero no cuando su carencia sea considerada como un riesgo para la población que requiera ser mitigado (véase el cuadro 3.2).

a.2 Coordinación General de Protección Civil

La Coordinación General de Protección Civil (CGPC) es la autoridad en materia de gestión de los riesgos en el país. Para la realización de sus funciones se apoya de la Dirección General de Protección Civil (DGPC) y de la Dirección General para el Fondo de Desastres Naturales (DGFPN) (véase la figura 3.1). Entre sus atribuciones están coordinar, integrar y supervisar el Sinaproc; ejecutar y evaluar las políticas y programas en materia de protección civil; supervisar las declaratorias de emergencia o desastre; mejorar los sistema de información para la prevención; coordinar la aplicación y entrega de recursos económicos a los lugares afectados por desastres, y promover la construcción de infraestructura y equipamiento para la protección de la población en emergencias o desastres. Asimismo es responsable de crear una cultura de prevención, investigar nuevos agentes perturbadores y actualizar el Atlas Nacional de Riesgos (RISEGOB, art. 10). Esta dependencia no reconoce que la falta o prestación intermitente de los servicios hidráulicos puede devenir en riesgos para la población (véase el cuadro 3.2).

a.3 Dirección General de Protección Civil

La Dirección General de Protección Civil (DGPC) apoya a la CGPC en el cumplimiento de sus atribuciones, auxiliando y coordinando a las instancias integrantes del Sinaproc, al igual que a la población en las tareas de auxilio, recuperación y apoyo ante desastres. También evalúa el cumplimiento de los programas de protección civil, colabora con el Cenapred en las tareas de prevención de desastres naturales, fomenta la cultura de la prevención, identifica los riesgos previsibles en el ámbito de su competencia, y controla el registro de las organizaciones para la atención de contingencias y desastres (RISEGOB, art. 32). La falta o prestación intermitente de los servicios hidráulicos no es considerada por esta dependencia como una situación que puede devenir en riesgos, por lo que no participa en su restablecimiento, salvo que hayan sido interrumpidos como resultado de un desastre (véase el cuadro 3.2).

a.4 Dirección General para el Fondo de Desastres Naturales

La Dirección General para el Fondo de Desastres Naturales (DGFDN) es la otra dependencia que auxilia a la CGPC en la realización de sus funciones. Esta dirección es responsable de garantizar la gestión oportuna y transparente del Fondo para la Atención de las Emergencias por Fenómenos Naturales; administrar, asignar, evaluar y controlar los recursos económicos que se destinan tanto a la atención de emergencias como a la mitigación y prevención de los desastres; celebrar acuerdos y evaluar las solicitudes para la transferencia de recursos económicos destinados a la atención de desastres, y analizar los proyectos de declaratoria de emergencia o desastre (RISEGOB, art. 33).

Esta dirección canaliza los recursos que administra a la atención de los impactos de los fenómenos naturales extremos, enfocándose en las tareas de auxilio, rehabilitación y reconstrucción de los lugares afectados, prestando poca atención a la implementación de medidas para la prevención. Esto ha sido determinante para que se siga reproduciendo la vulnerabilidad previa de los sitios afectados, los cuales también reciben recursos etiquetados para su reconstrucción del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (Fopreden), fideicomisos y fondos locales (véase el cuadro 3.2).

a.5 Otras dependencias

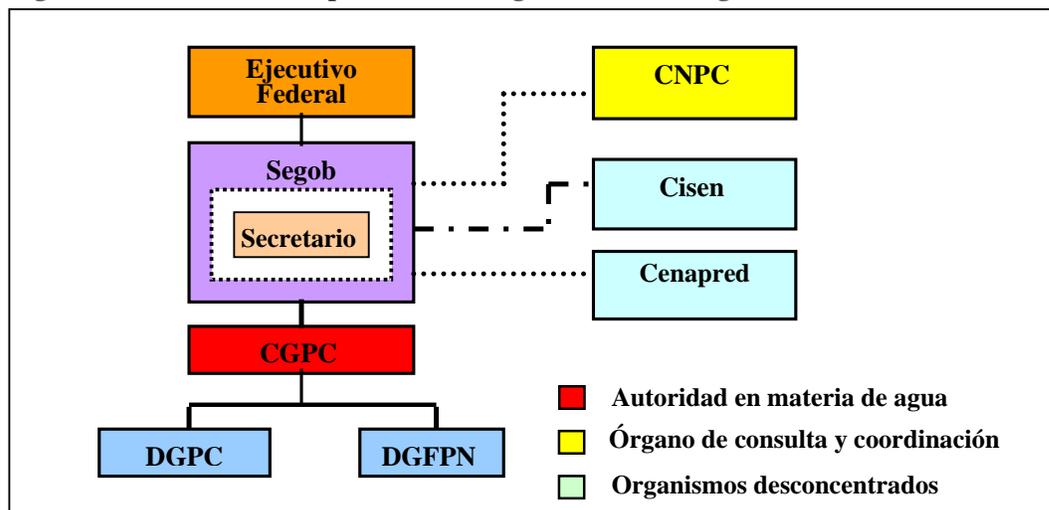
Además de las instituciones mencionadas, realizan importantes funciones en la gestión de los riesgos en México: el Centro de Investigación y Seguridad Nacional (Cisen), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) y el Consejo Nacional para la Protección Civil (CNPC). Las funciones de estas instancias están enfocadas en la prevención. Las dos primeras son unidades administrativas desconcentradas de la Segob, pero el Cisen depende directamente del titular de esta dependencia. La tercera institución mencionada es un órgano consultivo y de participación (véase la figura 3.1).

El Cisen opera los sistemas de información e investigación para identificar los riesgos que amenazan la seguridad nacional, elabora la agenda nacional de riesgos, diseña planes estratégicos para mitigar los riesgos, y coordina las acciones para su prevención, disuasión, contención y/o desactivación (RISEGOB, art. 38). Estas tareas facilitan la toma de decisiones oportuna, eficaz y eficiente en materia de prevención, pero la falta de reconocimiento de que la ausencia o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje también ponen en riesgo a la población cuando no cuenta con las condiciones adecuadas para hacerles frente, evidencia un sesgo en la conceptualización de los riesgos.

En el caso del Cenapred, ésta dependencia desarrolla y opera tecnologías para el monitoreo, pronóstico y medición de los riesgos que enfrenta la población y su entorno, participa en los procesos de capacitación en esta materia, además que colabora con la difusión de medidas de preparación y autoprotección ante contingencias (RISEGOB, art. 89). Las funciones de este centro están enfocadas en la prevención, la consolidación de una cultura de autoprotección, así como en el desarrollo y mejora de los sistemas de alerta temprana, así como otros dispositivos para el monitoreo y pronóstico de los fenómenos naturales extremos (RISEGOB, art. 90). A pesar de ello, esta instancia tampoco ha reconocido que la falta de los servicios de agua y drenaje, al igual que el incumplimiento de los estándares de calidad en el volumen suministrado, pueden amenazar la salud y el bienestar tanto de la población como de su entorno.

Finalmente, el CNPC está a cargo de fomentar la participación de todos los sectores de la sociedad para la formulación, ejecución y evaluación de los programas de protección civil (LGPC, art. 10 y art. 16). Sin embargo, no todos los actores participan en la toma de decisiones en esta materia, lo cual limita el compromiso de la sociedad para responsabilizarse junto con las autoridades en el cumplimiento de las disposiciones legales (véase el cuadro 3.2).

Figura 3.1 Instituciones responsables de la gestión de los riesgos en México



Cuadro 3.2 Atribuciones de las dependencias federales responsables de la gestión de los riesgos
Fuente: Elaboración propia con base en la LGPC, RLGPC, LPCDI y el reglamento interior de la

Atribuciones y facultades	Segob	CGPC	DGPC	DGFDN	Cisen	Cenapred	CNPC
Participa en la política de mitigación de riesgos y prevención de desastres	X	X	X		X		
Interviene en la emisión, evaluación y/o aprobación de las declaratorias de emergencia o desastre	X	X		X			
Contribuye en el diseño, implementación o evaluación de planes y programas de protección civil	X	X	X	X	X		X
Participa en la administración de recursos económicos para la prevención y atención de desastres	X	X		X			
Participa en la implementación de acciones para atender a la población en emergencias o desastres	X	X	X				
Participa en la implementación de acciones para la rehabilitación y reconstrucción de los lugares afectados por fenómenos destructivos	X	X	X	X			
Realiza acciones de prevención dirigidas a mejorar el conocimiento de los fenómenos destructivos con la investigación, actualización del Atlas de Riesgos y desarrollo de tecnología para el monitoreo, medición y pronóstico	X	X	X		X	X	X
Realiza acciones de prevención dirigidas a la construcción de infraestructura y equipamiento de protección civil	X	X		X			
Realiza acciones de prevención dirigidas a consolidar una cultura de prevención, incorporar los temas de protección civil en la educación y difundir información a la población	X	X	X		X	X	X
Realiza acciones de prevención dirigidas a promover la capacitación de la sociedad y de los responsables de la gestión de los riesgos	X	X	X			X	
Realiza acciones de prevención dirigidas a promover la participación corresponsable de los sectores	X	X					X
Interviene en la rehabilitación y restablecimiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos en casos de emergencia	X						

<i>Interviene en la rehabilitación y restablecimiento de servicios vitales y sistemas estratégicos, cuando su carencia sea una emergencia por sí misma</i>							
--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia con información de la LGPC, RLGPC, LPCDF y del reglamento interior de la Segob.

b. Instituciones en el DF que participan en la gestión de los riesgos

b.1 Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal

En la capital del país, la Secretaría de Protección Civil (SPCDF) es la autoridad en la mitigación y prevención de los desastres, siendo responsable de elaborar la política, los planes y los programas en esta materia; vigilar su implementación y cumplimiento; regular los albergues, y actualizar el Atlas de Riesgos y el Registro Estadístico Único de Situaciones de Emergencia. Entre sus funciones sobresalen el restablecimiento de los servicios vitales como el suministro de agua y el control de su calidad en situaciones de emergencia o desastre, pero no es parte de sus atribuciones reducir la exposición de la población a los riesgos que resultan de la carencia de estos servicios cuando no fue provocada por un evento destructivo (LODF, art. 23; LPCDF, art. 1; LPCDF, art. 87) (véase la figura 3.2).

La creación de esta secretaría pone en evidencia, la modificación de la gestión de los riesgos en el DF, al atribuírsele una mayor relevancia a garantizar la seguridad de sus habitantes. Al existir una secretaría especializada en la ejecución de estrategias y acciones para la mitigación y prevención de los riesgos a los que están expuestos los capitalinos, la protección civil en esta entidad recibe más recursos económicos, tecnológicos y humanos; además de un mayor apoyo político (véase el cuadro 3.3).

b.2 Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal

La Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal (DGPC-DF) auxilia a la SPCDF en el cumplimiento de sus funciones (véase la figura 3.2). Esta dirección está encargada de organizar y operar el Sistema de Protección Civil en esta entidad (Siproc), elaborar y ejecutar los programas de protección civil, consolidar un cultura de prevención, estudiar los riesgos y la vulnerabilidad a los que están expuestos los habitantes, capacitar a los funcionarios en esta materia, actualizar el Atlas de Riesgos e incorporar el tema de protección civil en los programas educativos (LGPC, art. 2 y 9; RLPCDF, art. 4; RLPCDF, art. 4 y 19).

Entre sus atribuciones destacan: proteger, rehabilitar y restablecer los servicios vitales y sistemas estratégicos que hayan sido afectados por alguna contingencia o cuando su carencia constituya una situación de emergencia o desastre; así como recibir y sistematizar los reportes sobre la situación que estos servicios guardan ante un desastre (LPCDF, art. 57 y 60). Este es uno de los avances más notables en el DF en materia de gestión de los riesgos, dado que existe un reconocimiento por parte de las autoridades que los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje pueden devenir

en riesgos para la población. Por ello, las instituciones responsables de la gestión de los riesgos están facultadas para intervenir en su rehabilitación y restablecimiento, aunque su interrupción (temporal o permanente) no haya sido provocada por algún desastre. A pesar de ello, la mitigación de estos riesgos todavía no es prioritaria. Prueba de ello, es que sólo existe un artículo en el marco normativo de esta entidad en donde se hace referencia a esta atribución (artículo 60 de la Ley de Protección Civil del Distrito Federal) (véase el cuadro 3.3).

Finalmente, esta dependencia realiza tareas vitales en la planificación del desarrollo urbano, al dar su opinión técnica para la asignación de las licencias de construcción; facultad que repercute en la estructura urbana de la capital del país y en su distribución. Otra de sus funciones es crear las Unidades Delegacionales de Protección Civil (UDPC) (LPCDF, del art. 65 al art. 72).

b.3. Unidades Delegacionales de Protección Civil

Las Unidades Delegacionales de Protección Civil (UDPC) están adscritas a la Dirección Jurídica y de Gobierno, pero mantienen una relación muy estrecha con la DGPC-DF al informarle las emergencias suscitadas en su territorio, además de las acciones adoptadas para proteger a sus habitantes y reconstruir las zonas deterioradas (véase la figura 3.2). Cuando su capacidad de respuesta es superada por la magnitud de algún evento destructivo, solicitan el apoyo de las autoridades del GDF, y por último, de la Federación (LPCDF, art. 39 y 67).

Por su cercanía a la población y su conocimiento de los riesgos a los que está expuesta, las UDPC son consideradas la autoridad básica para la organización, coordinación y operación de los sistemas de protección civil. Estas unidades asisten en primera instancia las emergencias y contingencias que se presentan en su territorio, siendo las responsables de elaborar los programas de protección civil en sus jurisdicciones, en donde identifican los riesgos a los que están expuestos sus habitantes, delimitan las zonas de alto riesgo y definen las medidas tanto de atención como de prevención (LPCDF, art. 70-73).

Las UDPC son muy heterogéneas, ya que su funcionamiento depende de su capacidad técnica y de la visión particular de sus titulares para reducir la exposición de sus habitantes a los riesgos que enfrentan (véase el cuadro 3.3). Aunque apoyan a la DGPC para la rehabilitación y restablecimiento de los servicios hidráulicos en situaciones de emergencia o desastre, su intervención cuando la carencia de estos servicios constituye un riesgo por sí misma no forma parte de sus atribuciones explícitas.

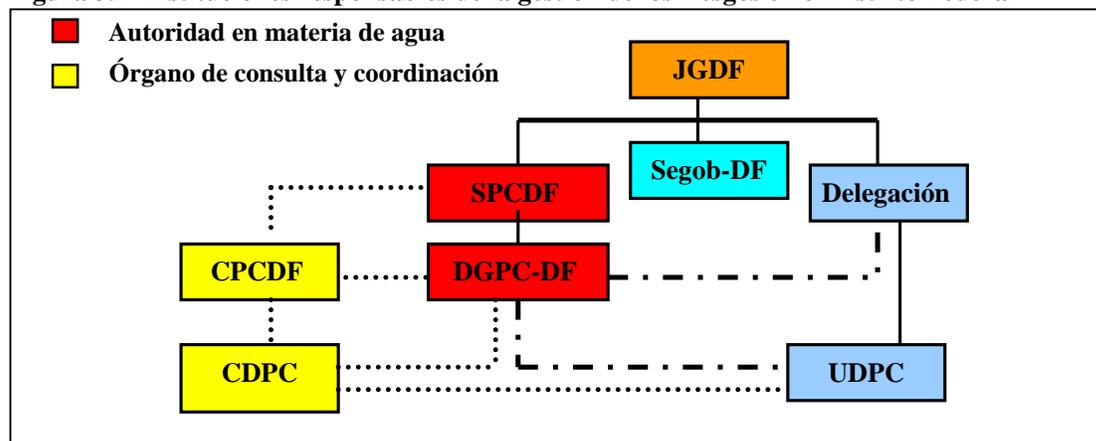
b.4 Otras dependencias

Otros organismos que intervienen en la gestión de los riesgos en la capital del país son el Consejo de Protección Civil del Distrito Federal (CPCDF) y los Consejos Delegacionales de Protección Civil (CDPC). Estas instancias constituyen órganos de consulta y opinión a nivel DF y delegacional, estando enfocados en la consolidación de una cultura de prevención (véase la figura 3.2). Las funciones del CPCDF incluyen determinar a qué riesgos está expuesta la población, definir qué riesgos son prioritarios de atender, aprobar el Programa General de Protección Civil del Distrito Federal, vigilar la asignación de recursos económicos para la prevención y atención de desastres, fomentar los estudios sobre agentes perturbadores que pueden generar riesgos e incorporar los temas de protección civil a la educación (LPCDF, art. 22-24).

Por su parte, los CDPC apoyan a las UDPC en la realización de sus atribuciones, estando a cargo de coordinar las acciones para prevenir los impactos de los desastres, proteger y auxiliar a la población ante emergencias, restablecer la situación de normalidad después de un evento perturbador, aprobar los Programas Delegaciones de Protección Civil, definir los riesgos que enfrentan sus habitantes, sugerir la elaboración de programas especiales y capacitar a la comunidad sobre las medidas de autoprotección. En estos consejos participan el Jefe Delegacional, así como el Director General Jurídico y de Gobierno, entre otros funcionarios públicos locales (LPCDF, art. 33-35).

Al igual que estos organismos, el Siproc fortalece la transversalidad en la gestión de los riesgos, al coordinar la participación de los sectores público, privado y social en la la definición de la política para la mitigación y prevención de los riesgos (LPCDF, art. 13). Hasta el momento, no se ha logrado constituir una participación social corresponsable, debido a que ha estado limitada a emitir sugerencias y opiniones, sin fortalecer la capacidad de todos los sectores para intervenir en el proceso de toma de decisiones.

Figura 3.2 Instituciones responsables de la gestión de los riesgos en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración propia con información de la LGPC, LODF, RIAPDF, LPCDF, y RLPCDF.

Cuadro 3.3 Atribuciones de las dependencias del GDF responsables de la gestión de los riesgos

	SPCDF	DGPC	UDPC	CPCDF	CDPC
Atribuciones y facultades					
<i>Participa en la política de mitigación de riesgos y prevención de desastres</i>	X	X		X	
<i>Interviene en la emisión, evaluación o aprobación de las declaratorias de emergencia o desastre</i>					
<i>Contribuye en el diseño, implementación o evaluación de planes y programas de protección civil</i>	X	X	X	X	X
<i>Participa en la administración de recursos económicos para la prevención y atención de desastres</i>				X	
<i>Participa en la implementación de acciones para atender a la población en emergencias o desastres</i>	X	X	X		
<i>Participa en la implementación de acciones para la rehabilitación y reconstrucción de los lugares afectados por fenómenos destructivos</i>	X	X	X		
<i>Realiza acciones de prevención dirigidas a mejorar el conocimiento de los fenómenos destructivos con la investigación, actualización del Atlas de Riesgos y desarrollo de tecnología para el monitoreo, medición y pronóstico</i>	X	X		X	X
<i>Realiza acciones de prevención dirigidas a la construcción de infraestructura y equipamiento de protección civil</i>	X	X			
<i>Realiza acciones de prevención dirigidas a consolidar una cultura de prevención, incorporar los temas de protección civil en la educación nacional y difundir información a la población</i>	X	X	X	X	X
<i>Realiza acciones de prevención dirigidas a promover la capacitación de la sociedad y de los responsables de la gestión de los riesgos</i>	X	X	X	X	X
<i>Realiza acciones de prevención dirigidas a promover la participación corresponsable de los sectores</i>	X	X		X	X
Atribuciones y facultades					
<i>Interviene en la rehabilitación y restablecimiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos en casos de emergencia</i>	X	X			
<i>Interviene en la rehabilitación y restablecimiento de servicios vitales y sistemas estratégicos, cuando su carencia sea una emergencia por sí misma</i>		X			

Fuente: Elaboración propia con información de la LGPC, LODF, RIAPDF, LPCDF y del RLPCDF.

El marco legal e institucional mencionado, junto con la planificación, determinan la racionalidad formal que norma la gestión de los riesgos en la capital del país. Estos se traducen en estrategias y líneas de acciones definidas en los programas y planes para la mitigación y prevención de los riesgos. Debido a que no todas estas estrategias y acciones se hacen operativas; la aprobación de leyes, normas, reglamentos y planes en materia de gestión de los riesgos, no necesariamente se traduce en medidas concretas. Para determinar, en qué medida las estrategias y acciones definidas en el marco programático para la gestión de los riesgos son consistentes y congruentes con sus disposiciones legales y estructura institucional, en el siguiente apartado se analizan el Programa Nacional de Protección Civil (PNPC) y el Programa General de Protección Civil del Distrito Federal (PGPCDF).

3.1.3 Planificación para la mitigación y prevención

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) guía la política pública del país cada sexenio, al definir los objetivos, metas, estrategias y prioridades a seguir; además de determinar cómo se asignarán los recursos para el cumplimiento de estos objetivos, qué instituciones serán responsables de su consecución y en qué tiempo se tienen que alcanzar. Con base en este plan, se diseñan los programas regionales, sectoriales, locales y especiales en materia de gestión de los riesgos en todo el país.

a. Programa Nacional de Protección Civil, 2007-2012

De acuerdo con el PND, los desastres han contribuido a elevar los niveles de pobreza y desigualdad en el país, ya que tienen un mayor impacto en los grupos más pobres, quienes son menos capaces de enfrentar las amenazas a las que están expuestos. Asimismo, estos eventos generan importantes retrocesos en el desarrollo de las regiones afectadas. Con el objetivo de preservar la integridad física y el patrimonio de los mexicanos (Eje 1, Objetivo 13), así como de impulsar las medidas de adaptación a los efectos del cambio climático (Eje 4, Objetivo 11), el Gobierno Federal se auxilia del Programa Nacional de Protección Civil (PNPC). Este programa es el instrumento rector de la gestión de riesgos a en México, por ende, define las estrategias y acciones utilizadas como marco para el diseño e implementación de los programas y planes de protección civil en los diferentes niveles de gobierno (LGPC, art. 26).

De acuerdo con este programa, los objetivos de la protección civil en México están encaminados a:

- 1. Formar una cultura de prevención*
- 2. Profesionalizar y capacitar a las autoridades*
- 3. Modernizar las tecnologías de monitoreo y sistematización de la información para la toma de decisiones*
- 4. Crear y fortalecer los mecanismos financieros de protección civil para garantizar la inversión en acciones preventivas, de ayuda y reconstrucción de los lugares afectados*
- 5. Promover la participación social en el diseño e implementación de políticas y programas de protección civil*
- 6. Actualizar y desarrollar el marco legislativo vigente en esta materia, precisando las competencias y responsabilidades de los diferentes actores*
- 7. Fortalecer la coordinación interinstitucional e intersectorial del Sinaproc*

Fuente: Programa Nacional de Protección Civil, 2007-2012.

Algunas de las estrategias que se han implementado para la consecución de estos objetivos consisten en: incrementar el conocimiento sobre las causas y efectos de los fenómenos naturales; crear una cultura de la prevención; modernizar las redes de monitoreo, los sistemas de información y las tecnologías de alerta temprana; hacer más eficiente, oportuna y transparente la asignación de los recursos destinados a la rehabilitación y reconstrucción de los lugares afectados; consolidar mecanismos financieros para la prevención y atención tanto de emergencias como de desastres; promover una participación activa y responsable de las comunidades, así como fortalecer la coordinación interinstitucional.

A diferencia de los programas previos, cuyas estrategias se dirigían al auxilio, rehabilitación y reconstrucción de los lugares afectados, este documento representa un esfuerzo de las autoridades por promover la prevención y consolidar una cultura de la autoprotección. A pesar de ello, la participación social en la gestión de los riesgos continúa siendo restringida, estando la prevención en gran medida en manos de las instituciones especializadas.

Algunas de las acciones que se están implementando como parte de estas estrategias son:

- 1. Ejecutar programas especializados de capacitación en todos los órdenes de gobierno*
- 2. Constituir el servicio profesional de carrera en materia de protección civil*
- 3. Incorporar en los programas educativos asignaturas sobre la protección civil*
- 4. Consolidar una cultura de la prevención a través de los medios de comunicación*
- 5. Promover alianzas para la generación de conocimiento y tecnología aplicada a la prevención de desastres*
- 6. Equipar centros para la generación y procesamiento de información sobre emergencias o desastres*
- 7. Asignar recursos etiquetados para la mitigación y prevención, al presupuesto de las entidades*

Mediante estas acciones se busca reducir la elevada rotación de los cuadros operativos, técnicos y directivos; promover la cooperación y transferencia de conocimientos entre investigadores nacionales e internacionales; disminuir la escasez de recursos económicos para apoyar las investigaciones que favorezcan la prevención; favorecer la generación de información en situaciones de emergencia o desastre para una mejor toma de decisiones; evitar la discrecionalidad en la asignación de los recursos económicos, y actualizar las disposiciones legales en materia de protección civil.

En el caso de las estrategias y acciones que se están implementando para mitigar los riesgos relacionados con el agua, éstas se enfocan tanto en la instalación como en la mejora de los sistemas para la medición y alerta de fenómenos hidrometeorológicos, al igual que de las inundaciones en las cuencas hidrológicas. Estas medidas están siendo ejecutadas por las autoridades responsables de la protección civil con la participación de la Conagua; institución responsable de la gestión del agua a nivel nacional. Por lo pronto, no existen medidas encaminadas a reducir la exposición de la población a los riesgos que devienen de la carencia o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje.

b. Programa General de Protección Civil para el Distrito Federal, 2007-2012

El PGPCDF, cuya finalidad es proteger a la vida, bienes y entorno de los habitantes del DF, se sujeta a los lineamientos definidos en el PND y del PNPC. De acuerdo con este programa, la capital del país está expuesta a riesgos de origen natural y antrópico; siendo los sismos, las cenizas del volcán

Fuente: Programa Nacional de Protección Civil, 2007-2012.

Popocatépetl, las inundaciones por intensas lluvias, los deslizamientos en las faldas de cerros, la erosión, los agrietamientos y la subsidencia por el hundimiento del terreno, las principales amenazas

que enfrentan los residentes de esta entidad. Sin embargo, también identifica como otras posibles amenazas para los capitalinos: la contaminación, los incendios, las explosiones, las inundaciones por la obstrucción del drenaje y la inestabilidad de los taludes.

Este programa reconoce que los servicios vitales y estratégicos, entre ellos el suministro de agua y drenaje, son indispensables para garantizar la seguridad de la población. Por consiguiente, en la ocurrencia de emergencias, siniestros o desastres, estos servicios deben ser restaurados inmediatamente para iniciar el proceso de recuperación y restablecimiento de la normalidad, así como para evitar mayores perjuicios sobre la población.

Destacan entre las estrategias de este programa para garantizar la seguridad de los capitalinos:

1. Fortalecer el marco normativo, la coordinación y concertación entre los diversos participantes
2. Consolidar la planeación para la prevención, auxilio y recuperación
3. Crear una cultura de protección civil
4. Insertar los temas de protección civil en la educación
5. Reducir la vulnerabilidad de los sistemas afectables
6. Profesionalizar a los responsables protección civil
7. Mejorar la capacidad operativa del sistema de protección civil
8. Fomentar el desarrollo de tecnología para el monitoreo, medición y pronóstico de fenómenos naturales

preparación; b) el subprograma de auxilio, y c) el subprograma de rehabilitación, restablecimiento y reconstrucción. El primer subprograma promueve la generación de conocimientos sobre los eventos que podrían devenir en desastres, la instrumentación de planes para hacerles frente, y la participación de la población en la mitigación y prevención de los riesgos. De manera que, sus estrategias están dirigidas a: la conformación y actualización del atlas de riesgos, la realización de simulacros, el monitoreo de los eventos adversos y la elaboración tanto de programas delegacionales de protección civil como planes de emergencia.

Algunas de las acciones realizadas con este fin incluyen:

1. Ejecutar un inventario de recursos físicos, humanos y financieros
2. Identificar las zonas de mayor y menor riesgo
3. Diseñar manuales de procedimientos para el monitoreo, alerta y atención de las emergencias
4. Vigilar y sistematizar los reportes de la situación que guardan los servicios vitales y los sistemas

Fuente: Programa General de Protección Civil para el Distrito Federal, 2007-2012.

El segundo subprograma se enfoca en coordinar las responsabilidades y acciones de alerta, atención de la emergencia, búsqueda y salvamento, socorro, atención pre-hospitalaria, transporte y distribución de recursos a los cuerpos de auxilio en situaciones de riesgo, emergencia o desastre. Sus estrategias se enfocan en los procesos de alerta, evaluación de la situación después de un desastre, diseño e implementación de planes de contingencia, coordinación de la atención a emergencias, abasto y

Fuente: Programa Nacional de Protección Civil, 2007-2012.

creación de refugios temporales. Cabe mencionar, que el DF sólo cuenta con el Plan Permanente ante Contingencias Sísmicas, evidenciando que este tipo de eventos continua recibido una mayor atención por parte de las autoridades responsables de la gestión de los riesgos, en comparación con otros riesgos a los que también están expuestos sus pobladores.

Algunas de las acciones implementadas por este subprograma son:

- 1. Establecer sistemas de alerta temprana*
- 2. Coordinar los cuerpos de auxilio, seguridad y salud para la atención de desastres*
- 3. Establecer planes de respuesta*
- 4. Vigilar la implementación de medidas sanitarias posteriores a una situación de emergencia o desastre*
- 5. Administrar y clasificar los suministros y equipos donados*

Fuente: Programa General de Protección Civil para el Distrito Federal, 2007-2012.

Finalmente, el tercer subprograma define las actividades a realizar durante las fases de rehabilitación, restablecimiento y reconstrucción. Sus estrategias están dirigidas al análisis de los daños, la rehabilitación de los servicios vitales y sistemas estratégicos, además de a la evaluación de los planes de emergencia.

Entre las acciones más relevantes de este subprograma se identifican:

- 1. Coordinar, destinar, administrar y distribuir los recursos para la recuperación de los lugares afectados*
- 2. Orientar el proceso de reconstrucción con base en los planes de desarrollo*
- 3. Determinar el impacto y los efectos de los desastres en la salud, servicios vitales, instalaciones estratégicas, infraestructura productiva e infraestructura urbana*
- 4. Ejecutar los planes de contingencia para rehabilitar los servicios públicos*
- 5. Evaluar los planes de emergencia con base en su rendimiento social, económico y operativo*

Fuente: Programa General de Protección Civil para el Distrito Federal, 2007-2012.

Al igual que el marco normativo y programático a nivel federal, en la capital del país tampoco existen estrategias ni líneas de acción explícitas encaminadas a mitigar y prevenir los riesgos que pueden devenir de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. Esta situación se está modificando por lo menos en las disposiciones legales que norman la gestión de los riesgos en el DF, reconociéndose que una de las atribuciones de las autoridades encargadas de la protección civil es participar en la rehabilitación y restablecimiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos, cuando su carencia constituya por si misma un riesgo. A pesar de este avance en el marco legal, todavía no es claro en qué consiste la participación de las dependencias responsables de la protección civil en el DF para la rehabilitación y el restablecimiento de estos servicios.

3.2 Responsabilidades y estrategias de la gestión del agua

La gestión del agua en México se basa en los principios de que este líquido es un bien vital, vulnerable y finito, cuya preservación en cantidad y calidad es una obligación del Estado y la sociedad; además de un asunto prioritario y de seguridad nacional. Mientras que las autoridades regulan los usos del agua y sus concesiones con base en su disponibilidad efectiva; los usuarios pagan por su explotación, uso y aprovechamiento, al igual que por su contaminación (LAN, art. 14 bis 5). No todos los usos tienen la misma relevancia, privilegiándose los de tipo doméstico y público-urbano (LAN, art. 7).

3.2.1 Visión y objetivos

Los objetivos de la gestión del agua consisten en mejorar la cobertura y calidad de los servicios hidráulicos, promover un uso más eficiente de este líquido, implementar un manejo integrado por cuencas, consolidar la participación social y disminuir los impactos de los riesgos hidrometeorológicos. Aunque la mitigación de los riesgos generados por problemas en la prestación de los servicios de agua o drenaje no es un objetivo explícito de la gestión del agua, algunas de sus estrategias contribuyen a esta tarea, como: promover el tratamiento y reuso de las aguas residuales; hacer más eficiente la extracción, distribución, consumo y disposición del agua; consolidar un sistema de información y alerta ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos; participar en la implementación de medidas y planes para enfrentar inundaciones y sequías; así como mantener y ampliar la infraestructura hidráulica para controlar las avenidas (véase el cuadro 3.4).

En este sentido, las medidas que se han implementado para mitigar los riesgos relacionados con el agua en México dan mayor prioridad a evitar los impactos no deseados de los fenómenos hidrometeorológicos, enfocándose en el desarrollo de nuevas tecnologías para el monitoreo, medición y pronósticos de estos fenómenos naturales extremos, al igual que en la construcción de obras de infraestructura hidráulica para mitigar los efectos negativos de su ocurrencia.

Cuadro 3.4 Objetivos de la gestión del agua en México

- Objetivo 1. Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola*
- Objetivo 2. Fomentar la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua y alcantarillado*
- Objetivo 3. Lograr el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos*
- Objetivo 4. Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico*
- Objetivo 5. Consolidar la participación de los usuarios y de la sociedad para promover una cultura del buen uso*
- Objetivo 6. Disminuir los riesgos hidrometeorológicos, además de atender los efectos de inundaciones y sequías*

Fuente: Conagua y Semarnat (2006), Estadísticas del Agua en México, México, Conagua y Semarnat, pp. 10-12.

En el caso del DF, el agua es considerada como un recurso finito, vulnerable, esencial para la vida y con un valor social, cultural, ambiental y económico. Su suministro debe ser salubre y libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas que pongan en riesgo la salud humana. Su

infraestructura y servicios hidráulicos⁵⁰ deben ser accesibles para todos los habitantes, siempre que los usuarios cumplan con la normatividad en materia de uso del suelo (LADF, art. 6).

Debido a que la provisión de los servicios de agua y drenaje son considerados como derechos inalienables de los capitalinos, el GDF está obligado a proporcionarlos. Su prestación para los usuarios domésticos no puede interrumpirse pero si restringirse; mientras que para los usuarios no domésticos, puede suspenderse cuando incumplan con las disposiciones legales (LADF, art. 54 y 90).⁵¹ Por consiguiente, las autoridades deben implementar medidas, tecnologías y mecanismos institucionales capaces de promover una prestación de los servicios hidráulicos con calidad, evitar el agotamiento de las fuentes de agua y su contaminación, así como hacer frente a situaciones de emergencia o desastre (LADF, art. 5; LGEEPA, art. 15, XII).

Al igual que a nivel federal, en la capital del país la mitigación de los riesgos por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales, no forma parte de los objetivos de la gestión del agua. Sin embargo, las diferentes medidas implementadas para distribuirla, administrarla, preservarla y conservarla, contribuyen a reducir los niveles de exposición de la población a estos riesgos. Por ejemplo, de acuerdo con el marco normativo del DF que regula la prestación de los servicios hidráulicos, se hace explícito que no se dotaran con agua o drenaje a quienes habiten en asentamientos humanos irregulares (LADF, art. 50).

A pesar de ello, existen algunas inconsistencias que obstaculizan la mitigación y prevención de los riesgos generados por problemas en la prestación de estos servicios, ya que es posible la regularización de estos asentamientos. La incongruencia en las disposiciones legales que norman la gestión de esta entidad incrementa la vulnerabilidad de sus residentes, dada la estrecha relación que guarda la gestión del agua con la gestión de los riesgos y la planeación urbana.

No sólo en la gestión de los riesgos, también en la gestión del agua existe una visión de tipo naturalista-técnica, dado que las estrategias implementadas para hacerles frente se remiten al desarrollo de nuevas tecnologías y a la construcción de obras de infraestructura que mitiguen y prevengan los impactos de los fenómenos naturales extremos. Esta situación ha sido determinante para que la participación de las dependencias de la gestión del agua en materia de protección civil sea pasiva-reactiva, limitando sus acciones a la consolidación de sistemas de información y alerta de

⁵⁰ Los servicios públicos que presta la administración pública del Distrito Federal relativos al agua, drenaje y alcantarillado (art. 3, XXXIV).

⁵¹ Con base en el Código Financiero del Distrito Federal (CFDF), se suspenderán y/o restringirán los servicios hidráulicos a inmuebles y tomas, cuando no se realice el pago de derechos por la extracción, uso y aprovechamiento del agua o por la descarga de las aguas residuales, quedando exentos los usuarios que se dediquen a actividades agrícolas o pecuarias (LFD, art. 192-D, 224, 237); cuando el uso o aprovechamiento del agua sea superior al volumen autorizado (LFD, art. 224, II), y cuando las aguas residuales sean vertidas sin la autorización de la Conagua o en otro sitio distinto al autorizado (LFD, art. 224, V y 282).

eventos hidrometeorológicos; aunque su intervención en la mitigación y prevención de los impactos negativos por la falta de un suministro de agua que cumpla con los estándares de calidad, así como de medios seguros para disponer las aguas residuales generadas, podría ser más activa porque estas dependencias conocen y se especializan en la prestación de dichos servicios.

3.2.2 Marco institucional y legal

La gestión del agua en el DF tiene un carácter estatal más que local, estando considerablemente limitadas las acciones de las autoridades delegacionales para la prestación de los servicios de agua y drenaje, a las disposiciones del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) y de las instancias federales. Por consiguiente, es importante identificar cómo participan las dependencias responsables de la gestión del agua en la mitigación de los riesgos generados por problemas en la prestación de los servicios mencionados, así como determinar qué lugar ocupan estos riesgos entre sus atribuciones.

a. Instituciones federales responsables de la gestión del agua y sus atribuciones

a.1 Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

La mayoría de las funciones de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) se remiten a evitar y prevenir tanto la contaminación como el deterioro de los cuerpos de agua y de las cuencas hidrológicas. Aunque entre sus competencias la prestación de los servicios hidráulicos no es un tema prioritario, delega la responsabilidad de dotar a la población con los servicios de agua y drenaje a su organismo desconcentrado la Comisión Nacional del Agua (Conagua) (véase la figura 3.3). En sus funciones no se incluye explícitamente la reducción de la exposición de la población a los riesgos generados por problemas en la prestación de los servicios hidráulicos.

Algunas de las atribuciones de esta dependencia incluyen la expedición de las NOM en materia hídrica, la definición de las zonas de protección hidrológica y de recarga de los acuíferos, la evaluación del impacto ambiental de las obras hidráulicas y las actividades que pongan en riesgo los cuerpos de agua, además del control de la contaminación de las aguas nacionales. Sobresale su participación en la planificación, dado que puede prohibir el desarrollo de nuevos centros de población en áreas naturales protegidas o cuando éstos afectan las cuencas hidrológicas, poniendo en evidencia que existe una estrecha relación entre la gestión del agua, la gestión de los riesgos y la planificación (véase el cuadro 3.5).

a.1 Comisión Nacional del Agua

La autoridad en la gestión del agua corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejerce directamente o mediante la Comisión Nacional del Agua (Conagua) (LAN, art. 4). Al ser la autoridad técnica, es responsable de diseñar, coordinar e implementar la política hídrica nacional, así como las disposiciones asociadas a la inversión, mejora y mantenimiento de la infraestructura hidráulica (véase la figura 3.3). De igual forma, regula la calidad del agua; las concesiones para la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales; la prestación de los servicios hidráulicos; los permisos de descargas y de perforación de pozos, y la recarga artificial de los acuíferos (LAN, art. 9, 18, 84-88, 98y 106-107) (véase el cuadro 3.5).

Con respecto a sus atribuciones para mitigar los riesgos relacionados con el agua, colabora con la DGPC y el Sinapro, sistematizando información sobre las condiciones meteorológicas a nivel nacional, identificando las zonas inundables para el Atlas de Riesgo, implementando medidas de prevención y atención en emergencias por fenómenos hidrometeorológicos y garantizando la operación de los servicios hidráulicos afectados por fenómenos perturbadores. En coordinación con la Secretaría de Salud (SS) y la Semarnat, establece las acciones para evitar el deterioro de la salud de la población y el medio ambiente por la contaminación del agua. Es responsable de construir obras hidráulicas que prevengan inundaciones y evitar que dichas obras pongan en peligro la vida de la población, así como de conciliar los conflictos generados por el agua, informar a la población sobre la escasez y contaminación de sus fuentes de abastecimiento y garantizar la seguridad hídrica del país (LAN, art. 9, 13 bis 4, 83, 84, 86 y 100) (véase el cuadro 3.5).

Cuenta con un consejo técnico que la auxilia en la toma de decisiones sobre la política nacional del agua. Este consejo está conformado por los titulares de las secretarías de Hacienda y Crédito Público, Desarrollo Social, Energía, Economía, Salud, Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; también por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Comisión Forestal (LAN, art. 10). La falta de representantes de la Segob y de sus dependencias adscritas verifica que la participación de las instituciones responsables de la gestión del agua en la mitigación de sus riesgos asociados no es prioritaria, por ende, su participación en esta materia es limitada, aunque el agua es considerada como un tema de seguridad nacional.

a.2 Organismos de Cuenca y Consejos de Cuenca

Para cumplir con sus funciones, la Conagua se apoya de trece regiones administrativas,⁵² conocidas como organismos de cuenca a partir de la reforma de la LAN en el año 2004 (véase la figura 3.3). Estos organismos son la autoridad operativa en la gestión del agua en el país, pero su delimitación

⁵² Las trece regiones administrativas establecidas por la Conagua con base en criterios hidrológicos son: Península de Baja California, Noreste, Pacífico Norte, Pacífico Centro, Pacífico Sur, Frontera Norte, Nazas-Aguanaval, Lerma Santiago, Golfo Norte, Golfo Centro, Golfo Sur, Península de Yucatán y Valle de México (CNA, 2000).

territorial responde a factores de tipo hidrológico-administrativos ante la necesidad de promover la coordinación de las acciones gubernamentales respetando los límites políticos de las entidades federativas.

Los organismos de cuenca se encargan de diseñar la política hídrica y administrar las aguas nacionales en su jurisdicción, mantener la infraestructura hidráulica, coordinar la gestión integrada de los recursos hídricos con las autoridades estatales y locales, apoyar la prestación de los servicios hidráulicos, controlar las inundaciones y asignar a las comisiones estatales la dotación de agua en bloque otorgada por la Conagua. Las comisiones estatales por su parte, además de recibir el agua asignada, están obligadas a tratarla para que cumpla con las NOM para su consumo humano seguro y distribuirla a los organismos operadores locales (LAN, art. 12, 12 bis, 12 bis 1-4).

Por otro lado, los consejos de cuenca son responsables de promover la participación, coordinación y concertación entre las dependencias gubernamentales y la sociedad para resolver de manera más eficiente y oportuna los problemas relacionados con el agua en el país (véase la figura 3.3). Se auxilian de las comisiones de cuenca, los comités de cuenca y los comités técnicos de aguas del subsuelo o subterráneas (cotas), cuyos ámbitos de acción son las subcuencas, micro-cuencas y acuíferos. Estas comisiones y comités no están subordinados a la Conagua, pero su organización y funcionamiento se sujetan a las disposiciones legales emitidas por esta instancia (LAN, art. 13, 13 bis, 13 bis 1-4). Aunque las funciones de estos organismos están enfocadas a promover un uso más eficiente del agua, impulsar la preservación de la calidad de los cuerpos de agua y fortalecer la participación social en las decisiones sobre la gestión; no están dirigidas explícitamente a reducir la exposición de la población a los riesgos por la falta o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje (véase el cuadro 3.5).

La delimitación territorial de los consejos de cuenca obedeció a su interés por facilitar la participación de los diferentes actores políticos y sociales interesados en la gestión del agua; motivo por el cual no coincide necesariamente con los límites de las cuencas naturales o de los organismos de cuenca. Esta situación dificulta la conformación de acuerdos entre los diferentes actores (públicos, privados y sociales) involucrados en la administración, uso, consumo, preservación y control de la calidad del agua, así como en el diseño e implementación de las políticas, planes y programas en esta materia.

a.4 Otras dependencias

Otras dependencias que participan en la gestión del agua son el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), el Servicio

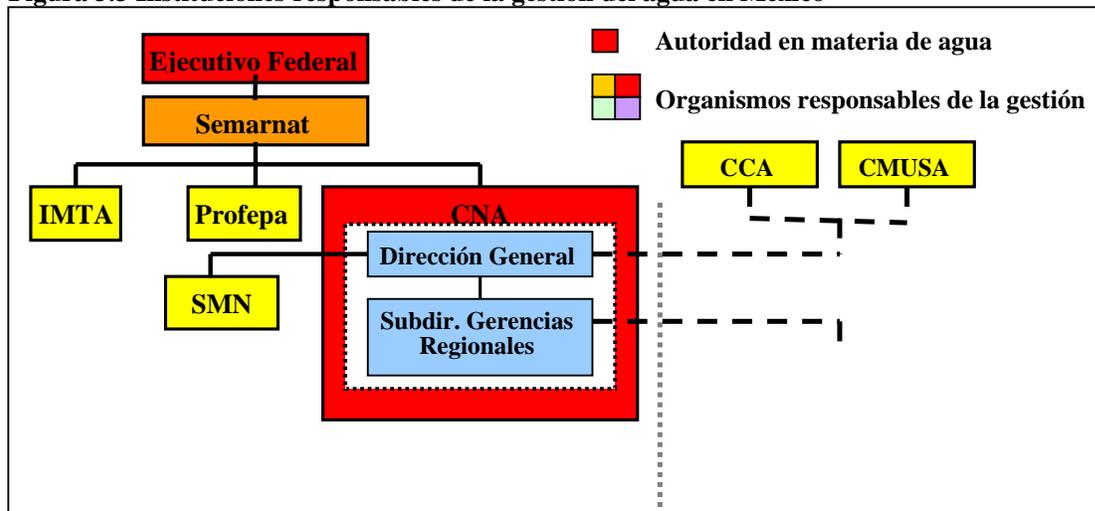
Meteorológico Nacional (SMN), los Consejos Consultivos del Agua (CCA) y el Comité Mexicano para el Uso Sustentable del Agua (CMUSA) (véase la figura 3.3).

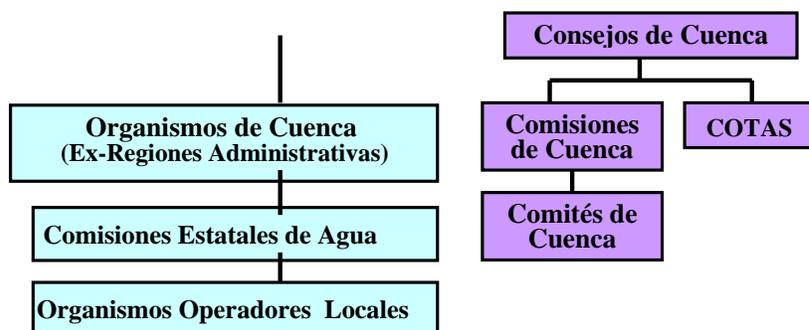
Las facultades del IMTA y la Profepa están restringidas a ámbitos de acción muy específicos. El IMTA es un instituto descentralizado de la Semarnat, con autonomía técnica y operativa, dedicado al desarrollo de tecnología y capital humano para hacer más eficiente y adecuado el uso, aprovechamiento y consumo del agua. La Profepa es un organismo desconcentrado de la Semarnat que vigila el cumplimiento de las disposiciones ambientales en la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales; formula denuncias e impone sanciones como medidas correctivas y preventivas para preservar la calidad y cantidad del agua, y solicita la cancelación de los permisos de descargas residuales cuando no cumplen con las disposiciones ambientales (LAN, art. 14 bis 3).

En el caso del el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ésta es una unidad técnica especializada y autónoma que está adscrita al titular de la Conagua, cuyas atribuciones son generar, interpretar y difundir información meteorológica de carácter estratégico que mejore la toma de decisiones. Los CCA son organismos autónomos de consulta, integrados por personas físicas pertenecientes al sector privado y social que están relacionadas con la problemática del agua. Sus funciones incluyen crear una nueva cultura del agua, recomendar acciones para resolver los problemas de este recurso y evaluar la eficacia de las medidas implementadas. Finalmente, el CMUSA está conformado por las diferentes dependencias de la Administración Pública Federal, entidades federativas y representantes de la sociedad para impulsar las acciones que promuevan la toma de conciencia sobre el uso y manejo sustentable del agua, así como la implementación de una gestión integrada de los recursos hídricos.

Las competencias de estas dependencias reducen la exposición de la población a los riesgos por la falta o prestación intermitente de los servicios hidráulicos, al contribuir a garantizar la disponibilidad y calidad del agua y sus fuentes; promover una mayor participación, colaboración y coordinación de los diferentes sectores y órdenes de gobierno, además de generar información especializada y oportuna sobre los eventos hidrometeorológicos que podrían tener impactos destructivos.

Figura 3.3 Instituciones responsables de la gestión del agua en México





Fuente: Elaboración propia con información de la LAN, LGEEPA, RLAN y del RLGEPA.

Cuadro 3.5 Atribuciones de las dependencias federales responsables de la gestión del agua

	Conagua	Organismo de Cuenca	Consejo de Cuenca	Semarnat	IMTA	Profepa	SMN	CCA	CMUSA
Atribuciones y facultades									
<i>Participa en la política hídrica nacional, regional y local</i>	X	X	X						
<i>Interviene en la evaluación, monitoreo y regulación de la cantidad y calidad del agua</i>	X	X	X	X		X		X	X
<i>Interviene en la delimitación, protección y recuperación de las zonas de recarga y zonas con relevancia hídrica</i>	X	X		X		X			
<i>Contribuye en el diseño, implementación o evaluación de los planes y programas en materia de agua</i>	X	X	X	X				X	X
<i>Define, evalúa, construye y da mantenimiento a las obras de infraestructura hidráulica</i>	X	X	X						
Atribuciones y facultades									
<i>Interviene para otorgar, vigilar y cancelar las concesiones para la prestación de los servicios hidráulicos</i>	X	X							
<i>Impulsa la investigación para reducir el consumo de agua, la consolidación de una cultura más sustentable y la capacitación de los responsables de su gestión</i>	X	X			X			X	X
<i>Participa en la prestación de los servicios hidráulicos en situaciones de normalidad</i>		X							
<i>Garantiza y opera los servicios hidráulicos en situaciones de emergencia</i>	X								
<i>Participa en la promulgación y evaluación de las declaratorias de riesgo por inundaciones</i>	X	X							
<i>Interviene en la conciliación de conflictos por el agua</i>	X	X	X						
<i>Promueve la participación de diferentes actores en la gestión del agua, así como la coordinación y colaboración interinstitucional</i>			X					X	X
<i>Colabora en la implementación de acciones de prevención para preservar la salud de la población y de los ecosistemas</i>	X	X		X	X	X			
<i>Colabora en la implementación de acciones de prevención para mejorar el conocimiento de los fenómenos hidrometeorológicos por medio de la investigación y del desarrollo de tecnología para el monitoreo, medición y pronóstico</i>	X	X		X			X		

<i>Colabora en la implementación de acciones de prevención relacionadas con la construcción de infraestructura hidráulica</i>	X	X			X				
<i>Interviene en las inundaciones y hundimientos de origen hidráulico</i>									
<i>Realiza acciones de prevención para difundir información a la población sobre situaciones de emergencia o desastres de tipo hidrometeorológico</i>	X	X					X		
<i>Participa en el diseño, evaluación e implementación de la política, planes y programas en materia de protección civil</i>	X	X			X				
<i>Participa en la planificación urbana regulando la construcción de nuevos centros de población, delimitando los usos de suelo y las zonas de riesgo</i>		X			X				

Fuente: Elaboración propia con información de la LAN, LGEEPA, RLAN y del RLGEEPA.

b. Instituciones responsables de la gestión del agua en el Distrito Federal

b.1 Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal

En el DF, el Jefe de Gobierno (JGDF) ejerce su autoridad en materia de agua por medio de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA). Esta dependencia es responsable de la gestión del agua en la capital del país, estando encargada de formular la política ambiental en esta entidad, vigilar la conservación y control de la contaminación de las aguas asignadas por la Conagua y/o de jurisdicción del DF, expedir las normas ambientales en materia hídrica, vigilar la disponibilidad y calidad del agua para todos los habitantes, implementar las acciones para aprovechar las aguas pluviales y tratar las aguas residuales, controlar las descargas de las aguas residuales, conducir la política para la construcción de obras hidráulicas, otorgar concesiones para la prestación de los servicios hidráulicos y proteger las zonas de recarga de los acuíferos (véase la figura 3.4).

Realiza importantes tareas en el ámbito de la planeación, al diseñar y vigilar el cumplimiento de los programas de ordenamiento ecológico, teniendo la facultad para suspender las obras, actividades y licencias de construcción cuando éstas violen las disposiciones ambientales (LADF, art. 15; LAMDF, art.9, 71, 104-107; LODF, art. 26; RLAMDF, art. 64).

Esta secretaría no tiene funciones explícitas para mitigar los riesgos generados por problemas en la prestación de los servicios hidráulicos, ya que prioriza la prevención y control de las emergencias ecológicas, contingencias ambientales y el deterioro de los ecosistemas. Sin embargo, algunas de sus facultades contribuyen a reducir la exposición de la población a estos riesgos. Por ejemplo, dar seguimiento a los fenómenos hidrometeorológicos extremos y atender las zonas afectadas por éstos, regular las actividades ambientalmente riesgosas, evitar la construcción de obras hidráulicas que pongan en peligro a la población, construir y operar la infraestructura hidráulica para el control de inundaciones y avenidas, e implementar medidas tanto para la prevención como para el control de la

contaminación de los cuerpos de agua (LADF, art. 104; RLAMDF, art. 15; LODF, art. 26; LAMDF, art. 9, 107, 125, 180 y 183).

b.2 Sistema de Aguas de la Ciudad de México

La SMA se auxilia para la administración, control y preservación del agua en el DF de su órgano desconcentrado, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM). Esta instancia fue creada en el año 2003, con el fin de concentrar las funciones de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y de la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF) para evitar la duplicidad de sus funciones. Algunas de las actividades que eran competencia de la CADF son realizadas actualmente por cuatro empresas privadas, con las que el GDF firmó contratos por servicios. La participación de estas empresas en la prestación del servicio de agua ha favorecido el incremento en la recaudación, en la emisión de boletas de pago, en la reparación de fugas, en la instalación de medidores y en la actualización del padrón de usuarios (véase la figura 3.4).⁵³

Entre las atribuciones que realiza el SACM se identifican: regular las descargas de aguas residuales; evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; recargar artificialmente los acuíferos; administrar las aguas que son de jurisdicción del GDF; evaluar la disponibilidad y calidad del agua; construir, operar y dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica realizada con recursos del GDF; prestar los servicios de agua, drenaje, alcantarillado, tratamiento y reuso de las aguas residuales; evitar el azolve de la red de alcantarillado; suministrar de manera alternativa el agua cuando no sea posible por la red; vigilar que el agua cumpla con las NOM, y sancionar a quienes no cumplan las disposiciones en esta materia (LADF, art. 16, 27, 36, 41, 52, 67, 71 y 84).

Las funciones de esta dependencia en materia de mitigación de riesgos relacionados con el agua están enfocadas a controlar las inundaciones y los hundimientos de origen hidráulico, evaluar las variaciones en la disponibilidad del agua, y reducir los impactos negativos tanto de la mala calidad del agua como de la construcción y operación de las obras de infraestructura hidráulica (LADF, art. 16, 27, 36, 41, 52, 67, 71 y 84). Por consiguiente, a diferencia de las instancias a nivel federal, las atribuciones de la SACM privilegian su participación en la mitigación y prevención de riesgos generados por el deterioro de la calidad del agua y de los impactos de la infraestructura hidráulica construida.

Entre sus competencias se hace explícito que sólo su personal y el cuerpo de bomberos podrán operar la maquinaria e infraestructura asociada a los servicios hidráulicos para desazolvar el sistema de

⁵³ Las empresas privadas que participan en la gestión del agua en el DF son: Proactiva Medio Ambiente y Servicios de Agua Potable (PMA-SAPSA), Industrias del Agua de la Ciudad de México (IACM), Tecnología y Servicios de Agua (Tecs) y Agua de México (Aguamex).

drenaje y alcantarillado. Colabora con la SS en la medición y control de la calidad del agua abastecida, para evitar el deterioro en la salud de la población (LADF, art. 70, 113 y 116). Asimismo, dictamina la factibilidad para la prestación de los servicios hidráulicos en nuevos fraccionamientos con base en la disponibilidad del agua e infraestructura; formula e implementa los programas de uso eficiente y ahorro del agua; restringe el suministro de agua cuando prevé una situación de escasez o se realiza alguna reparación, y ejecuta los programas urbanos de drenaje (LADF, art. 23, 26, 61 y 62). Por consiguiente, esta dependencia está facultada para intervenir en la planificación urbana del DF.

Al igual que la Conagua, el SACM cuenta con un consejo que lo respalda en la aprobación de los planes, presupuestos y en la definición de las bases para la prestación de los servicios hidráulicos. Este consejo está integrado por los titulares de las secretarías del Medio Ambiente, Obras y Servicios, Salud, Desarrollo Urbano y Vivienda, Gobierno, Finanzas, la Tesorería, la Procuraduría Ambiental y la Procuraduría del Ordenamiento Territorial (LADF, art. 11). No participan en éste, los representantes de la Secretaría de Protección Civil, evidenciando la limitada colaboración y coordinación de las instancias responsables de la gestión del agua, con las encargadas de la atención de los riesgos.

b.3 Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal

La Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal (SOS) participa activamente en la gestión del agua en esta entidad, realizando funciones vitales en la prestación de los servicios hidráulicos, al igual que en la construcción y mantenimiento de su infraestructura hidráulica. Algunas de las atribuciones de esta secretaría coinciden con las del SACM, haciendo necesaria una mejor coordinación y comunicación entre ambas instancias para evitar gastos innecesarios, al duplicar algunas de sus atribuciones como: regular las descargas de aguas residuales; sancionar a quienes den mal uso a la infraestructura hidráulica; construir, operar y dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica propiedad del GDF; evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas; evitar el azolve de la red de alcantarillado; prestar los servicios hidráulicos, y suministrar de manera alternativa el agua cuando no sea posible por medio de la red (RSADDF, art. 4, 8, 57 y 125; LODF, art. 27) (véase la figura 3.4).

Entre las facultades que son sólo competencia de la SOS se identifican: concesionar las plantas de tratamiento, vigilar que las instalaciones interiores a los predios cumplan con las normas en materia de agua, reparar las obras hidráulicas y suministrar de manera alternativa el agua tratada cuando no exista el servicio público (RSADDF, art. 4, 27, 80 y 104). Al igual que el SACM, las atribuciones de la SOS en materia de mitigación y prevención de riesgos privilegian la reducción de las amenazas ambientales y antropogénicas asociadas a la prestación de los servicios de agua y drenaje, en

comparación con los fenómenos hidrometeorológicos (RSADDF, art. 4, 7, 102 y 145). Sin embargo, la falta de un suministro de agua, el incumplimiento de los estándares de calidad y la ausencia del servicio de drenaje, siguen sin ser reconocidos como fenómenos que pueden poner en riesgo el bienestar de los capitalinos.

b.4 Delegaciones del Distrito Federal

Las delegaciones del DF han tenido una participación relevante en la gestión del agua. Sin embargo, sus funciones se han limitado a apoyar a la SMA y al SACM en el cumplimiento de sus atribuciones (véase la figura 3.4). Estas instancias colaboran en la implementación de la política, planes y programas en materia de agua en sus territorios, en la prestación de los servicios hidráulicos, en la construcción y reparación de la infraestructura hidráulica, así como en el control de las descargas de las aguas residuales (véase el cuadro 3.6). Asimismo, ayudan a mantener las obras hidráulicas y reparar las fugas, participan en la realización de campañas de salud pública y en la prestación de los servicios de limpia; además de expedir certificados de uso del suelo y licencias de construcción (LAN, art. 88; LADF, art. 41 y 42; LAMDF, art.10 y 18; LODF, art. 39).

Las delegaciones colaboran de manera estrecha con las instituciones y organismos responsables de la protección civil en el DF en la elaboración, ejecución y supervisión del cumplimiento de los programas general, internos y especiales en esta materia, al igual que en la autorización de los informes de impacto ambiental en sus respectivas jurisdicciones. Junto con el cuerpo de bomberos y de rescate, intervienen en la prevención de inundaciones y otros siniestros (LAMDF, art.10; LODF, art. 39).

Por consiguiente, a diferencia de la gestión de los riesgos que tiene un carácter local, siendo las UDPC las instancias que intervienen en primer lugar en la mitigación y prevención de los riesgos a los que están expuestos sus residentes; la gestión del agua en el DF tiene un carácter estatal, estando las decisiones en esta materia en manos del SMA, SACM y la SOS, que forman parte de la Administración Pública del GDF.

La falta de correspondencia entre los niveles de gobierno que determinan la gestión del agua y la gestión de los riesgos en esta entidad, obstaculiza las relaciones intergubernamentales horizontales y la coordinación vertical entre las instancias responsables de intervenir en la mitigación y prevención de los riesgos generados por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje.

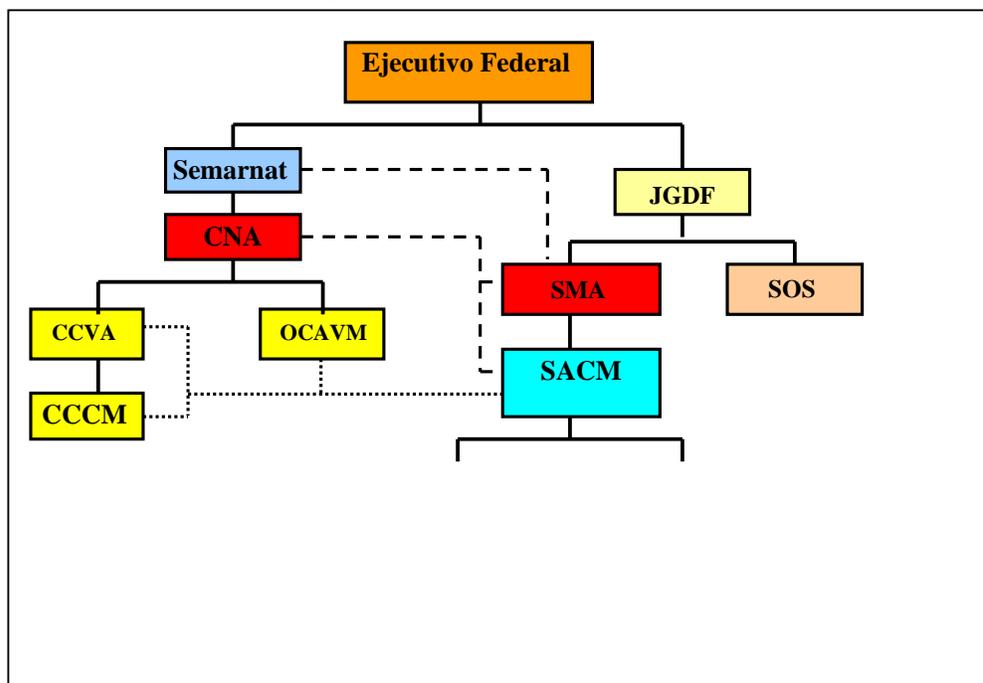
b.5 Instituciones y organismos regionales y metropolitanos

Debido a que el DF es parte de la Cuenca de México, de la Región Hidrológico-Administrativa XIII y de la ZMCM, la gestión del agua en esta entidad también está sujeta a las disposiciones y acuerdos del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (OCAVM), el Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM) y sus organismos auxiliares, la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana (CADAM) y el Fideicomiso 1928 para apoyar el saneamiento del Valle de México (Fideicomiso1928) (véase la figura 3.4).

El CCVM es una instancia de coordinación y concertación entre los representantes de los usuarios, la Conagua y los gobiernos Federal, del DF y del Estado de México. Está encargado de formular y ejecutar los programas para mejorar la administración del agua, desarrollar la infraestructura hidráulica y sus servicios, además de conservar y restaurar de manera integral las cuencas de México y Tula. Con este fin, es auxiliado por el Comité de Cuenca de la Cañada de Madero (CCCM), enfocado en resolver los problemas de la microcuenca localizada en la ciudad de Tepeji del Río, Hidalgo. Sin embargo, no cuenta con ningún Comité Técnico de Aguas Subterráneas (Cota), a pesar de que los niveles de extracción en cuatro de los acuíferos de la Cuenca de México exceden su recarga natural.

Finalmente, la CADAM y el Fideicomiso 1928 constituyen órganos básicos para la coordinación en materia hidráulica entre los gobiernos Federal, del DF y del Estado de México. La CADAM es responsable de promover la colaboración entre las dependencias y entidades de los órdenes de gobierno mencionados para la planeación, construcción, operación, mantenimiento, desarrollo y transferencia de los caudales de agua en los sistemas hidráulicos metropolitanos. Por otro lado, el Fideicomiso 1928 tiene como propósito administrar los proyectos de drenaje y saneamiento de la ZMCM, en coordinación con las diferentes instancias de gobierno que conforman esta región.

Figura 3.4 Instituciones responsables de la gestión del agua en el Distrito Federal



Delegaciones

Empresas privadas:
PMA-SAPSA
TECSA
IACM
Aguamex

■ Autoridad en materia de agua

■ Organismos de participación y coordinación

Fuente: Elaboración propia con información de la LADF, LODF, LAMDF y del RSADDF.

Cuadro 3.6 Atribuciones de las dependencias del GDF responsables de la gestión del agua

Atribuciones y facultades	SMA	SACM	SOS	Delegaciones	OCAVM	CCVM	CADAM	Fideicomiso 1928
<i>Participa en la política hídrica nacional, regional y local</i>	X	X			X	X	X	
<i>Interviene en la evaluación, monitoreo y regulación de la cantidad y calidad del agua</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Interviene en la delimitación, protección y recuperación de las zonas de recarga y zonas con relevancia hídrica</i>	X	X	X		X			
<i>Contribuye en el diseño, implementación o evaluación de los planes y programas en materia de agua</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Define, evalúa, construye y da mantenimiento a las obras de infraestructura hidráulica</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Interviene para otorgar, vigilar y cancelar las concesiones para la prestación de los servicios hidráulicos</i>	X	X	X					
<i>Impulsa la investigación para reducir el consumo de agua, la consolidación de una cultura más sustentable y la capacitación de los responsables de su gestión</i>	X	X	X					
<i>Participa en la prestación de los servicios hidráulicos en situaciones de normalidad</i>		X	X	X			X	
<i>Garantiza y opera los servicios hidráulicos en situaciones de emergencia</i>								
<i>Participa en la promulgación y evaluación de las declaratorias de riesgo por inundaciones</i>								
<i>Interviene en la conciliación de conflictos por el agua</i>					X	X	X	
<i>Promueve la participación de diferentes actores en la gestión del agua, así como la coordinación y colaboración interinstitucional</i>	X	X			X	X	X	
Atribuciones y facultades	SMA	SACM	SOS	Delegaciones	OCAVM	CCVM	CADAM	Fideicomiso 1928
<i>Promueve la participación de diferentes actores en la gestión del agua, así como la coordinación y colaboración interinstitucional</i>	X	X	X		X			
<i>Colabora en la implementación de acciones de prevención para preservar la salud de la población y de los ecosistemas</i>	X							
<i>Colabora en la implementación de acciones de prevención relacionadas con la construcción de infraestructura hidráulica</i>	X	X	X	X	X			X
<i>Controla inundaciones y hundimientos de origen hidráulico</i>		X	X					
<i>Realiza acciones de prevención para difundir información a la población sobre situaciones de emergencia o desastres de tipo hidrometeorológico</i>								
<i>Participa en el diseño, evaluación e implementación de la política, planes</i>	X	X		X				

<i>y programas en materia de protección civil</i>								
<i>Participa en la planificación urbana en el diseño, evaluación, implementación o vigilancia de los programas de ordenamiento y de ordenamiento ecológico</i>	x	x		x	x	x	x	

Fuente: Elaboración propia con base en la información de la LADF, LODF, LAMDF y del RSADDF.

Con el objetivo de determinar si las medidas implementadas en los instrumentos para la planificación de la gestión del agua a nivel nacional y DF son congruentes con las atribuciones que tienen las dependencias responsables de llevarla a cabo, en el siguiente apartado se analizan el Programa Nacional Hídrico (PNH), el Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal (PMAP) y el Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México (PMD).

Una de las limitaciones más importantes tanto en el análisis como en la ejecución de estos planes y programas, es que no tienen la misma vigencia. Por un lado, el PNH abarca el periodo 2007-2012, de manera que sus estrategias se basan en la situación hídrica actual del país. Por otro lado, el PMAP comprende los años de 1997 al 2010, mientras que el PMD el periodo de 1995 al 2010. Dado que estos planes fueron elaborados a fines de la década de los noventa, corresponden a un contexto social, económico, político y ambiental diferente al que se encuentra en el presente el DF.

Por ejemplo, cuando fueron diseñados el PMAP y el PMD, la coordinación y colaboración interinstitucional no eran consideradas como requisitos para una gestión pública integral de los recursos hídricos; tampoco la participación social en la toma de decisiones sobre la gestión del agua era un tema que formaba parte de la agenda de gobierno. Adicionalmente, los habitantes del DF no elegían por sufragio electoral a sus gobernantes, estando gran parte de las decisiones en materia hidráulica en manos de las autoridades federales. En este sentido, las afirmaciones con respecto a estos documentos deben hacerse con reservas, teniendo en cuenta su falta de vigencia y su referencia a otro contexto.

3.2.3 Planificación en la gestión del agua

El agua constituye un tema transversal a los ejes temáticos del PND, reconociéndose que la prestación de los servicios de agua y drenaje son esenciales para garantizar los derechos humanos, hacer que la economía mexicana sea competitiva, mejorar las condiciones de vida de la población, reducir la vulnerabilidad de los grupos menos favorecidos y evitar el deterioro del medio ambiente.⁵⁴

⁵⁴ Los cinco ejes temáticos del PND 2007-2012 son: 1) Estado de derecho y seguridad, 2) Economía competitiva y generadora de empleos, 3) Igualdad de oportunidades, 4) Sustentabilidad ambiental y 5) Democracia efectiva y política exterior responsable.

Para cumplir con los objetivos de este plan, encaminados a asegurar el respeto al derecho de acceso a un suministro de agua seguro (Eje 1, Obj. 12), incrementar la cobertura del servicio de agua, saneamiento y alcantarillado para todos los mexicanos (Eje 2, Obj. 16 y Eje 4, Obj. 1), lograr un manejo integrado y sustentable de las aguas superficiales y subterráneas (Eje 2, Obj. 16; Eje 4, Obj. 2), mejorar las condiciones de salud de la población (Eje 3, Obj. 4) e impulsar las medidas de adaptación a los efectos del cambio climático (Eje 4, Obj. 11), el Gobierno Federal se auxilia del Programa Nacional Hídrico (PNH), el cual constituye el instrumento rector de la gestión del agua en México.

a. Programa Nacional Hídrico, 2007-2012

El PNH reconoce que el agua es un elemento estratégico para atender las necesidades básicas de la población e impulsar el desarrollo de las actividades económicas del país. Sin embargo, su explotación, uso y aprovechamiento es insostenible, ante la imposibilidad de sufragar los costos económicos, sociales y ambientales de importar agua desde fuentes cada vez lejanas o profundas, así como de recuperar las fuentes de agua que han sido contaminadas.

Este programa tiene como objetivos para que todos los mexicanos tengan acceso a una dotación mínima de agua que cumpla con los estándares de calidad para preservar su salud y la de su entorno, se reconozca el valor estratégico del agua, se promueva su uso eficiente, se prevengan y atiendan los riesgos hidrometeorológicos y se fortalezcan los mecanismos de adaptación al cambio climático. Entre estos objetivos se encuentran:

- 1. Mejorar la productividad del agua en el sector agrícola*
- 2. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua, alcantarillado y saneamiento*
- 3. Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos*
- 4. Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico*
- 5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua*
- 6. Promover una cultura del buen uso del agua y del cumplimiento de las disposiciones legales*
- 7. Prevenir los riesgos derivados de fenómenos hidrometeorológicos y atender sus efectos.*
- 8. Evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico*

Fuente: Programa Nacional Hídrico (PNH), 2007-2012.

Las estrategias definidas en el PNH ayudan a reducir la exposición de la población a los riesgos por problemas en la prestación de los servicios hidráulicos, aunque no sea su finalidad, ya que están dirigidas a mejorar las condiciones de vida de la población, reducir los conflictos por el agua, al igual que mitigar los impactos destructivos de los fenómenos hidrometeorológicos y climáticos extremos.

Estas estrategias incluyen: 1) realizar una explotación, uso y aprovechamiento sustentable del agua, 2) posicionar los problemas del agua como un tema de seguridad nacional, 3) promover la investigación

y la transferencia tecnológica en el sector hidráulico, 4) incrementar la cobertura de los servicios de agua, saneamiento y alcantarillado, 5) mejorar la calidad del agua suministrada, 6) mejorar los sistemas de alerta y el equipo de atención a emergencias ante fenómenos hidrometeorológicos, 7) implementar planes de prevención y atención contra inundaciones y 8) restablecer los servicios hidráulicos en situación de emergencia.

Algunas de las acciones específicas que se realizan como parte de estas estrategias son:

1. *Evaluar permanentemente la disponibilidad del agua (superficial y subterránea) para regular la construcción de nuevos conjuntos habitacionales*
2. *Fomentar la inversión de los diferentes sectores para mejorar la infraestructura hidráulica*
3. *Consolidar los consejos de cuenca y los comités técnicos de aguas subterráneas (cotas)*
4. *Informar a la población sobre la escasez del agua y los costos de proveerla*
5. *Apoyar los programas de autogestión en el suministro y preservación del agua*
6. *Construir y mantener la infraestructura para control de avenidas, inundaciones y desbordamiento*
7. *Mejorar las redes y sistemas de monitoreo, pronóstico y alerta temprana*
8. *Evitar los asentamientos humanos en zonas inundables y reubicar los que se localicen en estas áreas*

Fuente: Programa Nacional Hídrico (PNH), 2007-2012.

Una de las mayores contribuciones de este programa hídrico es que rescata el papel que tiene la planeación integral del uso del territorio para reducir la exposición de la población a los riesgos que enfrenta, al fortalecer la participación de las autoridades responsables de la gestión del agua en la determinación de la estructura urbana y los usos del suelo. Asimismo, rescata la importancia de la autogestión de las comunidades para garantizar la prestación de los servicios hidráulicos, ante la falta de capacidades económicas, humanas o tecnológicas por parte de las autoridades, para dotar a todos los habitantes con estos servicios.

Muchos de los avances en materia de planificación para la gestión del agua todavía no se han incorporado en los planes y programas del DF en materia de agua y drenaje, dado que éstos fueron diseñados hace casi una década. Esto no implica que no sean relevantes o útiles para los fines que fueron creados, más bien que requieren ser ajustados con prontitud para incorporar nuevas estrategias y líneas de acción que sean congruentes con las prioridades del gobierno actual, definidas tanto en el PND como en el PNH.

b. La planeación de la gestión del agua en el DF

b.1 Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal, 1997-2010

En el PMAP se identifica como uno de los problemas prioritarios a resolver la atención de la demanda de agua por parte de los capitalinos, la cual es insostenible por los impactos negativos de la explotación intensiva de las aguas subterráneas y los elevados costos de su importación desde fuentes

cada vez más lejanas. Adicionalmente a este problema, el bajo tratamiento de las aguas residuales generadas en el DF es reconocido como una amenaza para la salud y el bienestar de la población, ya que casi la totalidad de este caudal se vierte en los cuerpos de agua utilizados para extraerlo de la capital del país sin un tratamiento previo, contaminándolos y reduciendo aún más la disponibilidad del agua para el consumo humano.

Estos problemas se ven agravados por la falta de recursos del Gobierno Federal y del GDF para invertir en la mejora, incremento y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, así como por el hundimiento del terreno en algunas zonas de la capital del país, el cual ha provocado la fractura y dislocación de algunas de las redes de suministro de agua y drenaje, generando fugas e incrementando la posibilidad de que las aguas subterráneas se contaminen por la infiltración de las aguas residuales.

El PMAP cuenta con siete programas dirigidos a recuperar el agua que se pierde por fugas en las redes de distribución, promover el uso eficiente del agua y el reuso del agua tratada, incrementar la recarga de los acuíferos, mejorar y ampliar la infraestructura hidráulica y disminuir la extracción intensiva de las aguas subterráneas: RECUPERA, REÚSA, RECARGA, RESPONDE, MEJORA, SUSPENDE y OPERA.

Cada uno cuenta con sus propias estrategias y líneas de acción, estimándose que su implementación requerirá de una inversión de 17.63 billones de pesos, entre 1997 y el año 2010. Otros programas que se derivan de este plan son: el Programa de Uso Eficiente del Agua, el Programa de Agua Limpia, el Programa de Rehabilitación de Redes, el Programa de Sectorización de Redes, el Programa de Rehabilitación y Reposición de Pozos, además del Programa de Atención Inmediata de Fugas (véase el cuadro 3.7)

Cuadro 3.7 Programas del Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal, 1997-2010

Programas	Estrategias y líneas de acción
1. Programa de Recuperación de Agua (RECUPERA)	<i>Está dirigido a detectar y reparar de manera sistemática las fugas en las tomas de agua y en la red de distribución para recuperar el caudal perdido por medio de su detección, la rehabilitación y sustitución de las tuberías y tomas de agua, así como de la sectorización y control de la presión de las redes de distribución.</i>
2. Programa de Reuso de Agua Tratada (REUSA)	<i>Busca consolidar y expandir el tratamiento y reuso de las aguas residuales con la construcción de infraestructura, el desarrollo de tecnología para el tratamiento de los subproductos y la consolidación de la demanda de agua tratada en actividades que no requieran de una elevada calidad.</i>

3. Programa de Recarga de Acuíferos (RECARGA)	<i>Está enfocado en incrementar la recarga de los acuíferos con agua pluvial y tratada mediante la construcción de estanques, lagunas de almacenamiento, pozos de inyección y plantas de tratamiento; además de proteger las zonas de recarga.</i>
4. Programa de Aprovechamiento Responsable del Agua (RESPONDE)	<i>Promueve el uso y consumo eficiente del agua con la instalación de dispositivos ahorradores de agua en los muebles de baño, llaves y regaderas; la consolidación de una cultura para el uso racional y responsable del agua; el uso del agua tratada en el riego de áreas verdes, y la construcción de sistemas de captación de aguas pluviales.</i>
5. Programa de Ampliación y Mejoramiento de la Infraestructura (MEJORA)	<i>Está encaminado a ampliar y mejorar la infraestructura existente mediante programas de mantenimiento, el desazolve de los tanques de almacenamiento y regulación, la mejora en el sistema primario de distribución de agua, el abasto a zonas sin acceso al agua y la construcción de infraestructura hidráulica en las zonas de futura expansión.</i>
6. Programa de Suspensión de Pozos (SUSPENDE)	<i>Tiene como objetivo retirar de operación a los pozos que estén sobreexplotados, además de suspender la extracción de agua del mayor número posible.</i>
7. Programa de Mejoramiento de la Operación y del Servicio (OPERA)	<i>Tiene como fin optimizar la operación de los sistemas de regulación y distribución de agua del DF con las mejoras en estos sistemas.</i>

Fuente: Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal, 1997-2010.

b.2 Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1995-2010

La capacidad de descarga del sistema de drenaje en el DF ha disminuido por el aumento en las conexiones, la pérdida de pendiente de las tuberías y el incremento en el volumen de las descargas. Esta problemática no sólo se ha materializado en las limitaciones para dar mantenimiento a la infraestructura de este sistema; también en las más frecuentes y devastadoras inundaciones, así como en los numerosos encharcamientos provocados por las lluvias y la saturación de las redes de drenaje. Varias veces al año, cuando el Sistema de Drenaje Profundo trabaja con sobrecarga, las aguas negras suben por las lumbreras e inundan algunas calles con aguas residuales.

El PMD busca dar solución a los problemas en el drenaje del DF y su Zona Metropolitana, mediante la mejora, mantenimiento y construcción de obras de infraestructura, que incrementen la capacidad de descarga, almacenamiento y regulación del sistema de drenaje. Algunos de los programas implementados como parte de este plan son: el Programa de Ampliación y Mejoramiento de la Infraestructura de Drenaje, el Programa de Desazolve, el Programa de Inspección del Sistema de Drenaje y el Programa de Rescate de la Infraestructura.

Algunas de las estrategias de estos programas incluyen:

- 1. Desazolver las atarjeas y colectores, cauces, lagunas y presas de regulación*
- 2. Dar mantenimiento al sistema de drenaje, desde las redes hasta el equipo electromecánico*
- 3. Construir obras de infraestructura de drenaje para reducir el nivel y el tiempo de los encharcamientos*
- 4. Evaluar la infraestructura de drenaje e implementar acciones preventivas para evitar su colapso*
- 5. Realizar obras de rescate y rehabilitación de las instalaciones del Sistema de Drenaje*
- 6. Dar mantenimiento al Emisor Central*
- 7. Construir una estructura de control entre las lumbreras que impida el derrame de las aguas residuales por la sobrecarga del Drenaje Profundo*

Fuente: Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1995-2010.

Los avances en materia de planificación para la gestión del agua a nivel nacional no forman parte del PMAP ni del PMD, debido a las diferencias en los contextos en que fueron elaborados. Por este motivo, en estos planes no existen estrategias encaminadas a regular la edificación de nuevos fraccionamientos con base en la disponibilidad del agua e infraestructura hidráulica, identificar las zonas que pueden ser afectadas por inundaciones o carecer de la prestación de los servicios hidráulicos, impulsar la colaboración y coordinación entre las dependencias gubernamentales para mitigar los riesgos hidrometeorológicos, promover la participación social en la toma de decisiones en la gestión del agua y desarrollar mecanismos de adaptación a los impactos del cambio climático. Estos avances en la planificación hídrica del país ponen en evidencia el reconocimiento por parte de las autoridades sobre la relación que existe entre la planeación del territorio, la gestión del agua y la gestión de los riesgos.

Varias de las estrategias y acciones estipuladas en el PMAP y en el PMD se han implementado de manera exitosa. Sin embargo, la concentración de población y actividades económicas, los patrones de consumo del agua, la disposición de las aguas residuales y el deterioro del medio ambiente en el DF y su zona metropolitana han provocado que algunos de sus resultados no sean los esperados.

Para reducir la exposición de la población a los riesgos que se derivan de la falta o prestación intermitente del servicio de agua y drenaje, así como del incumplimiento de los estándares de calidad en el volumen suministrado a la población es necesario que las dependencias y organismos responsables en esta materia reconozcan las capacidades de las autoridades delegacionales para reducir la exposición de la población a los riesgos mencionados, como resultado de su mayor conocimiento sobre los problemas que los generan en sus jurisdicciones y su cercanía con la población. Asimismo, se requiere hacer compatibles las estrategias y líneas de acción de los planes y programas implementados, vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en esta materia, sancionar su incumplimiento y evitar los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo.

3.3 Las racionalidades de la gestión: el caso del Drenaje Profundo

Además de la racionalidad formal que guía las decisiones en la gestión, definida en las leyes, normas, reglamentos y la estructura institucional; existen estructuras, relaciones y procedimientos determinados por una racionalidad no formal que obedece, principal pero no exclusivamente, a factores de tipo económico y político.

Con el objetivo de contrastar la existencia de estas dos racionalidades en la gestión de los riesgos relacionados con el agua, en el siguiente apartado se analizan en un primer momento las representaciones que tienen los actores involucrados en la percepción, reconocimiento y aceptación de este tipo de riesgos. En un segundo momento, por su relación tanto con la gestión del agua como de los riesgos, se aborda con mayor detalle la problemática del Drenaje Profundo, que constituye un ejemplo único para poner en evidencia la influencia que tiene la lógica no formal en las acciones que se ejecutan. Finalmente, se reflexiona sobre los obstáculos que representan las discrepancias entre ambas lógicas para la atención, mitigación y prevención de los riesgos generados por alguna falla en esta infraestructura.

3.3.1 Representaciones de los riesgos relacionados con el agua

La percepción, identificación y reconocimiento de los riesgos relacionados con el agua por parte de los funcionarios públicos, científicos, expertos y políticos, considerados como actores clave en la gestión de estos riesgos, están determinadas por sus juicios de valor, filtros culturales e intereses. Por ello, pueden discrepar entre sí, al igual que con las leyes, normas, planes y programas implementados para su atención, mitigación y prevención.

Los actores clave entrevistados forman parte de las dependencias responsables de la gestión del agua y de los riesgos de la Administración Pública Federal, de la ZMVM y del GDF (como la Segob, la SPCDF, la CGPC, el Cenapred, la Conagua, el SACM, la OCAVM, el CAVM y los gobiernos delegaciones), de instituciones académicas y de investigación (que incluyen El Colmex, la UNAM, el IMTA y la UAM) y de organizaciones no gubernamentales tanto nacionales como internacionales (por ejemplo, el PNUMA, la EIRD y la CEPAL).

Aunque existen acuerdos sobre qué riesgos enfrenta el DF, qué dependencias deberían de participar en la mitigación de los riesgos relacionados con el agua, cuál es su eficacia para llevar a cabo esta tarea y qué obstáculos han limitado el éxito de las medidas implementadas; también se presentan notables divergencias que dan pautas para inferir por qué los riesgos relacionados con el agua no han recibido la atención que merecen.

a. Los riesgos que enfrenta la capital del país

La percepción general de los actores entrevistados es que el DF es una entidad cuyos habitantes están expuestos a una gran variedad de riesgos, debido a su tamaño, su proceso de urbanización y sus condiciones tanto físicas como geográficas. Consideran que la mayoría de los riesgos que enfrentan los capitalinos son provocados por fenómenos naturales extremos, siendo los de tipo geológico los más relevantes. En segundo lugar, identifican a los riesgos generados por eventos hidrometeorológicos,

destacando las inundaciones causadas por la presencia de ciclones, huracanes y lluvias torrenciales en las costas del país (véase el cuadro 3.8).

Los grupos de expertos y científicos también afirman que los capitalinos están principalmente expuestos a eventos sísmicos. Sin embargo, consideran que este tipo de eventos se encuentran adecuadamente atendidos desde hace algunas décadas, debido a la modificación de las normas de construcción y el reforzamiento de las estructuras de los edificios. No así en el caso de los riesgos relacionados con el agua, para los que se recientemente se están diseñando políticas y medidas de intervención (véase el cuadro 3.8).

Estos grupos identifican entre los principales riesgos que afectan a los habitantes del DF: la falta de agua y los riesgos ambientales asociados a la contaminación. La falta de agua en esta entidad la atribuyen a la menor disponibilidad natural de este recurso, más no consideran que su origen puede ser de tipo antropogénico; por ejemplo, las fallas en las redes de distribución, los conflictos por el agua, la contaminación de las fuentes de donde se obtiene este recurso y la insuficiente cobertura de la infraestructura hidráulica, entre otros.

Considerando lo anterior, se corrobora que la visión dominante de los actores clave que intervienen en el reconocimiento de los riesgos relacionados con el agua continua siendo de tipo naturalista, ya que su percepción general sobre los riesgos a los que están expuestos los capitalinos privilegia los eventos naturales extremos sobre los de tipo antropogénico.

Cuadro 3.8 Principales riesgos identificados por los actores clave

Gestión	Funcionarios	Científicos	Expertos	Políticos
Agua	1. Terremotos 2. Hidrometeorológicos	1. Sísmicos 2. Hidrometeorológicos 3. Falta de agua 4. Ambientales	1. Sísmicos 2. Ambientales 3. Falta de agua 4. Hundimientos	1. Sísmicos 2. Hundimientos
Riesgos	1. Sísmicos 2. Hidrometeorológicos	1. Geológicos: sismos, hundimientos y vulcanismo 2. Deslizamientos de laderas	1. Terremotos 2. Hidrometeorológicos 3. Contaminación	1. Sísmicos 2. Hidrometeorológicos 3. Biológicos – Químicos

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las entrevistas a los actores clave.

b. La importancia de los riesgos relacionados con el agua

Los principales riesgos relacionados con el agua identificados por estos actores incluyen: la falta de agua, el agotamiento del acuífero y su contaminación, así como las inundaciones causadas por la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos en las costas del país. Como se mencionó, la falta de agua es atribuida a la menor disponibilidad natural de este recurso, pero no a algún evento de tipo antropogénico.

Estos actores identificaron como impactos negativos asociados a la extracción intensiva de las aguas subterráneas en un nivel superior a su recarga natural tanto los hundimientos del territorio de algunas zonas del DF como la amplificación de la magnitud en que se presentan los eventos sísmicos. Por consiguiente, las decisiones de las autoridades de seguir abasteciendo más de la mitad de la demanda de agua de los capitalinos por medio de las aguas subterráneas, cuestiona la congruencia de las medidas ejecutadas para garantizar la seguridad de la capital del país, ya que algunas de las consecuencias negativas de la extracción intensiva de las aguas subterráneas son del conocimiento de los responsables de la gestión del agua y de los riesgos a nivel Federal, Metropolitano y DF (véase el cuadro 3.9).

Otros de los riesgos relacionados con el agua que forman parte de las percepciones de alguno de los grupos estudiados son: la calidad del agua, el incremento de la dependencia a fuentes externas, la pérdida de agua por fugas, el colapso del Drenaje Profundo y las fallas en los sistemas hidráulicos (véase el cuadro 3.9).

Los riesgos asociados al deterioro en la calidad del agua de las fuentes de donde se obtiene este recurso fueron mencionados exclusivamente por los actores involucrados en la gestión del agua, quienes consideran que la preservación de los recursos hídricos localizados en el DF o asignados por la Federación, son parte de sus atribuciones.

De manera similar, sólo estuvieron presentes dentro de las percepciones de los actores que participan en la gestión de los riesgos, los que están asociados al colapso del Drenaje Profundo; destacando la posibilidad de que el centro del DF se inunde con aguas residuales. Estos actores responsabilizan de los impactos negativos de alguna falla en el sistema de drenaje, a las dependencias encargadas de la gestión del agua por la falta de mantenimiento de esta infraestructura hidráulica. En este sentido, la identificación, al igual que la negación de estos riesgos por ciertos grupos, indica sus prioridades con respecto a los eventos que contarán con su atención.

Cuadro 3.9 Principales riesgos relacionados con el agua identificados por los actores clave

Gestión	Funcionarios	Científicos	Expertos	Políticos
Agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hidrometeorológicos (inundaciones) 2. Calidad del agua 3. Falta de agua 4. Dependencia a 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de agua 2. Contaminación del acuífero 3. Pérdidas por fugas 4. Inundaciones 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de agua 2. Agotamiento del acuífero (hundimientos) 3. Calidad del agua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobreexplotación del acuífero (hundimientos) 2. Fracturas de las redes

	fuentes externas 5. Sobreexplotación del acuífero (hundimientos)	5. Agotamiento del acuífero (amplificación de sismos y hundimientos)		3. Falta de agua
Riesgos	1. Hidrometeorológicos (inundaciones) 2. Colapso del Drenaje Profundo	1. Falta de agua 2. Agotamiento acuífero (amplificación de sismos y hundimientos) 3. Inundaciones 4. Colapso del Drenaje Profundo	1. Falta de agua 2. Sobreexplotación del acuífero (amplificación de eventos sísmicos y hundimientos) 3. Dependencia a fuentes externas 4. Colapso del Drenaje Profundo 5. Inundaciones	1. Hidrometeorológicos 2. Fallas en los sistemas hidráulicos 3. Colapso Drenaje Profundo

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las entrevistas a los actores clave.

c. Autoridades responsables

Los actores entrevistados que intervienen en la gestión del agua y de los riesgos en el DF, coinciden en que no se requiere de la creación de nuevas dependencias para una mejor gestión de los riesgos relacionados con el agua. Estos actores consideran que lo que se necesita es una participación conjunta, coordinada y corresponsable de las instancias encargadas de su gestión en los diferentes niveles de gobierno, en especial de: la Conagua, la Segob, el SACM y la SPCDF (véase el cuadro 3.10).

Enfatizan la importancia de incorporar a las autoridades locales (delegaciones) y a la sociedad en los procesos de mitigación y prevención de los riesgos a los que está expuesta la capital del país, incluidos los que se relacionan con la falta o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje, debido a que estas autoridades conocen las diferentes amenazas que enfrentan sus residentes y las capacidades con las que cuentan para hacerles frente; además que su relación con la población es más cercana. Asimismo, coinciden en la importancia de involucrar a la sociedad en la mitigación y prevención de estos riesgos, dado que sus patrones de uso y consumo del agua, al igual que sus hábitos para disponer las aguas residuales, pueden incrementar o reducir sus niveles de exposición (véase el cuadro 3.10).

Por otro lado, el grupo de los científicos y el grupo de los expertos consideran indispensable que la gestión de los riesgos relacionados con el agua cuente con una visión metropolitana y de cuenca tanto por la propia complejidad de estos fenómenos como por las características de la prestación de los servicios de agua y drenaje, los cuales trascienden las demarcaciones políticas del DF, así como la interacción presente entre el agua y los factores físicos, bióticos, sociales, económicos y políticos (véase el cuadro 3.10).

Cuadro 3.10 Dependencias responsables identificadas por los actores clave

Gestión	Funcionarios	Científicos	Expertos	Políticos
Agua	1. Conagua 2. SACM 3. Segob 4. SPCDF 5. Dependencias federales y del GDF 6. Delegaciones	1. Conagua 2. Segob 3. SACM 4. SPCDF 5. OCAVM 6. CAVM 7. Sociedad	1. Gobierno Federal 2. GDF 3. Gobierno del Estado de México 4. Conagua 5. Segob 6. SACM 7. SPCDF 8. CAVM 9. Sociedad	1. Conagua 2. Segob 3. GDF 4. SACM 5. SPCDF
Riesgos	1. Conagua 2. Protección Civil Federal: Segob, CGPC y Cenapred 3. SACM 4. Protección Civil DF: SPCDF y UDPC	1. Conagua 2. Segob 3. SACM 4. SPCDF 5. Sociedad	1. Conagua 2. Segob 3. GDF 3. SACM 4. SPCDF 5. Sociedad	1. Conagua 2. Segob 3. SACM 4. SPCDF 5. Delegaciones

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las entrevistas a los actores clave.

d. Eficiencia de la gestión

Finalmente, la evaluación que hacen estos actores de las medidas de mitigación y prevención de los riesgos relacionados con el agua que se han ejecutado en el DF es divergente. Los funcionarios públicos y políticos fueron menos críticos sobre su desempeño, aseverando que las acciones que se han realizado han sido adecuadas, oportunas y exitosas; aunque hacen hincapié en que todavía falta mucho por hacer para garantizar la seguridad hídrica del DF. Los funcionarios públicos consideran como limitaciones para la consecución de este objetivo, la negativa de la población para participar, la falta de una cultura de prevención y cuidado del agua, así como las restricciones económicas, tecnológicas y de recursos humanos para mejorar y dar mantenimiento a la infraestructura hidráulica. A estas limitaciones, el grupo de los políticos añade la falta de reconocimiento de la sociedad sobre el valor económico del agua y la necesidad de informar a la población sobre los riesgos a los que está expuesta (véase el cuadro 3.11).

En el caso de los científicos y expertos, éstos consideran que las medidas que se han implementado hasta el momento no han sido exitosas, dado que presentan muchas carencias y se enfocan en soluciones de corto plazo. Esto ha sido determinante para que en lugar de resolver la causa que genera los diferentes riesgos relacionados con el agua a los que están expuestos los capitalinos, sólo se atiendan sus consecuencias más visibles. Lo anterior, a pesar de que se cuenta con los avances científicos y tecnológicos para resolverlos, como resultado de las mejoras en el conocimiento sobre su origen y consecuencias no deseadas. Entre los obstáculos que estos grupos identifican para llevar a cabo una gestión eficaz de los riesgos relacionados con el agua se encuentran: hacer más eficiente la coordinación y descentralización de funciones entre las dependencias involucradas, promover la participación de estas instancias en la planeación urbana, mejorar y dar mantenimiento a la

infraestructura hidráulica, regular el crecimiento físico y poblacional de la ciudad, promover la participación de la sociedad en la gestión de estos riesgos e implementar una gestión urbana con una visión estratégica y de largo plazo. Los científicos que participan en la gestión de los riesgos también enfatizaron la necesidad de un control más estricto de las extracciones de agua (véase el cuadro 3.11).

Cuadro 3.11 Eficacia en la mitigación de los riesgos de acuerdo con los actores clave

Gestión	Funcionarios	Científicos	Expertos	Políticos
Agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existen procedimientos definidos para enfrentar los riesgos, junto con sus manuales 2. La población se reusa a participar 3. Falta de cultura y educación 4. Restricciones económicas, tecnológicas y de recursos humanos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de coordinación 2. Deficiente administración del agua 3. Visión vertical en la gestión del agua 4. Falta de participación en la planeación urbana 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Descentralizar las funciones del gobierno 2. Control del crecimiento poblacional 3. Falta de una visión integral 4. Modificar los hábitos de la población 5. Mejorar la planeación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fortalecer la cultura del agua 2. Consolidar una cultura de prevención 3. No se reconoce el valor del agua
Riesgos	<ol style="list-style-type: none"> 1. “Se está haciendo lo que se debe de hacer” 2. “Se está trabajando al respecto” 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control más estricto de las extracciones 2. Decisiones sujetas a compromisos políticos 3. Falta de mejoras y mantenimiento de la infraestructura hidráulica 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta coordinación entre los gobiernos Federal y del DF 2. Falta de una visión integral en la planeación 3. Ausencia de una visión estratégica en la gestión 4. No existe control en el crecimiento de la ciudad 5. Incorporar a todos los actores 6. Falta de mejoras y mantenimiento de la infraestructura 7. Visión de corto plazo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de mantenimiento de las obras hidráulicas 2. Mejorar la educación y cultura en materia de protección civil y cuidado del agua 3. Informar a la población sobre los riesgos a los que está expuesta

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de las entrevistas a los actores clave.

Teniendo en cuenta las divergencias en la identificación de los riesgos relacionados con el agua a los que están expuestos los capitalinos entre los actores clave entrevistados, así como entre estos actores y las disposiciones legales que norman su mitigación, prevención y atención; se identifica la presencia de dos racionalidades que guían su gestión: una racionalidad formal basada en el marco normativo existente y una racionalidad no formal sujeta principal, pero no exclusivamente, a factores de índole político y económico. La confrontación de estas racionalidades explica en parte las limitaciones que han enfrentado los avances normativos para consolidarse en acciones concretas, debido a que ambas lógicas influyen en las medidas que se ejecutan. Un ejemplo de la confrontación de estas racionalidades es la problemática que se suscitó para realizar las mejoras y el mantenimiento del Drenaje Profundo en el DF. Este caso de estudio se aborda a detalle en el siguiente apartado.

3.3.2 La construcción y operación del Drenaje Profundo

Históricamente, la capital del país ha sido devastada por inundaciones que la han mantenido bajo el agua durante varios años. Con la construcción del Gran Canal del Desagüe a fines del siglo XIX, las autoridades pensaron que se había resuelto esta amenaza, pero por el acelerado crecimiento de la población y el aumento de las extracciones de agua del acuífero Valle de México para atender la demanda de los capitalinos, las cuales incrementaron la velocidad del hundimiento del terreno del DF, la capacidad de desalojo de esta gran obra de infraestructura del Porfiriato se redujo.

Para evitar el colapso del Gran Canal, se edificó el 2do túnel de Tequixquiac. Este túnel no fue suficiente para evitar que el centro de la capital del país se cubriera con aguas negras en 1951, en hasta un metro de altura. Por los impactos de este evento sobre la salud y bienestar de la población, así como sobre las actividades económicas, el DDF se vio obligado a buscar una solución definitiva. La respuesta fue la construcción del Drenaje Profundo (Tortolero, 2000: 107).

Este Sistema de Drenaje se edificó para operar a 75% de su capacidad, desalojando exclusivamente aguas pluviales durante los picos de las temporadas de lluvia por medio de gravedad. Por consiguiente, algunas partes de su estructura no tienen acero, ya que el flujo que circularía por sus túneles no tendría concentraciones importantes de sustancias corrosivas; tampoco en su diseño original se requerían de plantas de bombeo para funcionar (Mejía, 2007a: 2; Martínez Gómez, 2007: 2). Debido a que se localizaría aproximadamente a 200 m de profundidad, los ingenieros responsables de su construcción (Fernando Hiriart y Raúl Ochoa) calculaban que no sería afectado por el hundimiento del terreno. Su construcción inició en 1967; concluyéndose las obras del Emisor Central y los interceptores Central y Oriente en el año 1975, cuya capacidad de desalojo inicial alcanzaba 200 m³/seg (Perló, 1999: 271).

Por el hundimiento del terreno en el DF, el Gran Canal de Desagüe perdió su capacidad de desalojó, pasando de 90 a 10 m³/seg (Mejía, 2007b: 2). Esta situación, aunada a las numerosas nuevas conexiones para disponer las aguas residuales, hizo que la infraestructura de drenaje existente fuera insuficiente. Sin embargo, la crisis económica de 1994 que enfrentaba el país impidió, que el Gobierno Federal contara con los recursos suficientes para iniciar las obras de drenaje requeridas, canalizándose las aguas negras para su desalojo por medio del Drenaje Profundo; aunque este sistema no fue construido con este fin.

Actualmente, esta infraestructura de drenaje tiene una longitud de 167.52 km y puede desalojar en condiciones óptimas 280 m³/seg de aguas residuales fuera de la Cuenca de México. Está obra está conformada por el Emisor Central; los interceptores Central, Oriente, Centro-Centro, Oriente-Sur,

Iztapalapa, Obrero Mundial, Canal Nacional-Canal de Chalco, Oriente-Oriente y Ermita; al igual que, por las ampliaciones de los interceptores Oriente, Oriente-Sur y Canal Nacional-Canal de Chalco (Conagua y Semarnat, 2003: 38).

El hundimiento del subsuelo del DF, contrario a lo que se esperaba, afectó la eficiencia de este sistema de drenaje al deteriorar sus tuberías y reducir su pendiente, haciendo necesaria la instalación de plantas de bombeo y rebombeo. Por este motivo, la capacidad de extracción de este sistema se ha reducido hasta 130 m³/seg; siendo insuficiente durante los picos de la temporada de lluvias, ya que por varios minutos se requiere extraer más de 150 m³/seg fuera de la capital del país para evitar la inundación de algunas de sus áreas con aguas residuales (Mejía, 2007a: 2). En los registros históricos sobre el funcionamiento del Emisor Central se identifica que desde su construcción hasta el año 2007, ha trabajado a su máxima capacidad en 60 ocasiones, estando a punto de presentarse una gran inundación con aguas residuales que abarcaría desde el Aeropuerto Internacional hasta el Centro Histórico (Páramo, 2007: 1).

A pesar de los reportes técnicos recibidos por las autoridades desde finales de la década de los noventa, en donde se hacía hincapié en los peligros a los que estaba expuesto el DF por las condiciones bajo las que estaba operando este sistema de drenaje, sus túneles habían trabajado los últimos 13 años, desde la administración de Óscar Espinosa Villarreal hasta el actual Jefe Gobierno Marcelo Ebrard Casaubon, sin parar; dañando su estructura y dificultando su mantenimiento (Lagunas y Grajeda, 2007: 1).

El mantenimiento de este sistema de drenaje y la construcción de un nuevo emisor fueron aprobados en el año 2007. Sin embargo, estas obras se iniciaron hasta el año 2008, programándose la culminación de la construcción del nuevo emisor, conocido con el nombre de Emisor Oriente, en el año 2012 (Mejía, 2007b: 1). El GDF y el SACM consideran que la construcción del Emisor Oriente será la solución definitiva a las inundaciones, ya que el DF tendrá una capacidad sobrada para el desalojo de las aguas residuales y pluviales aún en temporada de lluvias. Este emisor será paralelo al Gran Canal y tendrá una longitud de 60 km. Se edificará en una profundidad tal, que no se verá afectado por el hundimiento del subsuelo de la capital del país, teniendo un costo estimado de 12 mil millones de pesos. La Conagua aportará 8.5 mil millones de pesos, cifra que representa 70.1% del monto total que se invertirá (Enciso, 2007: 3).

Pero no se tiene que presentar un colapso en alguno de los emisores o interceptores en el Sistema de Drenaje del DF, para que esta entidad se vea afectada por una gran inundación con aguas residuales

en hasta 5 metros de altura; basta con la obstrucción de algunas tuberías o con la presencia de precipitaciones generalizadas en varias delegaciones superiores a 30 milímetros, para que un desastre de este tipo se presente (Gómez, 2007a: 1-2).

Funcionarios de la Conagua estiman que el colapso del Drenaje Profundo podría causar una inundación que afectaría a nueve millones de personas, cubriéndose con aguas residuales cerca de 217 mil ha que incluyen el Centro Histórico, la Alameda Central, el Aeropuerto Internacional, las delegaciones centrales, el norte de Iztacalco; además de los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec y Texcoco (Martínez Gómez, 2007: 2; Téllez Cortés, 2007: 1).

Esta dependencia no ha sido la única que ha ratificado esta amenaza, también expertos en el tema, investigadores y científicos, en particular del Colegio de Ingenieros de México y del Instituto de Ingeniería de la UNAM,⁵⁵ han coincidido en que el DF está expuesto a una gran inundación por las fallas en el drenaje, debido a la falta de mantenimiento e inversión en este sistema, así como por el hundimiento de algunas zonas de esta entidad (Mejía, 2008: 1; Lagunas y Grajeda, 2007: 1). Algunos científicos del Colegio de Ingeniero Civiles de México han calculado que esta inundación podría alcanzar 6 metros, afectando las principales vialidades de esta entidad y 60% de las líneas del metro. Adicionalmente, se contaminarían los sistemas de abastecimiento de agua y posiblemente el acuífero Valle de México por la infiltración de las aguas residuales (Martínez Gómez, 2007: 2; Téllez Cortés, 2007: 1).

Previo a la elección del JGDF por sufragio electoral en 1997, la gestión del agua y las decisiones sobre la infraestructura hidráulica en la capital del país estaban a cargo de las autoridades federales. A partir de este año, gran parte de esta infraestructura fue concesionada o asignada al GDF para su operación y mantenimiento, incluyendo la parte del Drenaje Profundo que se encuentra en su territorio. Por consiguiente, el que no se realizaran las acciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de este sistema, no sólo se explica por la falta de recursos económicos; también está relacionado con la negligencia de las autoridades y el uso discrecional de los recursos públicos en otras obras de infraestructura que podrían no considerarse como prioritarias para garantizar la seguridad del DF. Por ejemplo, durante la administración del ex-JDGF Andrés Manuel López Obrador, el SACM enfrentó un recorte presupuestal de 1 303 millones de pesos. Una parte de estos

⁵⁵ Destacan, Luis Salazar Zúñiga, presidente del Colegio de Ingenieros; Sergio Alcocer, director del Instituto de Ingeniería de la UNAM; Gabriel Quadri, ex-presidente del Instituto Nacional de Ecología; Ramón Domínguez Mora, investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM, y Hugo Damián, quien participó en la construcción del Drenaje Profundo (Mejía, 2008: 1; Lagunas y Grajeda, 2007: 1).

recursos fueron canalizados al Fideicomiso Centro Histórico y a la construcción del 2do piso del Periférico, de acuerdo con los Presupuestos de Egresos del GDF durante sus últimos gobiernos.

Hasta el momento, las medidas implementadas para la mitigación y prevención de este riesgo en el DF han privilegiado el manejo, mejora y construcción de infraestructura hidráulica, prestando poca atención a impulsar una planificación urbana en esta entidad y su Zona Metropolitana con una visión integrada, de largo plazo y estratégica, capaz de modificar los patrones de consumo del agua, de uso y disposición de las aguas residuales e infraestructura hidráulica; además de promover un ordenamiento de la estructura urbana que tome en cuenta la disponibilidad del agua y la capacidad para tratarla una vez que ha sido utilizada.

Algunas de las acciones que se están realizando para prevenir los riesgos asociados a las fallas del Sistema de Drenaje del DF incluyen: el convenio de colaboración para la operación de la infraestructura hidráulica durante la temporada de lluvias firmado por la Conagua, el GDF y el Gobierno del Estado de México (GEM); el Programa de Desazolve de la Red de Drenaje; el Atlas de Inundaciones de la Ciudad de México utilizado por la SPCDF para monitorear los puntos de encharcamiento; el Programa Unidad Tormenta para atender las zonas afectadas por inundaciones durante la temporada de lluvias; la revisión del Emisor Central, y la construcción del Emisor Oriente.

3.3.3 Las dos lógicas: formal y no-formal

En primer lugar, desde 1995 varios especialistas e investigadores del Colegio de Ingenieros y del Instituto de Ingeniería de la UNAM, alertaron al Gobierno Federal y al DDF sobre la necesidad de realizar diversas obras ante el deterioro del Drenaje Profundo y la posible inundación de algunas zonas del DF con aguas residuales (Mejía, 2008: 2). Todavía en 2005, el GDF insistía en que esta infraestructura se encontraba en buenas condiciones; pero dos años después, en 2007, este escenario se modificó, haciendo público el SACM y la SPCDF el riesgo que enfrentaba el DF ante alguna falla en el Drenaje Profundo por su falta de mantenimiento y su capacidad limitada para extraer las aguas residuales durante la temporada de lluvias (Mejía, 2007a: 1; Martínez, 2007: 1; Páramo, 2007: 1).

El reconocimiento de este riesgo por parte de las autoridades del GDF, así como la solicitud de recursos económicos al Gobierno Federal para el mantenimiento, mejora y construcción de las obras de infraestructura requeridas para prevenir las consecuencias negativas de presentarse una gran inundación con aguas residuales en el DF, dio lugar a varios enfrentamientos entre estas autoridades (Asamblea Legislativa del Gobierno del Distrito Federal, 2005: 1-2; Bolaños, 2007: 2; Gómez, 2007: 1).

Existen diversas contradicciones en las acciones ejecutadas por las autoridades federales y del GDF para la atención de esta problemática del Drenaje Profundo. Por ejemplo, el actual JGDF en reiteradas ocasiones mencionó que el Drenaje Profundo era una prioridad en su gobierno, pero en la presentación de sus 50 Compromisos de Gobierno en octubre de 2005, no se había considerado ninguna obra de infraestructura para la mejora y mantenimiento del drenaje en el DF (Mejía, 2007a: 2).

De igual forma, el director de la Conagua, el Ing. José Luis Luege Tamargo, advirtió que el riesgo de que se presente algún problema en el Drenaje Profundo durante la temporada de lluvias era muy grande, cuyas consecuencias ambientales y económicas eran muy elevadas para el país. A pesar de ello, cuando la Conagua dio a conocer las obras hidráulicas más importantes de este sexenio, no estaban incluidas las que se requerían para atender esta problemática (Durán, 2007: 1-2; Gómez, 2007: 1).

De acuerdo con el marco normativo que fue previamente abordado en este capítulo, la protección de la vida, bienes y entorno de la población es una obligación inalienable del Estado, que lleva a cabo por medio de la Segob. Esta dependencia está encargada de implementar las medidas respectivas para garantizar la seguridad de los habitantes, al igual que la operación de los sistemas estratégicos y servicios vitales ante cualquier emergencia. Por consiguiente, la limitada participación de las dependencias adscritas a la Segob, responsables del diseño e implementación de algún plan o programa de emergencia para hacer frente a una gran inundación con aguas residuales en la capital del país, evidencia las inconsistencias de la racionalidad formal que guía el actuar de estas instancias.

Otro ejemplo de estas inconsistencias es que el OCAVM no intervino en la resolución de la problemática del Drenaje Profundo, aún siendo la autoridad operativa de la gestión del agua en la Cuenca de México, cuyas funciones incluyen mantener y mejorar la infraestructura hidráulica en su región y controlar las inundaciones.

El diseño e implementación de algún plan o programa de emergencia es una tarea que también compete a las instituciones homologas en la capital del país encargadas tanto de la gestión del agua como de los riesgos. En el DF, la SPCDF es responsable de coordinar las acciones requeridas para restablecer un servicio estratégico como el Sistema de Drenaje, cuando la situación en que se encuentre constituya por sí misma un riesgo, emergencia o desastre, situación que se presentaría en caso de una gran inundación con aguas residuales. La creación de esta instancia diferencia al DF del resto de las entidades del país al ser considerada como uno de los mayores logros normativos en

materia de riesgo, dado que la visión sobre los fenómenos que pueden provocar desastres no se reduce a eventos naturales extremos.

Bajo este contexto, los avances normativos que forman parte de la racionalidad formal que debería guiar la gestión de este riesgo en los diferentes niveles de gobierno, no se han traducido en acciones concretas. La racionalidad que ha influido en las medidas que se están llevando a cabo para la mitigación y prevención de una posible inundación con aguas residuales en el DF causada por alguna falla en el Drenaje Profundo, difiere de la racionalidad formal estipulada en las leyes, normas, reglamentos, planes y programas. De manera que, los tiempos y la lógica que parece guiar la resolución de esta problemática no obedecen a la existencia real de esta amenaza, sino a factores de tipo económico, político e ideológico; basados en los intereses de los grupos en el poder, las rivalidades partidistas y la búsqueda por preservar el control en sus ámbitos de gestión. Por ello, aunque las delimitaciones sobre las facultades y obligaciones de las instituciones que deben intervenir en esta tarea son relativamente claras en las disposiciones legales, estos límites no son precisos operativamente, por lo que suelen transgredirlos o ignorarlos, generando disputas intra e interinstitucionales entre los diferentes órdenes de gobierno.

Esto no implica que estos avances en las disposiciones legales no sean importantes, pero dejan en claro la necesidad de contar con la voluntad política de los diferentes actores involucrados para su ejecución exitosa; en especial, en un escenario económico y político como el que se vive en el DF, caracterizado por la desarticulación, rivalidad y enfrentamiento entre las autoridades tanto federales como del GDF.

3.4 Conclusiones del capítulo

En primer lugar, aunque el agua constituye un tema transversal para el desarrollo del país, la falta o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje no es reconocida como una amenaza para la salud y el bienestar de la población por parte de las dependencias a cargo de la gestión de los riesgos a nivel federal, dado que estos servicios son considerados como elementos que pueden ser afectados ante la ocurrencia de una emergencia, catástrofe o desastre. Sólo bajo estas circunstancias, estas dependencias están facultadas para intervenir en su restablecimiento y rehabilitación.

En este sentido, a nivel federal continúa existiendo una visión dominante de los riesgos de tipo naturalista-técnica, debido a que las medidas que se implementan para la mitigación de los riesgos relacionados con el agua se enfocan en reducir los impactos destructivos causados por fenómenos

hidrometeorológicos extremos por medio del desarrollo de tecnologías para su medición, monitoreo y pronóstico, así como de la construcción de obras de infraestructura hidráulica para hacerles frente.

Esta situación se está transformando en el DF, siendo la primera entidad en donde las disposiciones legales facultan a las dependencias responsables de la protección civil a intervenir en la rehabilitación y restablecimiento de los servicios hidráulicos cuando la situación en que se encuentren constituya un riesgo para la población o sus actividades económicas, y no sólo cuando su operación sea interrumpida por algún evento destructivo.

En segundo lugar, todavía no es claro en qué consiste la participación de estas dependencias en la rehabilitación y restablecimiento de estos servicios, poniendo en evidencia que los avances normativos en la capital del país no se han traducido en acciones concretas, ya que paralela a la lógica formal que guía su gestión, existe otra racionalidad que está sujeta principal, pero no exclusivamente, a intereses políticos y económicos. Esta racionalidad no-formal ha influido de manera determinante en las medidas que se han llevado a cabo. En este sentido, es indispensable considerar en el análisis de la eficacia de sus instituciones, el cumplimiento de la racionalidad formal y la influencia de la racionalidad no formal en las acciones implementadas.

Adicionalmente, la gestión del agua y la gestión de los riesgos corresponden a niveles de gobierno diferentes; situación que ha obstaculizado la consecución de acuerdos, la comunicación, las relaciones intergubernamentales horizontales y la coordinación vertical entre las dependencias que participan en la mitigación y prevención de los riesgos relacionados con el agua. La gestión de los riesgos es un asunto de carácter local que se ha descentralizado de manera exitosa hacia las delegaciones, que son la primera instancia en intervenir ante cualquier emergencia o desastre en su territorio; mientras que la gestión del agua es un asunto de carácter estatal, dado que la participación de las delegaciones en esta materia está restringida a la aprobación de las dependencias a cargo del GDF.

Finalmente, la falta de planificación y ordenación territorial ha jugado un papel importante en la generación e incremento de la exposición de los habitantes a estos riesgos, existiendo una pobre vinculación de la gestión de los riesgos tanto con la gestión del agua como con los planes de desarrollo. Mientras el DF y su Zona Metropolitana sigan creciendo de manera poco ordenada y no sustentable, cualquier obra hidráulica que se realice para mejorar la prestación de los servicios de agua y drenaje, así como para garantizar la calidad del volumen suministrado a los habitantes será

insuficiente, requiriéndose que la planificación y gestión de la capital del país cuente con una visión metropolitana y de largo plazo.

Capítulo 4. Evaluación de los riesgos generados por la gestión del agua en el Distrito Federal

Los capitalinos no están exentos de experimentar los efectos negativos derivados de problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. Estos problemas devienen en riesgos cuando la población afectada no cuenta con las condiciones físicas, sociales, económicas y políticas adecuadas para hacerles frente, limitando sus capacidades para encontrar formas alternativas para su acceso.

Factores como la elevada concentración de la población y las actividades económicas, la ejecución de las decisiones de gestión basadas en la búsqueda de intereses políticos particulares, la falta de recursos para mejorar el acceso y cobertura a estos servicios, al igual que el insuficiente monitoreo de la calidad del agua recibida por la población, han obstaculizado el suministro de agua a todos los capitalinos en un volumen suficiente para atender sus necesidades básicas y que cumpla con los estándares de calidad definidos en las NOM, así como la disposición rápida e higiénica de las aguas residuales generadas en el DF.

Con el fin de determinar, qué factores son los que principalmente exponen a la población a riesgos por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, además de identificar qué grupos son los más vulnerables y en dónde se localizan, se diseñaron y evaluaron tres índices. Por medio del Índice de Eficacia de la Gestión del Agua (IEGA), se calificó el desempeño de las autoridades responsables en la prestación de estos servicios para cumplir sus objetivos en esta materia. En un segundo momento, con el Índice de Vulnerabilidad por la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA) se calculó en qué medida la fragilidad de las condiciones en que viven los habitantes de la capital del país, reduce sus capacidades para enfrentar los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Finalmente, mediante el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA), se estimó la exposición de los residentes de esta entidad a los riesgos generados por los problemas en la gestión de los servicios mencionados.

Asimismo, se determinaron los niveles de riesgo atribuidos de manera individual a cada uno de los problemas analizados que están relacionados con en el suministro de agua (RSUM), con el cumplimiento de los estándares de calidad (RCAL), y con la prestación del servicio de drenaje (RDREN). La distribución territorial de todos los índices estimados también fue analizada tanto en las delegaciones que conforman el DF como en sus respectivas colonias y Agebs.

4.1 Evaluación de la eficacia

No existe un consenso entre los funcionarios públicos ni entre los estudiosos del tema sobre cuáles deberían de ser los objetivos de la gestión del agua ni cómo deberían evaluarse (véase el Capítulo I). Esta investigación se enfoca en los que están relacionados con abastecer a la población con un volumen suficiente para satisfacer sus necesidades básicas y que cumpla con los estándares de calidad, así como disponer las aguas residuales generadas de manera rápida, higiénica y segura. Los diferentes niveles de cumplimiento de los objetivos mencionados se estimaron con el Índice de Ineficacia en la Gestión del Agua (IEGA). Este índice está a su vez constituido por tres subíndices que miden el desempeño de las autoridades responsables en materia de suministro (IES), cumplimiento de los estándares de calidad (ICA) y prestación del servicio de drenaje (ISD).

4.1.1 Eficacia en el suministro de agua

Una gestión eficaz del suministro de agua debe ser capaz de dotar a la población con una cantidad suficiente para atender sus necesidades básicas, con un acceso permanente y conectado a la red pública. Para ello, es indispensable que la infraestructura hidráulica utilizada en su distribución se encuentre en buenas condiciones.

a. Disponibilidad y consumo per cápita

El suministro de agua en el DF se ha reducido en el periodo 2000-2006, de 351 a 317 litros/día. Sin embargo, no todo el caudal que se abastece a esta entidad es consumido por la población por la presencia de fugas, tomas ilegales y conexiones clandestinas. Por consiguiente, se calcula que el consumo total per cápita descendió de 223 a 200 litros/seg; mientras que el consumo doméstico realizado por habitante pasó de 165 a 150 litros/día (véase el cuadro 4.1).

Esta cifra promedio cumple con el volumen mínimo que los seres humanos deben consumir para garantizar su salud de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), para la cual asciende a 150 litros/día. También satisface los requerimientos mínimos definidos por el Banco Mundial, en cuyo caso la dotación de agua por persona debe ser superior a 50 litros/día (WWAP, 2006: 46).

A pesar de ello, más de la tercera parte de las delegaciones y colonias que conforman el DF realizan consumos muy por debajo de estas cifras, poniendo en evidencia que la falta de abastecimiento de agua en algunas zonas de esta entidad puede amenazar la salud de la población, al deteriorar sus condiciones de higiene y favorecer los brotes de enfermedades de origen hídrico, entre las que destacan las enfermedades diarreicas agudas (WHO, 2008: 4). Además de la falta de un suministro de agua suficiente para satisfacer los requerimientos mínimos de la población, otros factores que tienen impactos negativos importantes sobre la salud y el bienestar de las personas son la mala calidad del volumen suministrado y la falta de medios para eliminar las aguas residuales de manera adecuada.

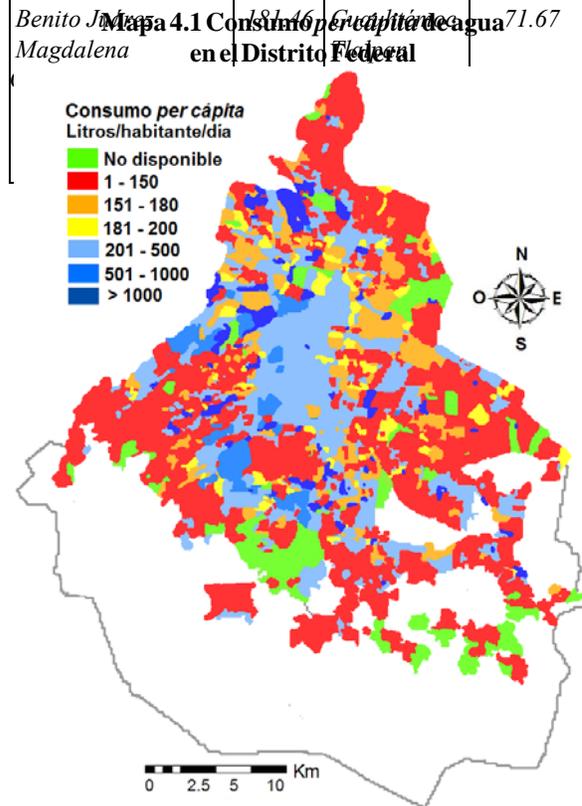
Con los menores consumos domésticos per cápita, con cifras inferiores a 77 litros/día se identifican las delegaciones Xochimilco, Cuauhtémoc y Tlalpan. Estas entidades fueron las más afectadas por la reducción en el suministro de agua en sus territorios, con volúmenes mayores a 117 litros/día. Posteriormente, se encuentran Tláhuac, Milpa Alta e Iztapalapa con consumos entre 120 y 127 litros/día (véase el cuadro 4.1 y el cuadro A del Anexo I).

De manera contraria, el consumo doméstico per cápita aumentó en las delegaciones Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo y Benito Juárez, en por lo menos 11 litros/día. Este incremento no se explica por un mayor suministro de agua, sino por el decrecimiento de su tamaño poblacional. Sólo en Cuajimalpa la dotación de agua en este periodo creció en 196 litros/seg y su consumo per cápita en 67.72 litros/día. Lo anterior, a pesar de que su tasa de crecimiento poblacional fue superior a 3% anual (véase el cuadro 4.1).

Estas diferencias en los niveles de consumo de los capitalinos son mayores al analizarlas por colonia: aquellas en donde sus habitantes realizan consumos superiores a 200 litros/día se ubican en el centro del DF, principalmente, en las delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc (véase el mapa 4.1).

Cuadro 4.1 Suministro y consumo per cápita en el Distrito Federal

Distrito Federal	Dotación y consumo		
(litros/habitante/día)	2000	2005	
Dotación total	351	317	
Consumo total	223.13	200.01	
Consumo doméstico	164.55	149.72	
Consumo doméstico por delegación en 2005			
Mayor a 150 l/hab/día	Menor a 150 l/hab/día		
Gustavo A. Madero	170.66	Xochimilco	68.72
Benito Juárez	81.16	Cuajimalpa	71.67
Magdalena			



Fuente: Elaboración con información del SACM, 2007.

Pero no son los residentes de estas colonias quienes realizan los mayores consumos en esta entidad, sino quienes viven en Miguel Hidalgo, Azcapotzalco y Álvaro Obregón, cuyos volúmenes son superiores a 3 mil litros/día:

Por otro lado, las colonias cuyos habitantes realizan consumos aún menores a 20 litros/día se concentran en las delegaciones Iztapalapa, Milpa Alta y Magdalena Contreras. Enfrentando las

Bosque de Chapultepec e Hipódromo de las Américas en Miguel Hidalgo; San Juan Tilhuaca e Industrial Vallejo en Azcapotzalco; y Las Américas, La Milagrosa y Santa Fe en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.1).

mayores amenazas ante la falta de un suministro de agua suficiente para satisfacer los requerimientos mínimos de sus residentes se

San José Buenavista, Ampliación Emiliano Zapata, Lomas de la Estancia, Palmitas y Xalpa en Iztapalapa; Tierra Unida y Potrerillo en Magdalena Contreras; San Bartolomé Xicomulco en Milpa Alta; 2 Octubre en Tlalpan, y Tierra Blanca en Tláhuac (véase el mapa 4.1).

identifican las siguientes colonias, en cuyos territorios existen (o existieron) asentamientos irregulares:

Considerando el patrón de distribución del suministro de agua, se favorece al centro de la capital del país en detrimento de su periferia. Esto se explica porque la infraestructura y el equipamiento urbano para abastecer a los capitalinos están concentrados en la zona centro. Por lo tanto, las divergencias en el consumo per cápita de agua están determinadas en gran medida por su asignación y no sólo por las diferencias en la disponibilidad de este recurso.

b. Características del acceso al agua

Las viviendas del DF que cuentan con un suministro de agua en su interior ascienden a 85.94% del total. Las que no reciben este líquido en su interior pero sí dentro del predio en donde se encuentran edificadas representan 11.2% del total. Finalmente, los ocupantes del 1.89% restante, tienen que buscar otras alternativas para tener acceso a este líquido. Por ejemplo, los residentes de 0.4% de las viviendas totales recurren a las llaves públicas, 0.17% a otras viviendas, 1.17% a pipas y 0.15% la acarrear de pozos, ríos, lagos, arroyos y manantiales. Por lo tanto, 1.32% del total de las viviendas de la capital del país no cuenta con el servicio de agua, adquiriendo este líquido principalmente por medio de pipas (88.28% del total). Se estima que 1.25 millones de capitalinos ven amenazada su salud y bienestar por la falta del servicio de agua; situación que repercute en sus condiciones de higiene y favorece la transmisión de enfermedades de origen hídrico. Esta cifra no incluye a las personas que recibe el suministro de agua de manera intermitente, lo cual incrementaría considerablemente el número de capitalinos afectados (véase el cuadro 4.2).

Cuadro 4.2 Acceso y frecuencia del servicio de agua en el Distrito Federal

Tipo de acceso	Viviendas (miles)	Proporción
En la vivienda	2 152.02	97.14
En su interior	1 903.89	85.94
En el predio	248.02	11.20
Por Acarreo	12.54	0.57
Llave pública	8.82	0.40
Otra vivienda	3.72	0.17
Sin agua	29.25	1.32
Pipas	25.93	1.17
Pozo, río, manantial	3.32	0.15

Fuente: INEGI (2005), Anuario Estadístico del DF.
INEGI (2005), Muestra del II Censo de Población.

La delegación Milpa Alta tiene las peores condiciones de acceso a este servicio, ya que prácticamente la mitad de sus viviendas no están conectadas a la red pública (52.70% del total).

Posteriormente están la delegación Xochimilco con un 35.2% de sus viviendas totales y Tlalpan con 6.5%. En estas tres delegaciones se calcula que 80 mil de sus habitantes, casi 1% del total de los capitalinos, enfrentan severas amenazas por la falta de un suministro de agua que satisfaga sus requerimientos (véase el cuadro 4.3).

En todas las delegaciones del DF, por lo menos en alguna de sus colonias, más de 50% de sus viviendas no reciben el servicio de agua en su interior, teniendo sus ocupantes que obtenerla de fuentes alternativas que no necesariamente garantizan su calidad (véase el mapa 4.2).

Con excepción de Benito Juárez, las colonias más afectadas por un acceso limitado al agua se concentran en las delegaciones periféricas de Iztapalapa, Xochimilco, Tlalpan y Milpa Alta, en donde hasta 84% del total de sus viviendas no reciben este suministro en su interior, destacando:

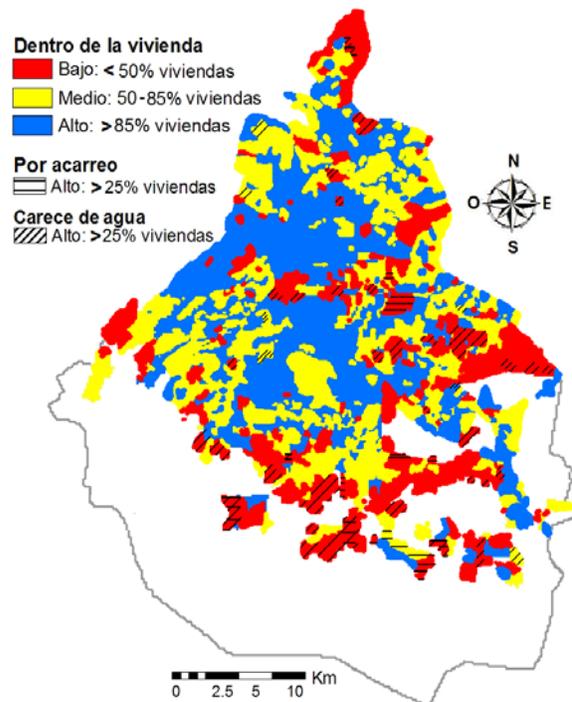
Citlalli, Colonial Iztapalapa, Santa Cruz Meyehualco y San Pedro Culhuacán en la delegación Iztapalapa; Los Cipreses, Dolores Tlali y Viveros Coatectlán en Xochimilco; Solidaridad y Diamante en Tlalpan; El Arenal en Tláhuac; Infonavit Iztacalco y Ramos Milán en Iztacalco; los Barrios Nushila, Santa Cruz y San José en Milpa Alta; y Noche Buena en Benito Juárez (véase el mapa 4.2).

Cuadro 4.3 Acceso y frecuencia del servicio de agua en las delegaciones

Mayor acceso (proporción)			
Delegación	Dentro de la vivienda	Sin agua	Flujo todo el día
Benito Juárez	98.33	0.01	71.77
Cuauhtémoc	96.49	0.02	70.50
Miguel Hidalgo	94.76	0.01	74.59
Venustiano Carranza	93.13	0.01	70.83
Coyoacán	91.14	0.04	72.30
Menor acceso (proporción)			
Iztapalapa	81.34	0.80	45.78
Tláhuac	76.01	1.20	72.71
Tlalpan	72.14	7.90	52.97
Xochimilco	64.87	6.65	46.59
Milpa Alta	52.70	8.43	13.99

Fuente: INEGI (2005), Anuario Estadístico del DF.
INEGI (2005), Muestra del II Censo de Población.

Mapa 4.2 Acceso al agua en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI, 2005.

Las colonias en donde el total de las viviendas reciben el servicio de agua en su interior son: Además de la población que carece del servicio de agua, quienes reciben un suministro en el interior

Presidente Madero en Azcapotzalco; Agricultura, Plutarco Elías Calles y Un Hogar para Nosotros en Miguel Hidalgo; La Pólvora en Álvaro Obregón; Los Robles en Coyoacán; y Floresta Coyoacán en Tlalpan (véase el mapa 4.2).

de sus viviendas o dentro del predio de manera intermitente también enfrentan la amenaza de no contar con un volumen de agua suficiente que satisfaga sus necesidades básicas para cocinar, asearse y limpiar sus viviendas. De los 2.15 millones de viviendas que cuentan con el servicio de agua en su interior, sólo 57.97% del total recibe un flujo permanente; el 42.03% restante, es suministrado intermitentemente (véase el cuadro B del Anexo I). Las delegaciones más afectadas por este problema son Milpa Alta, Iztapalapa y Xochimilco, en donde más de 50% de sus viviendas recibe unas cuantas horas al día el suministro de agua. Enfrentando las mayores amenazas se encuentra la delegación Milpa Alta, cuya proporción asciende a 86% de sus viviendas totales (véase el cuadro 4.3).

A pesar de la relevancia que tiene la variable relacionada con el número de horas que recibe la población el suministro de agua, no fue posible incorporarla al modelo estimado, dado que no se tenía la información desagregada a nivel de colonia o Ageb, que constituyen las unidades territoriales de análisis en esta investigación. Sin embargo, esta variable aporta información vital para determinar con mayor precisión qué tan eficaz es el desempeño de las autoridades para dotar a la población con el servicio de agua, ya que tiene importantes repercusiones en su salud y bienestar, la prestación intermitente de este servicio.

c. Cobertura de la infraestructura

La infraestructura hidráulica para el suministro de agua está conformada por pozos, tanques, redes primarias y secundarias, tomas domésticas, tomas de gran consumo, garzas, estaciones medidoras de presión, así como plantas de bombeo, re-bombeo, potabilizadoras y cloradoras. Aunque es amplia la variedad de este tipo de infraestructura, la distribución de las redes de suministro de agua permite conocer aproximadamente, qué zonas son las mejor atendidas y cuáles carecen de este servicio.

En el DF, la red de distribución de agua es de tipo combinado: existe una línea de alimentación principal de la que se derivan numerosas ramificaciones interconectadas. Las desventajas de este tipo de red incluyen: su complejo diseño; la presencia de crecimientos bacterianos en los extremos de cada rama por la disminución de la cantidad de cloro residual o por el estancamiento del agua a causa de la sedimentación; y la suspensión del servicio de agua durante las reparaciones de la red,

dado que se requiere dejar de conducir dicho flujo por las ramas que están más allá de donde se localiza la falla.

La red primaria en esta entidad está conformada por 1 048 km de tubería con diámetros entre 50 y 326 cm, cuya función es captar y conducir el agua que alimenta a la red secundaria. Por su parte, la red secundaria asciende a 12 279 km de tuberías, con un diámetro menor a 50 cm, que abastecen las tomas domiciliarias. Se estima que la densidad promedio de la red primaria por cada 100 mil capitalinos es de 12.02 km; mientras que de la red secundaria es de 140.80 km (véase el cuadro 4.4).

Las delegaciones con la menor cobertura de redes para el suministro de agua son Milpa Alta, Tláhuac e Iztacalco. Por otro lado, las que tienen las mayores concentraciones de esta infraestructura, con cifras superiores a 140 y 1 690 km de red primaria y secundaria respectivamente, son Iztapalapa y Gustavo A. Madero. Estas delegaciones no tienen las densidades más altas en el DF por su gran tamaño poblacional, sino Benito Juárez y Miguel Hidalgo, en donde ascienden a 25.16 y 231.59 km por cada 100 mil habitantes (véase el cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 Redes para el suministro de agua en el Distrito Federal

Tipo de red Delegaciones	Primaria		Secundaria	
	km	Densidad	km	Densidad
Azcapotzalco	58.7	13.8	570.3	134.1
Coyoacán	55.8	8.9	981.3	156.2
Cuajimalpa	23.8	13.7	290.5	167.3
Gustavo A. Madero	140.0	11.7	1 687.5	141.4
Iztacalco	39.0	9.9	524.9	132.9
Iztapalapa	195.5	10.7	2 060.9	113.2
Magdalena Contreras	23.0	10.1	288.0	125.8
Milpa Alta	8.7	7.5	256.0	220.9
Álvaro Obregón	68.1	9.6	834.9	118.2
Tláhuac	61.4	17.9	478.8	139.1
Tlalpan	71.6	11.8	796.8	131.2
Xochimilco	37.2	9.2	617.7	152.7
Benito Juárez	89.3	25.2	822.2	231.6
Cuauhtémoc	69.3	13.3	699.6	134.2
Miguel Hidalgo	56.6	16.0	726.3	205.4
Venustiano Carranza	49.8	11.1	643.5	143.8
Distrito Federal	1 047.8	12.02	12 279.2	140.80

*Densidad de la red= km/100 mil habitantes.

Fuente: SACM, Dirección Técnica, 2007.

Las colonias de las delegaciones centrales son las más beneficiadas por su elevada concentración de esta infraestructura, en comparación con las periféricas. Por consiguiente, las colonias más afectadas por la falta de redes para el suministro de agua se localizan en las delegaciones Milpa Alta, Tláhuac, Iztapalapa, Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Xochimilco. Destacan por sus bajos niveles de cobertura las colonias:

Emiliano Zapata, Lomas de la Estancia y Triángulo de las Agujas en Iztapalapa; Granjas Modernas, Malacates y el Arbolillo en Gustavo A. Madero; 4 Árboles en Venustiano Carranza; Los Cipreses, Dolores Tlali, Valle Verde y Ampliación Nativitas en Xochimilco; El Arenal Tepepan y Manantial Peña Pobre en Tlalpan; Zedec Santa Fe, Colinas de Tarango y Lomas de Plateros en Álvaro Obregón; los Barrios La Asunción, La Concepción y La Soledad en Tláhuac; los Barrios Tula y Nushitla en Milpa Alta, y Mina Vieja, El Triangulillo y Chimalpa en Cuajimalpa (SACM, 2007).

d. Fugas

Las fugas constituyen uno de los principales problemas en el suministro de agua a los capitalinos, ya que más de una tercera parte del volumen que se les abastece se pierde por esta causa. Su presencia se atribuye a la antigüedad de las tuberías, a su falta de mantenimiento y a los asentamientos diferenciales del subsuelo.

En el año 2007, se atendieron 21 mil fugas con diámetros entre ½ y 72 pulgadas en el DF, en las cuales se perdieron 370.8 Mm³. La mayoría se registró en las delegaciones Álvaro Obregón (16.99% del total), Iztapalapa (16.2% del total), Gustavo A. Madero (14.89% del total) y Coyoacán (10.1% del total). Por otro lado, las delegaciones menos afectadas por este problema en el suministro fueron Cuajimalpa y Milpa Alta, en donde ocurrieron 2.03 y 0.52 % del total (véase el cuadro 4.5).

Más de la mitad las fugas atendidas (55.94% del total) tuvieron un diámetro de ½ pulgada, 17.55% de 5/8 de pulgada y 11.19% de 4 pulgadas. También se repararon 6 fugas con un diámetro de 72 pulgadas en las delegaciones Azcapotzalco y Coyoacán. Aunque la mayoría de las fugas ocurridas fueron de ½ pulgada de diámetro, los mayores volúmenes perdidos se atribuyeron a las fugas de 4 y 12 pulgadas, cuyo caudal ascendió respectivamente a 99.2 y 75.4 Mm³ (26.8 y 20.3% del volumen total perdido). Por consiguiente, la mayor cantidad de agua desperdiciada por fugas se presentó en las delegaciones Gustavo A. Madero (26.5% del total), Álvaro Obregón (15.4% del total) y Coyoacán (10.3% del total) (véase el cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Número de fugas y volumen perdido en el Distrito Federal

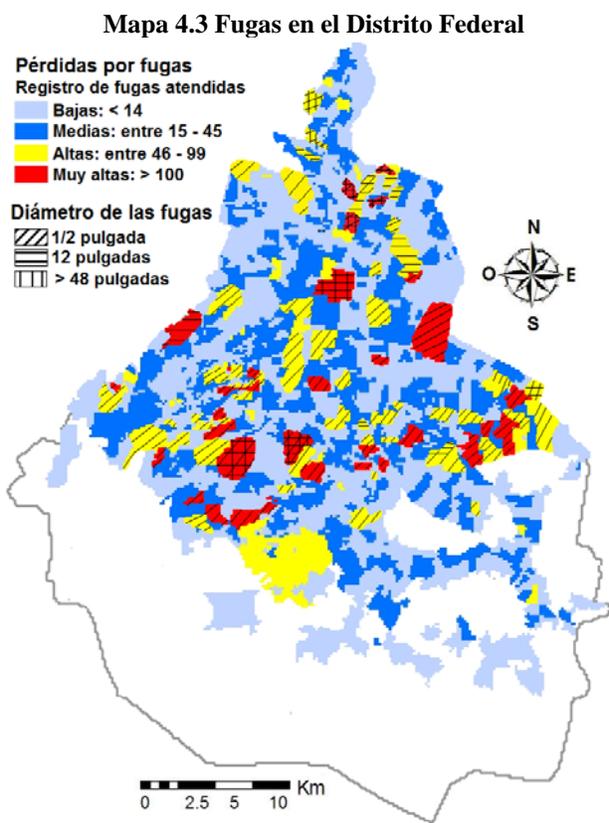
Diámetro (pulgadas)	Fugas		Volumen perdido (Mm ³)		Proporción en las delegaciones más afectadas		
	Total	Proporción	Total	Proporción	Delegación	Número de Fugas	Volúmen perdido
1/2	11 726	55.94	62.0	16.7	Álvaro Obregón	16.99	15.4
5/8	3 679	17.55	24.3	6.6	Iztapalapa	16.16	9.9
1	609	2.91	6.4	1.7	Gustavo A. Madero	14.89	26.5
4	2 346	11.19	99.2	26.8	Coyoacán	10.10	10.3
12	594	2.83	75.4	20.33	Proporción en las delegaciones menos afectadas		
20	84	0.40	17.8	4.79	Cuauhtémoc	2.68	4.3
48	13	0.06	6.6	1.78	Magdalena Contreras	2.43	0.8
72	6	0.03	4.6	1.23	Cuajimalpa	2.03	1.7
Total	20 962	100.0	370.8	100.0	Milpa Alta	0.52	0.5

Fuente: SACM, 2007.

La presencia de fugas se registra en prácticamente en todas las colonias del DF, en las que se atienden en promedio 15 por año. Las colonias más afectadas por fugas de ½ pulgada de diámetro se concentran al sur de esta entidad; mientras que las más afectadas por fugas de 12, 48 y 72 pulgadas, se localizan al noreste y suroeste de la capital del país.

Sobresale la colonia Jardines del Pedregal en Coyoacán, en cuyo territorio se repararon 218 fugas en 2007, a través de las cuales se perdieron importantes volúmenes de agua (véase el mapa 4.3).

Otras colonias que también fueron severamente afectadas por este problema en



Fuente: Elaboración con información del SACM, 2007.

Xalpa, Desarrollo Urbano Quetzalcóatl y Reforma Política en Iztapalapa; Bosques de las Lomas en Miguel Hidalgo; Culhuacanes, Pedregal de Santo Domingo y Pedregal de Santa Úrsula Coapa en Coyoacán; Martín Carrera, Lindavista Norte y Atzacolco en Gustavo A. Madero; Centro en Cuauhtémoc; Agrícola Oriental en Iztacalco; y Olivar de los Padres, Merced Gómez y Jardines del Pedregal en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.3).

el suministro, con un número de fugas superior a 100 registros, son:

e. Índice de Eficacia en el Suministro de Agua (IES)

La eficacia en el suministro de agua está relacionada con la dotación y frecuencia en que la población es abastecida (Conscap), las características de su acceso (Accagv), la existencia de una infraestructura adecuada para su distribución (Redag) y la presencia de problemas que repercuten en el volumen suministrado, como las fugas (Fugas). Estas variables explican 75.60% de la variabilidad de los niveles de eficacia en el suministro de agua: 50.22% se atribuye al acceso al agua dentro de la vivienda y a la concentración de redes (primarias y secundarias); mientras que el 25.38% restante, se explica por el consumo per cápita y la presencia de fugas (véase el cuadro I del Anexo I).

La ecuación que evalúa los niveles de eficacia de la gestión para suministrar agua a los residentes de la capital del país es la siguiente (véase la ecuación 4.1):

$$IES = 0.03240 \text{ Conscap} + 0.50838 \text{ Accagv} + 0.50886 \text{ Redag} - 0.02484 \text{ Fugas} \quad (4.1)$$

Con base en los resultados del IES, las autoridades del DF obtuvieron una calificación de 7.1 en su eficacia para abastecer a los capitalinos con un volumen de agua suficiente para satisfacer sus requerimientos mínimos; esta evaluación corresponde a un nivel de desempeño regular (véase el cuadro 4.6). Aunque las acciones implementadas no han logrado cumplir totalmente con el objetivo de garantizar el abastecimiento de agua a todos los habitantes de esta entidad, si han favorecido su consecución de manera parcial. Por lo tanto, la eficacia en el suministro de agua puede ser mejorada al redefinir o ejecutar nuevas medidas de gestión que permitan una dotación permanente en el interior de las viviendas de todos los capitalinos.

Cuadro 4.6 Evaluación de la eficacia del suministro de agua (IES)

Delegación	IES	Delegación	IES
Cuauhtémoc	8.7	Benito Juárez	7.1
Coyoacán	8.5	Magdalena Contreras	6.9
Miguel Hidalgo	7.9	Cuajimalpa	6.9
Azcapotzalco	7.7	Tlalpan	6.7
Tláhuac	7.5	Iztapalapa	6.7
Álvaro Obregón	7.4	Iztacalco	6.4
Venustiano Carranza	7.4	Milpa Alta	5.6
Gustavo A. Madero	7.3	Xochimilco	5.0
Distrito Federal		7.1	
Los niveles de eficacia evaluados con el IES ϵ [0,10]. Si el IES = 10, la gestión para suministrar un volumen de agua suficiente para satisfacer los requerimientos mínimos de la población es completamente eficaz. Pero si el IES = 0, es ineficaz.			

Fuente: Elaboración con base en los resultados del modelo IES.

En doce delegaciones del DF, la eficacia de las autoridades para abastecer a sus residentes con una cantidad de agua suficiente para satisfacer sus necesidades de alimentación e higiene, obtuvo calificaciones entre 6.4 y 7.9; evaluaciones que corresponden a un nivel de desempeño medio. Sólo en Cuauhtémoc y Coyoacán se registró un desempeño muy eficaz en el suministro de agua a la población, con evaluaciones de 8.7 y 8.5 respectivamente (véase el cuadro 4.6).

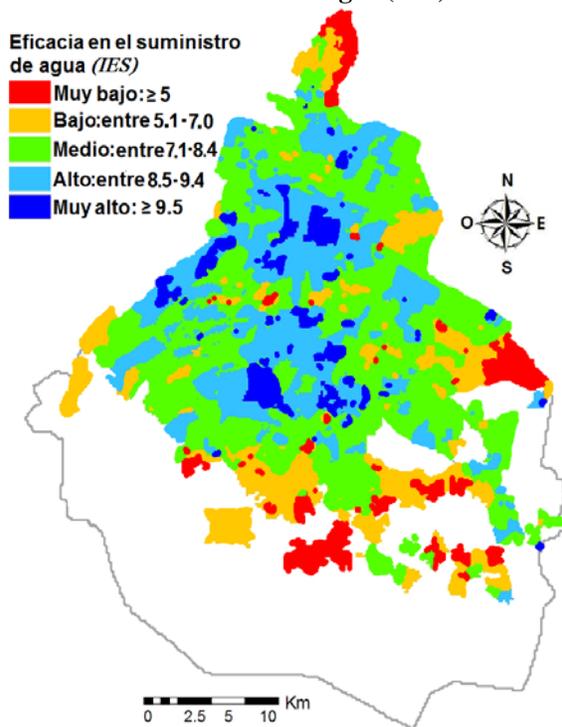
De manera contraria, el desempeño de las autoridades en las delegaciones Milpa Alta y Xochimilco no fue aprobatorio, habiendo obtenido calificaciones de 5.6 y 5.0. Por lo tanto, la salud y el bienestar de sus habitantes se ve más amenazado por la falta de un volumen de agua que atienda sus demandas permanentemente, en comparación con el resto de las delegaciones. Evidentemente, los impactos negativos en la salud y bienestar de la población no son generados sólo por la falta de suministro de agua; también por problemas en la calidad del volumen abastecido o por la carencia de medios rápidos, higiénicos y seguros, para disponer las aguas residuales (véase el cuadro 4.6).

Las colonias que enfrentan las mayores amenazas como resultado de los bajos niveles de eficacia en el suministro de agua se localizan al sur del DF; principalmente, en las delegaciones Tlalpan, Xochimilco e Iztapalapa. Con las evaluaciones más bajas se identifican las siguientes colonias:

Colinas del Bosque, Solidaridad, Loma Bonita, el Zacatón, San Miguel Topilejo, el Pueblo la Magdalena Petalco, Chichicaspatl y San Nicolás II en Tlalpan; Zedec Ampliación Plan de Ayala, Tetecala, Pedregal de San Francisco, Pueblo San Francisco Tlanepantla y 3 de Mayo en Xochimilco; San Pablo I y II, Emiliano Zapata, Ampliación Emiliano Zapata y Valle de las Luces 3ra. Sección en Iztapalapa; Ampliación Malacates en Gustavo A. Madero; y El Pocito en Álvaro Obregón (véase el mapa

Es importante mencionar, que para evaluar con mayor precisión los niveles de eficacia en el suministro de agua, se requiere volver a realizar este análisis incorporando variables como: la prestación intermitente de este servicio, el consumo medido, el consumo no medido, el pago por el volumen de agua consumido y la facturación del agua abastecida a la población, entre otras.

Mapa 4.4 Niveles de eficacia en el suministro de agua (IES)



Fuente: Elaboración con base en los resultados del IES.

4.1.2 Eficacia para garantizar la calidad del agua

Una gestión eficaz para abastecer a la población con un volumen de agua que cumpla los estándares de calidad, debe garantizar que el agua suministrada para el uso y consumo humano esté libre de microorganismos patógenos y no exceda las concentraciones de sustancias orgánicas e inorgánicas más allá de los límites considerados como seguros, ya que en caso contrario pueden generar enfermedades de origen hídrico o dañar la salud de las personas. Con este fin, el agua es sometida a un proceso de potabilización, además de ser analizados sus componentes físicos, químicos y biológicos, de manera sistemática y permanente, para determinar su calidad.

Aunque el agua constituye una fuente importante para la generación y transmisión de organismos infecciosos, varias de las enfermedades de origen hídrico pueden transmitirse indirectamente por medio de otras vías que incluyen: el contacto entre personas y la ingesta de alimentos, ya sea por las

condiciones no higiénicas de su preparación o porque dichos alimentos fueron regados con aguas residuales sin tratar.

a. Infraestructura para la potabilización

El agua extraída de fuentes superficiales y subterráneas no necesariamente cumple con los estándares de calidad para garantizar un uso y consumo humano seguro, requiriendo ser sometida a un proceso de potabilización⁵⁶ capaz de: 1) reducir su turbidez, mal olor y sabor desagradable; 2) remover los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos naturales (como el nitrógeno amoniacal), los compuestos orgánicos sintéticos (entre los que se encuentran los hidrocarburos, detergentes, plásticos, plaguicidas o disolventes industriales) y los compuestos inorgánicos (por ejemplo, metales pesados [plomo, cadmio o mercurio], cloruros, sulfatos, nitratos, carbonatos y óxidos de azufre); y 3) eliminar los microorganismos patógenos (bacterias, virus, protozoarios y gusanos) transmisores de enfermedades de origen hídrico. Algunos de estos compuestos y microorganismos pueden estar presentes en el agua que recibe la población en densidades que superan los rangos máximos permisibles para garantizar un uso y consumo humano seguro.

En el DF hay 35 plantas de potabilización con una capacidad instalada de 2 919 litros/seg y de operación de 2 580 litros/seg; la mayoría (87.5% del total) se localizan a pie de pozo. Estas plantas funcionan a 81.4% de su capacidad total, potabilizando 2 099 litros/seg (INEGI, 2009: 1). Sin embargo, su presencia no garantiza que el agua suministrada a los capitalinos cumpla con los estándares de calidad. Esto se verifica en el caso de la delegación Iztapalapa, en donde a pesar de que en su territorio se concentran 68.6% de las plantas potabilizadoras de esta entidad (24 plantas), sus habitantes son los más afectados por la baja calidad del agua que reciben. El resto de este tipo de infraestructura está en Xochimilco, Tláhuac, Iztacalco, Magdalena Contreras y Venustiano Carranza (Conagua, 2006: 25-27) (véase el cuadro C del Anexo I). Destacan las colonias La Purísima y Sector Popular en Iztapalapa, así como Los Cerillos en Xochimilco, en donde se localizan más de dos plantas potabilizadoras (véase el mapa 4.5).

El caudal que proviene del Sistema Cutzamala es potabilizado (con cloro y sulfato de aluminio) en la planta Los Berros. De esta planta se abastece a la ZMCM con 1 500 millones de litros al día: por medio del microcircuito a los municipios Atizapán, Tultitlán, Coacalco, Ecatepec, Cuautitlán,

⁵⁶ *La potabilización consiste en el uso de varios tratamientos para eliminar y/o reducir tanto los microorganismos patógenos como las sustancias orgánicas e inorgánicas, que pueden afectar a los seres humanos. La desinfección es sólo uno de los procesos a los que está sometida el agua, previo a ser suministrada a la población. Mediante este proceso se destruyen los organismos infecciosos como bacterias, virus y protozoos, que pueden provocar enfermedades. La cloración es el procedimiento más utilizado para desinfectar el agua, ya sea utilizando cloro o alguno de sus derivados como los hipocloritos de sodio o calcio.*

Cuatitlán Izcalli, Tlanepantla, Naucalpan y Toluca; mientras que mediante el acuaférico, a las delegaciones Cuajimalpa, Miguel Hidalgo, Azapotzalco, Gustavo A. Madro, Cuauhtémoc, Iztacalco, Benito Juárez, Coyoacán, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras y Venustiano Carranza (Conagua, 2006: 34).

De acuerdo con la Conagua (2006: 25-27; 2006a: 100), el volumen total de agua suministrada a la población del DF fue potabilizado con tratamientos que incluyen: la cloración, osmosis inversa, filtración directa, absorción y clarificación. Sin embargo, el uso de cloro (o sus derivados) como mecanismo de desinfección no garantiza la eliminación de todos los organismos patógenos en el agua suministrada cuando está contaminada con materia fecal, y por ende, tampoco su uso y consumo seguro. Destacan por su mayor resistencia a la desinfección con cloro (o sus derivados): los protozoarios *Cryptosporidium*, *Cyclospora cayetanensis*, *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*; así como algunos virus entéricos causantes de enfermedades como: la diarrea (*Rotavirus [Reoviridae]*, *Adenovirus [Adenoviridae]* y *Astrovirus [Astroviridae]*), la gastroenteritis (*Norovirus [Caliciviridae]*), la hepatitis viral (*HAV* y *HEV*) y la poliomeilitis (WHO, 2008: 5 y 122; Metcalf et al., 1995: 461; Rodrigo et al., 2005: 83).

Adicionalmente, la calidad del agua que recibe la población puede deteriorarse por la contaminación de sus fuentes, las deficiencias y falta de higiene en los tanques o cisternas para su almacenamiento, la ausencia de mantenimiento o problemas en la instalación de las tuberías de agua en el interior de las viviendas y edificios, así como por las fallas en las conexiones de las tuberías de aguas residuales (WHO, 2008: 5 y 17).

b. Infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales

No sólo el agua de mala calidad que consume la población directamente tiene impactos negativos importantes en su salud; también la que consume de manera indirecta en vegetales y cereales (frijol, brócoli, col, maíz, alfalfa, calabaza y avena, entre otros) que fueron regados con aguas residuales, los cuales al ser ingeridos crudos pueden ser portadores de infecciones parasitarias que incluyen helmintos (*Echinococcus*, *Ascaris*, *Toxocara*, *Necator* y *Taenia solium*), cólera (*Vibrio cholerae*), diarrea (*Escherichia coli*), salmonelosis, fiebre tifoidea y amibiasis (WHO, 2008: 124). Adicionalmente, este tipo de prácticas agrícolas contaminan el suelo, aire y agua (superficial y subterránea).

Para evitar el uso de las aguas residuales en las actividades agrícolas es indispensable que éstas reciban algún tipo de tratamiento, con el fin de remover y reducir los contaminantes que contienen,

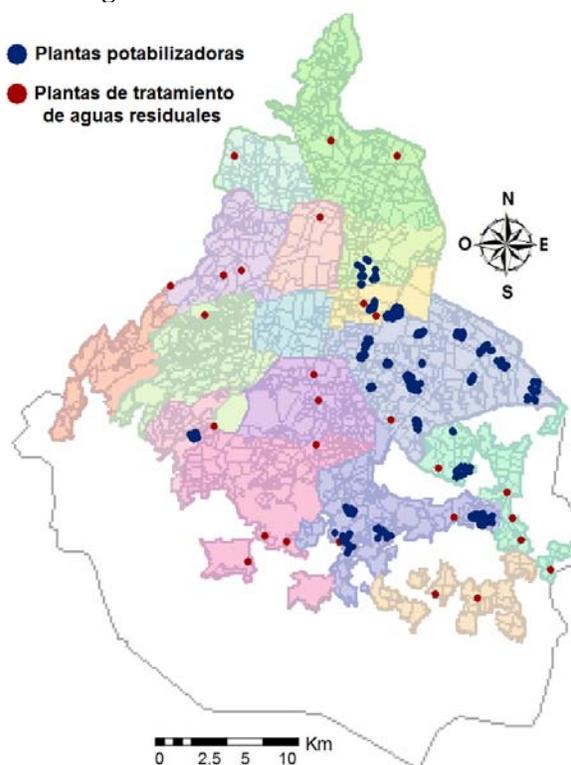
ya sea de tipo primario, secundario o terciario. El tratamiento primario consiste en la separación de sedimentos de gran tamaño; el secundario, en la remoción de materia orgánica suspendida, disuelta o en forma coloidal; y el terciario, en la eliminación de materiales disueltos orgánicos e inorgánicos (INEGI, 2008: 91).

En la capital del país hay 28 plantas de tratamiento, principalmente de tipo secundario y terciario, con una capacidad instalada de 7 032.5 litros/seg. Dado que el volumen tratado asciende a 3 641 litros/seg, sólo 7% del total de las aguas residuales generadas en el DF (1.6 mil Mm³/año) reciben tratamiento previo a su disposición. Sin embargo, aún trabajando todas estas plantas a su máxima capacidad, sólo tratarían 13.55% del total de las aguas residuales generadas en esta entidad (SACM, 2008).

A pesar de que en las delegaciones Tlalpan y Tláhuac se concentran el mayor número de plantas de tratamiento (39% del total); en Iztapalapa se trata el mayor volumen (55% del total de las aguas residuales generadas en el DF) en la planta Cerro de la Estrella, ubicada en la colonia San Nicolás Tolentino (véase el mapa 4.5).

Se estima que 62.5% de las aguas residuales captadas en estas plantas son tratadas con lodos convencionales y aereación extendida; 29.2% con lodos convencionales y filtración con arena, grava, torres de carbón y antracita; y finalmente, 8.3% con tratamientos físico-químicos junto con una filtración rápida (INEGI, 2009: 8). El gran rezago en esta materia contradice la NOM-001-ECOL-1996, en donde se estableció que para fines del año 2000, la totalidad de las aguas residuales de la capital del país serían tratadas. Asimismo, ha favorecido a que se continúe utilizando este caudal para el riego de vegetales y cereales tanto en el Valle del Mezquital como en el Valle de Toluca.

Mapa 4.5 Potabilización y tratamiento de las aguas residuales en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del Inventario Nacional de Plantas Potabilizadoras y de Tratamiento, 2006.

c. Monitoreo de la concentración de cloro residual y análisis bacteriológico

El SACM monitorea la calidad del agua suministrada a los capitalinos por medio de dos parámetros: la concentración de cloro residual y la presencia de bacterias coliformes fecales en las muestras de agua reunidas en pozos, tanques, plantas de potabilización, garzas, estaciones de medición de presión, plantas cloradoras y manantiales. Para desinfectar el agua que recibe la población, las autoridades aplican una cantidad de cloro en exceso (aproximadamente 2mg/litro) que va oxidando los materiales orgánicos e inorgánicos, así como eliminando los microorganismos patógenos (virus, bacterias y protozoarios), persistiendo una cantidad de manera residual. Debido a que en el proceso de distribución el cloro residual sigue reaccionado, su concentración puede disminuir hasta desaparecer en los puntos más alejados de la red; reduciendo su eficacia para garantizar un uso y consumo humano seguro, ya que no se eliminan los microorganismos patógenos, ni se reducen a los rangos máximos permitidos las concentraciones de sustancias orgánicas e inorgánicas presentes.

Las concentraciones de cloro residual deben encontrarse dentro de los límites considerados seguros para el uso y consumo humano, ya que su exceso es tóxico al generar una elevada concentración de subproductos de cloro (SPC) como: los trihalometanos (cloroformo [CHCl₃], bromoformo [CHBr₃], dibromoclorometano [CHBr₂Cl]) y los haloácidos (ácidos monocloraacético, dicloroacético, tricloroacético). Sin embargo, su ausencia o baja concentración, también evita la desinfección del agua (US EPA, 1994: 10-11).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-Environmental Protection Agency, EPA), los límites permisibles de cloro residual en el agua deben fluctuar entre 0.1 y 0.3 mg/litro (US EPA, 1994: 2). Este rango es más amplio en México, ya que con base en la NOM-179-SSA1-1998 y la NOM-127-SSA1-1994, los límites aceptables de cloro residual en las muestras se encuentran entre 0.2 y 1.50 mg/litro. Por consiguiente, los riesgos a la salud que enfrentan los capitalinos son superiores por su mayor exposición a los SPC. Estos subproductos son catalogados como cancerígenos; además pueden afectar las funciones de algunos órganos vitales como el hígado o los riñones (US EPA, 1998: 136-137).

En el año 2007, el SACM identificó que sólo 2% de las muestras analizadas no cumplieron con las NOM, estando por debajo de los 0.2 mg/litros (SACM, 2008). Las delegaciones más afectadas fueron Iztacalco, Iztapalapa y Tlalpan, en donde entre 5 y 6% del total de sus muestras no cumplieron con los niveles mínimos de cloro. Por otro lado, todas las muestras analizadas de las delegaciones Álvaro

Cuadro 4.7 Calidad del agua en el Distrito Federal

Delegación	Cloro residual	Análisis Bacteriológico
Álvaro Obregón	100	88
Azcapotzalco	100	89
Benito Juárez	100	84
Coyoacán	99	95
Cuajimalpa	96	89
Cuauhtémoc	99	85
Gustavo A. Madero	99	90
Iztacalco	94	80
Iztapalapa	95	82
Magdalena Contreras	100	91
Miguel Hidalgo	99	92
Milpa Alta	100	92
Tláhuac	97	86
Tlalpan	95	91
Venustiano Carranza	98	89
Xochimilco	97	90
Total	98	88

¹Porcentaje de muestras dentro de las NOMs.

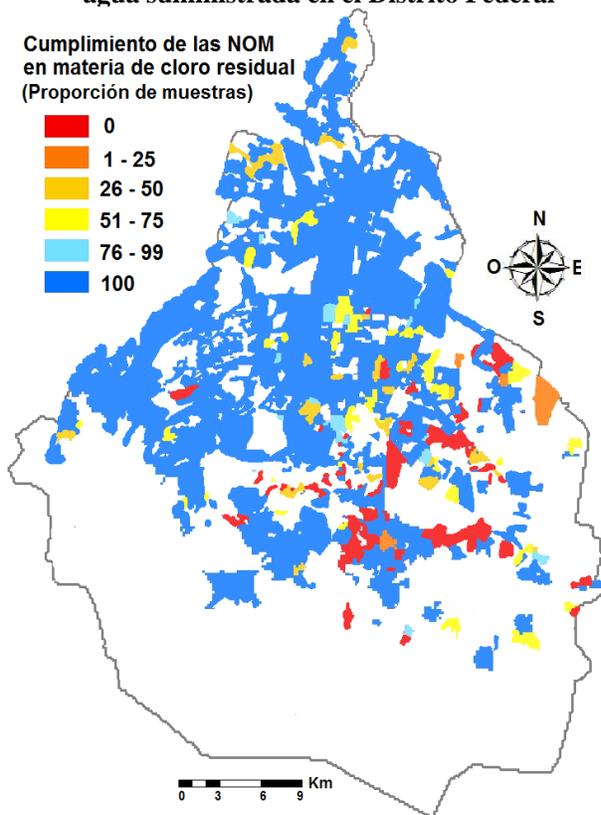
Fuente: SACM, Dirección Técnica, 2008.

Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Magdalena Contreras y Milpa Alta, cumplieron con las normas mencionadas en materia de calidad del agua (véase el cuadro 4.7)

En el caso de las colonias que reciben un volumen de agua que cumple con los límites de concentración de cloro residual definidos en las NOM, la mayoría se localiza en las delegaciones centrales, Magdalena Contreras y Gustavo A. Madero. Por otro lado, aquellas que carecen de un suministro de agua seguro, dado que sus concentraciones fueron menores a 0.2 mg/litro, se ubican al sureste del DF; en las delegaciones Xochimilco, Iztapalapa y Tláhuac. Destacan por los bajos niveles de calidad en el volumen de agua que reciben sus habitantes, las

el Barrio 18, Los Cerillos I, El Carmen, La Noria, San Juan Minas, Tierra Nueva, San Lucas Xochimanca y el Pueblo de San Francisco en Xochimilco; Granjas Estrella, La Polvorilla, El Manto, Reforma Política, Barrio de Santa Bárbara y Santa Martha Acatitla en Iztapalapa; Barrios los Reyes, Santa Cruz Mixquic, San Nicolás Tetelco y Emiliano Zapata en Tláhuac; La Joya, Mirador del Valle, Fuentes Brotantes, Nueva Oriental Coapa, Ejidos de Huipulco y Prados Coapa en Tlalpan; y La Joya, El Paraíso y Zenón Delgado en Álvaro Obregón (véase el

Mapa 4.6 Análisis del cloro residual en el agua suministrada en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del SACM, 2007.
colonias:

Como se mencionó en este apartado, algunos microorganismos patógenos son más resistentes a la desinfección con cloro, por ende, es necesario analizar su presencia en el volumen de agua suministrado a la población para evitar brotes de enfermedades de origen hídrico. Debido a que es difícil identificar algunos de estos microorganismos, ya que normalmente no se encuentran en grandes cantidades, además que es muy costoso analizar todos los que podrían contaminar el agua en cada muestra, se utiliza como método alternativo la identificación de bacterias coliformes. La presencia de estas bacterias es considerada como evidencia de contaminación fecal (Spellman, 2008: 123-125).

Sin embargo, basar los controles sanitarios en este indicador no garantiza un uso y consumo del agua seguro, ya que estas bacterias (como la E. coli) suelen ser eliminadas mediante la desinfección con cloro (o sus derivados); motivo por el cual, su ausencia en las muestras analizadas no necesariamente implica que no hay otros microorganismos patógenos en el agua (como virus entéricos y algunos protozoarios más resistentes a la desinfección), que pueden provocar enfermedades virales y parasitarias. En este sentido, es vital incorporar otros criterios epidemiológicos para mejorar el control sanitario; por ejemplo, monitorear los enterococos intestinales o las esporas de Clostridium perfringens (WHO, 2008: 29 y 69). Adicionalmente, se debe tener en cuenta que la calidad del agua varía con los cambios en la temperatura, precipitaciones, presión en las tuberías e intermitencia en el suministro; requiriendo ser sistemáticamente monitoreada su calidad.

Del total de las muestras analizadas en el DF, 12% no cumplieron con los criterios bacteriológicos establecidos en las NOM; esta proporción es superior a las muestras que no cumplieron con las normas en materia de concentración de cloro residual. Las delegaciones menos afectadas por este problema en la calidad del agua fueron Coyoacán, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Miguel Hidalgo y Tlalpan, en donde más de 90% de las muestras analizadas no contenían bacterias coliformes fecales. Por otro lado, las delegaciones más afectadas fueron Iztacalco e Iztapalapa, cuyas cifras fluctuaron entre 80 y 82% del total de las muestras (véase el cuadro 4.7).

A pesar de ello, las colonias más afectadas por la contaminación con estas bacterias se concentraron en las delegaciones Tlalpan, Iztapalapa, Álvaro Obregón y Gustavo A. Madero. Aquellas en donde la totalidad de las muestras analizadas no cumplieron con las NOM en esta materia son:

Hank González, La Polvorilla y Reforma en Iztapalapa; el Pueblo Santa Cruz Xochitepec en Xochimilco; 25 de Julio y San Felipe de Jesús en Gustavo A. Madero; y Francisco Villa en Tláhuac (véase el mapa 4.7).

De manera contraria, en Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Azcapotzalco se localizan la mayor cantidad de colonias que reciben un volumen de agua libre de bacterias. Sobresalen al cumplir la totalidad de las muestras los criterios bacteriológicos de las NOM, las colonias:

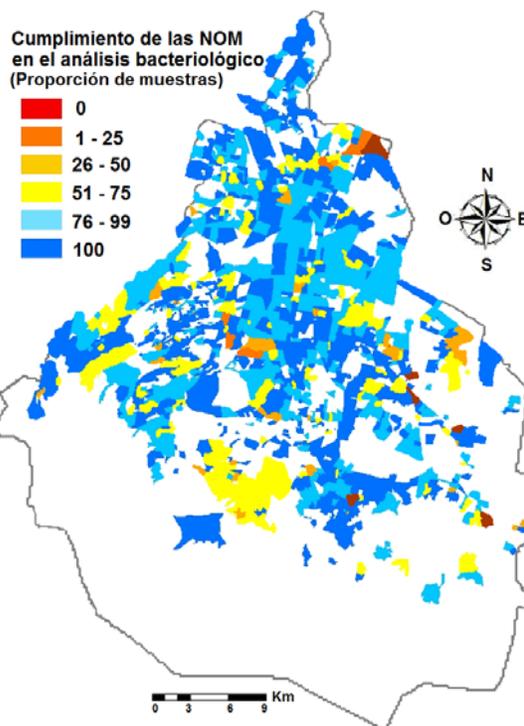
Verónica Anzures, Polanco, Granda, Escandón y Agricultura en Miguel Hidalgo; Santa María Insurgentes, Maza, Cuauhtémoc y Condensa en Cuauhtémoc; Del Gas, Industrial Vallejo, Petrolera, Nextengo, Pro-Hogar y Porvenir en Azcapotzalco; 10 de Mayo, Aquiles Serdán, Felipe Angeles y Lorenzo Boturini en Venustiano Carranza; y Del Valle, General Anaya, Miguel Alemán, Independencia, Nápoles, Portales, Xoco y San Pedro de los Pinos en Benito Juárez (véase el mapa 4.7).

La presencia de bacterias coliformes fecales en algunas muestras analizadas que cumplieron con la concentración de cloro residual definida en las NOM corrobora que la desinfección con cloro no garantiza la eliminación de todos los microorganismos que pueden afectar la salud. Ejemplos de colonias en esta situación incluyen:

25 de julio y San Felipe de Jesús en Gustavo A. Madero; y Francisco Villa y Jaime Torres Bodet en Tláhuac (véase el mapa 4.7).

Sin embargo, el análisis de estos resultados debe realizarse con restricciones, ya que la muestra utilizada por el SACM no es representativa. Por un lado, más de 80% de las colonias que forman parte de las delegaciones menos afectadas por la calidad del agua fueron monitoreadas; en esta situación se encuentran Benito Juárez (89.3% del total), Cuauhtémoc (88.2% del total) y Venustiano Carranza (81.4%). Por otro lado, pocas colonias de las delegaciones que reciben un suministro de

Mapa 4.7 Análisis bacteriológico en el agua suministrada en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del SACM, 2007.

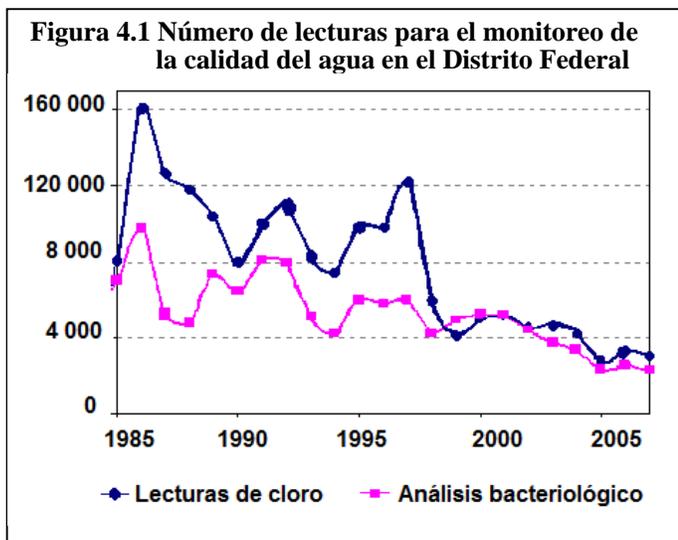
Cuadro 4.8 Colonias monitoreadas en el análisis de calidad del agua en el Distrito Federal

Delegación	Colonias totales*	Colonias analizadas	Proporción
Álvaro Obregón	266	151	56.8
Azcapotzalco	115	77	67.0
Benito Juárez	56	50	89.3
Coyoacán	137	80	58.4
Cuajimalpa	51	40	78.4
Cuauhtémoc	34	30	88.2
Gustavo A. Madero	241	125	51.9
Iztacalco	38	31	81.6
Iztapalapa	235	140	59.6
Magdalena Contreras	50	40	80.0
Miguel Hidalgo	94	58	61.7
Milpa Alta	33	9	27.3
Tláhuac	88	52	59.1
Tlalpan	191	70	36.6
Venustiano Carranza	70	57	81.4
Xochimilco	112	74	66.1
Total	1811	1084	59.9

*Con base en el padrón de colonias actualizado del SACM.
Fuente: SACM, Dirección Técnica, 2007.

agua con bajos niveles de calidad fueron incluidas; tal es el caso de Milpa Alta y Tlalpan, en donde menos de 37% del total de sus colonias formaron parte de esta muestra (véase el cuadro 4.8).

Asimismo, tanto el número de muestras como de colonias monitoreadas ha disminuido desde 1997, impactando negativamente la eficacia de las autoridades para garantizar la calidad del agua suministrada a la población. Entre 1997-2007, las muestras para evaluar el cumplimiento de las NOM en materia de cloro residual se redujeron de 160 a 29 mil por año; y las que se utilizaron para determinar la contaminación fecal pasaron de 97 a 21 mil por año (véase la gráfica 4.1).



Fuente: SACM. Dirección Técnica. 2008.

d. Mortalidad por enfermedades de origen hídrico

La falta o suministro intermitente del agua, al igual que la carencia de medios higiénicos para disponer las aguas residuales, incrementan la incidencia de enfermedades de origen hídrico (como la gastroenteritis, diarrea, salmonelosis, hepatitis viral y poliomeilitis, entre otras previamente mencionadas), al deteriorar las condiciones sanitarias en que vive la población, reducir la higiene personal y contaminar el medio ambiente. La probabilidad de que la población contraiga estas enfermedades no es homogénea entre sus miembros, siendo más vulnerables los menores de 5 años de edad, las personas que viven en condiciones insalubres y los ancianos (WHO, 2008: 1).

Existen diferentes vías de transmisión para estas enfermedades de origen hídrico, las cuales incluyen tanto el consumo directo de agua que no cumple con los estándares de calidad como la ingestión de alimentos contaminados, el traslado de microorganismos en el aire, el contacto persona a persona, las condiciones sanitarias deterioradas y los malos hábitos de higiene (WHO, 2008: 43).

A pesar de que la morbilidad por infecciones intestinales y parasitarias es una variable de gran relevancia, dado que estos padecimientos son la décima causa de morbilidad total en el DF y la tercera causa de egreso hospitalario para el grupo de edad de uno a cuatro años, no fue posible incorporarla en el modelo de evaluación. Lo anterior, debido a que en las estadísticas de egresos

hospitalarios no se reporta la procedencia de los enfermos que recibieron atención médica, cuyo lugar de origen podría ser cualquier estado de la República Mexicana.

Por otro lado, el DF es la entidad del país con la mayor mortalidad total, con 566 defunciones por cada 100 mil habitantes. Asimismo, ocupa el octavo lugar con respecto a la mortalidad infantil, con 20 muertes de menores de un año edad por cada 10 mil nacidos vivos. Las enfermedades crónico-degenerativas (del corazón, cerebro-vasculares, diabetes y tumores) son la principal causa de muerte de los capitalinos, alcanzando una tasa de 489 defunciones por cada 100 mil habitantes; pero son las enfermedades del corazón, las que ocupan el primer lugar, al ser responsables de 20.2% del total de los decesos (véase el cuadro 4.9).

En ocho delegaciones, las tasas de mortalidad total son superiores al promedio de esta entidad; aunque las mayores tasas se registra en las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez y Miguel Hidalgo, con cifras que fluctúan entre 737 y 809 muertes por cada 100 mil personas. En la mortalidad infantil, las mayores tasas se presentaron en Cuajimalpa, Milpa Alta, Miguel Hidalgo y Tláhuac, con más de 24 muertes por cada 10 mil nacidos vividos (véase el cuadro 4.9).

En el caso de las enfermedades infecciosas intestinales y parasitarias (que incluyen cólera, fiebre tifoidea, infecciones por salmonella, gastroenteritis, shigellosis, intoxicaciones alimenticias bacterianas, amebiasis, disentería, abscesos por ameba y giardiasis), éstas constituyen la causa diecinueve de muerte, al provocar 0.6% del total de las defunciones registradas, con una tasa de 3.2 muertes por cada 100 mil habitantes (véase el cuadro 4.9).

De las 280 muertes registradas en 2007 en el DF por este padecimiento, 93.6% fueron provocadas por diarrea y gastroenteritis; mientras que el 6.4% restante, se atribuyó a la Enteritis salmonella, intoxicación por Clostridium perfringens, fiebre tifoidea, disentería amebiana e infecciones intestinales virales responsables de cuadros de diarrea aguda y gastroenteritis. Pero ninguna de las defunciones de este año fue generada por cólera, infecciones por Escherichia coli o amebiasis. Los grupos de edad más afectados por estas enfermedades fueron los menores de cuatro años de edad, para los cuales estas enfermedades constituyeron la primera causa de muerte, al concentrar 9.7% del total de los decesos en este año. La segunda causa de muerte se atribuyó a las infecciones respiratorias agudas bajas, que ocasionaron 8.9% del total de las muertes de este grupo de edad (véase el cuadro 4.9).

Las delegaciones con las mayores tasas de mortalidad por enfermedades infecciosas gastrointestinales y parasitarias fueron Iztacalco, Miguel Hidalgo y Tlalpan, en donde se registraron 5.3 muertes por cada 100 mil habitantes. A pesar de ello, la mayor cantidad de defunciones por este

padecimiento ocurrió en Iztapalapa y Gustavo A. Madero; delegaciones que concentraron 22.9 y 13.2% del total (véase el cuadro 4.9).

Cuadro 4.9 Mortalidad total, infantil y por enfermedades gastrointestinales en el Distrito Federal

Grupo de enfermedad				Tasa ¹		Delegaciones con las mayores tasas de mortalidad			
Crónico-degenerativas				489.2		Mortalidad total ¹		Mortalidad infantil ²	
Infecto-contagiosas				62.2		Delegación		Tasa	
Lesiones				40.57		Cuauhtémoc		808.7	
Mortalidad Total ¹				565.9		Benito Juárez		795.5	
Mortalidad Infantil ²				20		Miguel Hidalgo		736.5	
Tipo de enfermedad	Ord	Muertes	Tasa ¹	Venustiano Carranza		666.2		Tláhuac	
Del corazón	1	10 062	114.1	Azcapotzalco		655.1		Xochimilco	
Infecciosas-intestinales	19	280	3.2	Mortalidad p/enfermedades gastrointestinales ¹					
Enfermedades infecciosas intestinales				Delegación		Tasa			
Enfermedad		Muertes	Proporción	Iztacalco		5.3			
Diarrea/gastroenteritis		262	93.6	Miguel Hidalgo		4.2			
Enteritis salmonella		6	2.1	Tlalpan		4.1			
Clostridium perfringens		5	1.8	Benito Juárez		3.7			
Fiebre tifoidea		2	0.7	Xochimilco		3.7			
Total		280	100.0	Iztapalapa		3.5			

¹ Tasa/100,000 habitantes

² Tasa/10,000 nacidos vivos

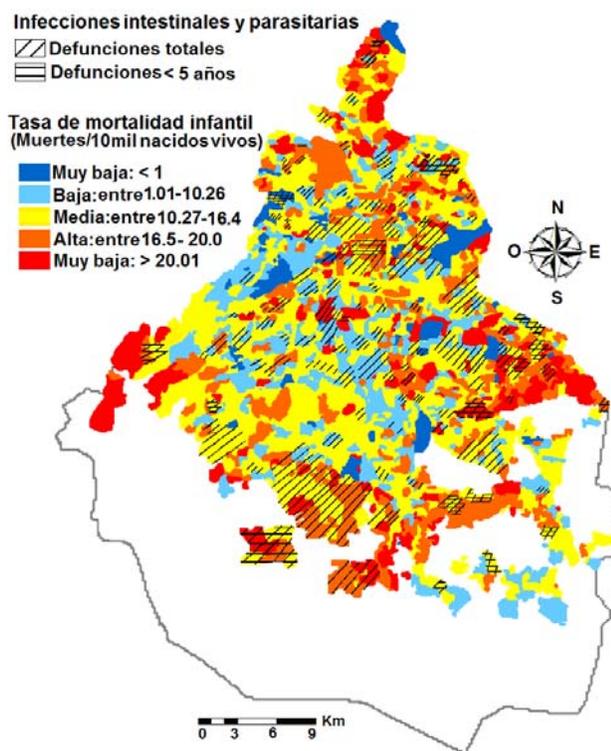
Fuente: SSDF, 2005; INEGI, 2007.

Fue en las colonias Pueblo Quieto en Tlalpan y Tránsito en Cuauhtémoc, en donde las muertes por enfermedades gastrointestinales y parasitarias cobraron la vida de más de tres menores de cuatro años de edad en 2007 (véase el mapa 4.8).

Entre las colonias en donde se registraron exactamente tres muertes para los miembros de este grupo de edad se encuentran:

Nueva Atzacolco y San Felipe de Jesús en Azcapotzalco; el Pueblo de San Gregorio Atlapulco en Xochimilco; Jardín Balbuena en Venustiano Carranza; y Gabriel Ramos Millán en Iztacalco (véase el mapa 4.8).

Mapa 4.8 Mortalidad por enfermedades gastrointestinales y parasitarias en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con base en información del INEGI

e. Índice de Eficacia para Garantizar la Calidad del Agua (ICA)

El agua abastecida a la población debe cumplir con las NOM para que su uso y consumo sea seguro. El cumplimiento de estas normas de calidad está relacionado con la infraestructura existente para potabilizarla, los niveles de concentración de cloro residual (PCloro), la densidad de sustancias orgánicas e inorgánicas y la ausencia de microorganismos patógenos (ABac). Como el agua es uno de los principales medios en donde se pueden encubar, desarrollar y diseminar enfermedades de origen hídrico, las tendencias en la mortalidad total, infantil (Mortinf) y por enfermedades gastrointestinales (Mortgas), también permiten conocer de manera indirecta la calidad del agua cuando ésta no ha sido monitoreada de manera permanente.

Las variables mencionadas explican 60.93% de las variaciones en los niveles de eficacia para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad en el agua suministrada, atribuyéndosele 33.38% a la cantidad de cloro de residual presente, a la situación bacteriológica del agua y a la mortalidad infantil; mientras que el 27.56% restante, corresponde a la mortalidad por enfermedades infecciosas gastrointestinales y parasitarias (véase el cuadro I del Anexo I). Sin embargo, la presencia de plantas para la potabilización del agua y para el tratamiento de las aguas residuales, no contribuyó a explicar el desempeño de las autoridades en esta materia; motivo por el cual, fueron descartadas del modelo estimado.

La ecuación que evalúa los niveles de eficacia de la gestión para abastecer a los capitalinos con un volumen de agua seguro es la siguiente (véase la ecuación 4.2):

$$ICA = 0.61705 ABac + 0.60687 PCloro - 0.12889 Mortinf - 0.08876 Mortgas \quad (4.2)$$

El desempeño de las autoridades para proporcionar a los capitalinos un volumen de agua que cumpla con las NOM en materia de calidad obtuvo una calificación de 6.1; cifra que supera por poco los valores que corresponden a una evaluación reprobatoria. En este sentido, las acciones ejecutadas para el cumplimiento de este objetivo han sido poco contundentes para abastecer a la población con agua segura (véase el cuadro 4.10).

Cuadro 4.10 Evaluación de la eficacia en la calidad del agua suministrada (ICA)

Delegación	ICA	Delegación	ICA
Cuauhtémoc	6.5	Benito Juárez	6.1
Gustavo A. Madero	6.5	Tlalpan	6.0
Venustiano Carranza	6.5	Miguel Hidalgo	6.0
Cuajimalpa	6.3	Tláhuac	5.9
Magdalena Contreras	6.3	Xochimilco	5.9
Álvaro Obregón	6.3	Coyoacán	5.9
Iztapalapa	6.2	Azcapotzalco	5.6
Iztacalco	6.2	Milpa Alta	5.1
Distrito Federal			6.1
Los niveles de eficacia evaluados con el ICA e [0,10]. Si el ICA = 10, la gestión del agua para cumplir con los estándares de calidad en el volumen suministrado es totalmente eficaz. Pero si el ICA = 0, es ineficaz.			

Fuente: Elaboración con base en los resultados del modelo ICA.

Debido a que la dotación de agua a los capitalinos con una baja calidad es un problema generalizado en esta entidad, se ha constituido como una de sus principales amenazas. A pesar de ello, el desempeño de las instancias responsables no puede calificarse de ineficaz, en cuyo caso el valor del ICA sería igual a cero (véase el cuadro 4.10).

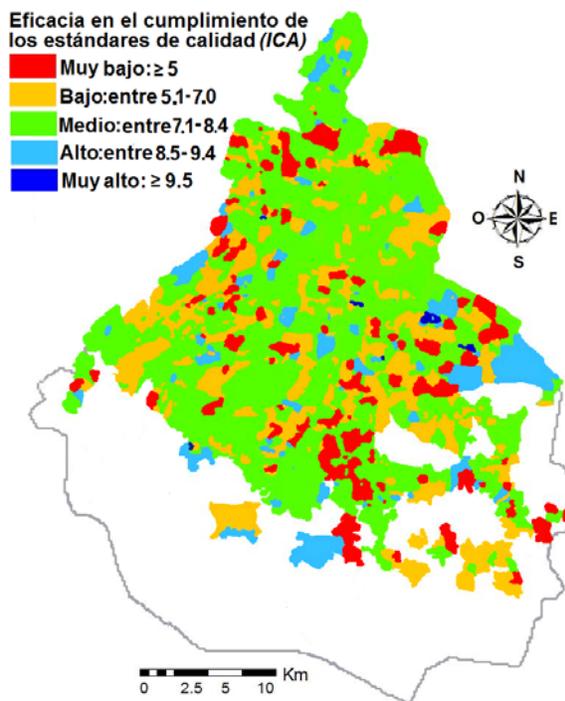
Ninguna delegación sobresale con una calificación elevada en el cumplimiento de este objetivo: once de ellas obtuvieron evaluaciones entre 6 y 6.5; y en las cinco delegaciones restantes, éstas fueron reprobatorias. Por lo tanto, las medidas ejecutadas para dotar a los habitantes de la capital del país con un volumen de agua que les permita realizar un uso y consumo seguro han sido relativamente poco eficaces. El desempeño de las delegaciones Tláhuac, Xochimilco, Coyoacán, Azcapotzalco y Milpa Alta, obtuvo calificaciones entre 5.1 y 5.9, estando sus residentes en promedio más expuestos a las amenazas que resultan de un consumo de agua con mala calidad, ya que esta evaluación es considerada como reprobatoria (véase el cuadro 4.10).

En todas las delegaciones se identifica por lo menos alguna colonia, cuya población se ve severamente afectada por la baja calidad del agua que recibe. A pesar de ello, la mayoría de éstas se localiza en Xochimilco, Iztapalapa y Tláhuac (véase el mapa 4.9).

Destacan por el bajo cumplimiento de los objetivos en materia de calidad del agua suministrada, las colonias:

Jardines de Ceylan, Cruz Roja Tepatongo, La Escuadra, El Barrio San Andrés, El Jagüey, Estación Pantano, Hogares Ferrocarrileros y Francisco Villa en Azcapotzalco; La Polvorilla, Hank González, Reforma Política, Paraje Zacatepec, el Pueblo de Santa Martha Acatitla y La Valenciana en Iztapalapa; y el Pueblo Santa Cruz Xochitepec, Lomas de Tonalco, La Noria, La Concha y Guadalupe en Xochimilco (véase el mapa 4.9).

Mapa 4.9 Niveles de eficacia en la calidad del agua suministrada (ICA)



Fuente: Elaboración con base en los resultados del ICA.

4.1.3 Eficacia en el servicio de drenaje

El acelerado crecimiento urbano ha aumentado tanto la demanda de agua como las descargas de aguas residuales. Una gestión eficaz del servicio de drenaje debe garantizar que la disposición de dichas aguas residuales se lleve a cabo de manera rápida, higiénica y segura, para evitar la

generación y propagación de enfermedades de origen hídrico; el deterioro de las condiciones sanitarias de la población, y la contaminación del medio ambiente. Por consiguiente, comprende los procesos de recolección, evacuación, tratamiento y eliminación; requiriendo de una infraestructura capaz de mejorar el acceso a este servicio, evitar la aparición de encharcamientos y tratar las aguas residuales, previo a su disposición.

Las aguas residuales sin tratar, así como las que no fueron debidamente tratadas, al ser vertidas en los cauces de ríos o en las aguas subterráneas para su desalojo hacia el mar, perturban la capacidad de autodepuración natural de estos ecosistemas, al igual que sus condiciones físicas, químicas y biológicas, como resultado de sus elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno, metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas y microorganismos patógenos. La presencia de estas sustancias y microorganismos contamina las aguas superficiales y subterráneas, el aire y el suelo; además de reducir la disponibilidad de este recurso para un uso y consumo humano seguro. En este sentido, el volumen de agua disponible y su calidad, también están estrechamente vinculadas con el tipo de disposición que se lleva a cabo de las aguas residuales generadas.

a. Acceso al servicio de drenaje

El acceso que tienen los capitalinos al servicio de drenaje determina la manera en que disponen sus aguas residuales, ya sea a través de la red pública, fosas sépticas, barrancas, grietas, cuerpos de agua o al aire libre. La forma en que se disponen las aguas residuales influye en la salud de la población y en la contaminación de su entorno: cuando los habitantes cuentan con un servicio de drenaje conectado a la red pública se reduce la generación y difusión de enfermedades de origen hídrico, al favorecer la disposición rápida, higiénica y segura, de las aguas residuales; además de posibilitar su tratamiento antes de ser vertidas en los cuerpos de agua que son utilizados para su extracción y traslado hasta el mar.

En el DF, 93.17% de sus viviendas están conectadas a la red pública de drenaje, 5.38% tienen otra forma de acceso y 0.44% carecen de este servicio. En el caso de las viviendas que tienen un acceso diferente a la red pública, prácticamente la totalidad utiliza fosas sépticas (88.29%); aunque 0.63% del total de los habitantes de la capital siguen disponiendo sus aguas residuales en barrancas, grietas, ríos y manantiales. Se estima que 605 mil personas que residen en esta entidad carecen de acceso a este servicio,

Cuadro 4.11 Acceso al drenaje en el Distrito Federal

Tipo de acceso	Viviendas	Proporción	
Con drenaje	2 183 288	98.55	
A la red pública	2 064 147	93.17	
Otra forma d/acceso	119 141	5.38	
Fosa séptica	105 139	4.75	
Barranca o grieta	12 160	0.55	
Desagüe a río o lago	1 842	0.08	
Sin drenaje	9 731	0.44	
Delegaciones mejor servidas (porcentaje)			
Delegación	Red pública	Fosa séptica	Sin drenaje
Miguel Hidalgo	98.93	0.14	0.12
Benito Juárez	98.67	0.09	0.08
Cuauhtémoc	98.54	0.08	0.26
Venustiano Carranza	98.51	0.07	0.23
Delegaciones peor servidas (porcentaje)			
Cuajimalpa	89.54	6.13	0.62
Xochimilco	73.38	23.65	2.17
Milpa Alta	67.34	27.72	3.03
Tlalpan	63.34	33.62	0.53

Fuente: INEGI (2005), Anuario Estadístico del Distrito

amenazando su salud por el deterioro de sus condiciones sanitarias y las de su entorno (véase el cuadro 4.11).

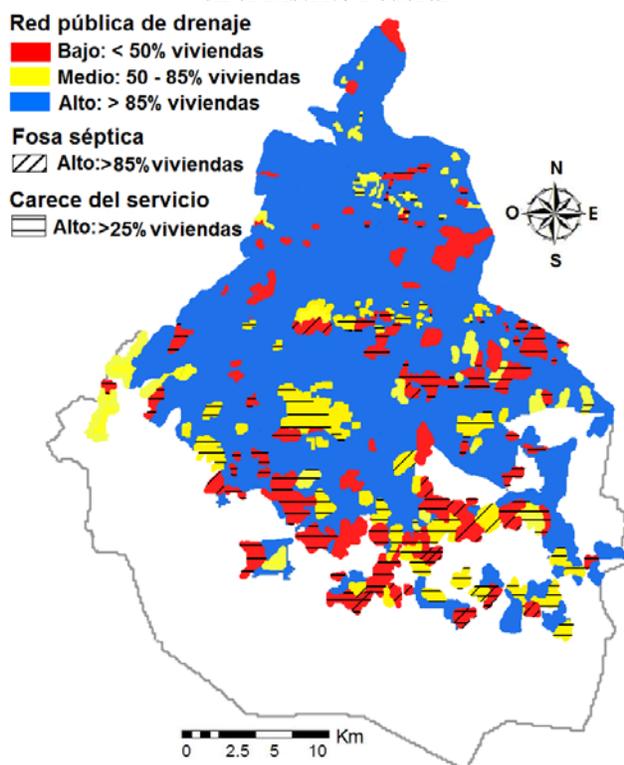
Al igual que en la prestación del servicio de agua, las delegaciones Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco son las más afectadas por la falta de conexión a la red pública de drenaje, fluctuando la proporción de sus viviendas que se encuentra en esta situación entre 26.6 y 36.7% del total. En Tlalpan, aproximadamente 34% de los ocupantes de sus viviendas que carecen de este servicio directamente de la red, utilizan fosas sépticas como un mecanismo alternativo para disponer sus excretas, lo cual ha permitido que sólo 0.53% no cuenten con este servicio. Sin embargo, como en Milpa Alta las viviendas que utilizan fosas sépticas asciende a 27.7% del total, una mayor proporción de sus habitantes carecen de este servicio (3.03% del total). Se calcula que en las delegaciones Xochimilco, Tlalpan y Milpa Alta, cerca de 351 mil personas ven amenazadas su salud y calidad de vida por la carencia de un servicio de drenaje rápido e higiénico; esta cifra representa poco más de 4% de la población total del DF (véase el cuadro 4.11 y el cuadro H del Anexo I).

Aunque en la mayoría de las colonias de la capital del país, más de 85% de sus viviendas están conectadas a la red pública de drenaje; en todas las delegaciones en por lo menos alguna de sus colonias, más de la mitad de sus viviendas utilizan fosas sépticas o carecen por completo de este servicio. Las colonias más afectadas por la falta de acceso a la red pública de drenaje se concentran en Iztapalapa, Xochimilco, Tlalpan, Milpa Alta y Álvaro Obregón;

Santa Martha Acatitla, El Edén, Francisco Villa, Vicente Guerrero, Jacarandas, Sinetel y Colonial Iztapalapa en Iztapalapa; Bramaderos Millán en Iztacalco; San Bartolomé Xicomulco y los barrios San Juan, Ocotitla, La Concepción y San Agustín en Milpa Alta; El Tanque en Magdalena Contreras; Santa Cecilia Tepetlapa, San Gregorio Atlapulco y El Carmen en Xochimilco; Miravalle y Portales Norte en Benito Juárez; y San Andrés Totoltepec, Jardines del Ajusco y San Miguel Topilejo en Tlalpan (véase el mapa 4.10).

destacando:

Mapa 4.10 Acceso al servicio de drenaje en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del SACM, 2005.

Las colonias mejor servidas se ubican en las delegaciones Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero. Entre las colonias en donde la totalidad de sus viviendas cuentan con el servicio de drenaje directamente de la red pública están:

Plutarco Elías Calles, Nextitla, Agricultura y Un Hogar para Nosotros en Miguel Hidalgo; Benito Juárez, Santiago Atepetlac, Nueva Vallejo II y La Escalera en Gustavo A. Madero; José María Morelos y Voceadores en Iztapalapa; Lomas de Santa Fe, Altavista y Atlamaya en Álvaro Obregón; y Floresta Coyoacán, Los Robles y Hermosillo en Coyoacán (véase el mapa 4.10).

b. Cobertura de la infraestructura

Para recolectar, conducir y disponer las aguas residuales, así como las pluviales, el sistema de drenaje cuenta con lagos, lagunas, presas de regulación, cauces entubados y a cielo abierto, redes primarias y secundarias, emisores, interceptores, al igual que plantas de bombeo y rebombeo. A pesar de la diversidad de este tipo de infraestructura, al analizar la distribución de las redes de drenaje es posible identificar aproximadamente, las zonas que carecen de conexión y cuyos residentes tienen que disponer por otros medios sus excretas, sin garantizar su desalojo rápido e higiénico.

El sistema de drenaje del DF es de tipo combinado: una parte del volumen extraído es proporcional al agua suministrada; mientras que el resto, proviene de la lluvia y escurrimientos. La red primaria (con 2 120.1 km de tuberías de diámetros entre 61 y 315 cm) conduce las aguas residuales y pluviales fuera de esta entidad con la ayuda de plantas de bombeo, tanques de tormenta, lagunas de regulación y un sistema de interpresas. La red secundaria (con 10 372.8 km de tuberías de diámetros menores a 61 cm) recolecta las descargas domiciliarias (véase el cuadro 4.12).

Las delegaciones Iztapalapa y Gustavo A. Madero concentran las mayores proporciones de la red de drenaje, con hasta 330 km de red primaria y 1 812 km de red secundaria. Sin embargo, es en la delegación Miguel Hidalgo en donde se registra la mayor densidad por habitante; alcanzando cifras de 50.56 km de red primaria y 203.97 km de red secundaria por cada 100 mil habitante (véase el cuadro 4.12).

Cuadro 4.12 Red de drenaje en el Distrito Federal

Tipo de red Delegaciones	Primaria		Secundaria	
	km	Densidad	km	Densidad
Azcapotzalco	137.4	32.3	522.4	122.8
Coyoacán	198.9	31.7	766.4	122.0
Cuajimalpa	32.1	18.5	226.9	130.7
Gustavo A. Madero	292.8	24.5	1 487.8	124.7
Iztacalco	103.6	26.2	473.2	119.8
Iztapalapa	330.6	18.2	1 812.2	99.5
Magdalena Contreras	32.8	14.3	277.8	121.4
Milpa Alta	15.3	13.2	184.7	159.4
Álvaro Obregón	134.0	18.9	726.1	102.8
Tláhuac	89.4	25.9	434.5	126.3
Tlalpan	112.9	18.6	555.9	91.5
Xochimilco	75.1	18.6	433.7	107.2
Benito Juárez	111.5	31.4	557.1	156.9
Cuauhtémoc	145.4	27.9	614.1	117.8
Miguel Hidalgo	178.7	50.6	721.1	203.9
Venustiano Carranza	129.5	28.9	578.8	129.4
Distrito Federal	2 120.1	24.36	10 372.8	119.18

Densidad de la red = km/100 mil habitantes.

Fuente: SACM, Dirección Técnica, 2007.

En alguna de las colonias del DF, las concentraciones de redes de drenaje son muy bajas, dificultando la prestación de este servicio a través de la red pública. La mayoría de las colonias cuyos habitantes están expuestos a las amenazas derivadas de problemas en el acceso al servicio de drenaje se localizan en Milpa Alta, Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Tlalpan, Álvaro Obregón y Cuajimalpa. Entre las colonias más afectadas por la falta de esta infraestructura se identifican:

el Manto, el Molino y Santa Malena Atlazolpa en Iztapalapa; Granjas Modernas, Ahuehuetes y Tepetal en Gustavo A. Madero; La Otra Banda, Pedregal de Santo Domingo y Pedregal de San Francisco en Coyoacán; Alcanfores, el Jazmín, Lomas Nativitas y Dolores Tlali en Xochimilco; Mirador del Valle, Tlalmille, San Nicolás II, Solidaridad y Lomas de Hidalgo en Tlalpan; Paraje Tierra Colorada en Magdalena Contreras; San Salvador Cuauhtenco y el Barrio Panchimalco en Milpa Alta; y los barrios Guadalupe y La Soledad en Tláhuac (SACM,

c. Encharcamientos e inundaciones

Los encharcamientos constituyen fenómenos diferentes a las inundaciones, dadas las divergencias que presentan en el tiempo en que se encuentran anegadas las áreas afectadas, la altura que alcanza el agua y la velocidad del flujo. Estas características deben tenerse en cuenta para su adecuada mitigación y prevención. Los encharcamientos son anegamientos de agua que ocurren de manera extraordinaria, con una profundidad inferior a 25 cm o el tiempo que tarda en drenarse no supera 24 hrs. Para las inundaciones, los niveles que alcanza el agua superan los 25 cm o tarda en drenarse más de un día; siendo mayores sus impactos sanitarios sobre la población al favorecer la generación y transmisión de enfermedades de origen hídrico (como diarreas agudas por giardiasis y amibiasis, malaria, dengue, leptospirosis, conjuntivitis, dermatitis y hepatitis), la contaminación de las fuentes de agua, la interrupción de los servicios públicos y la destrucción de la infraestructura (Majewski, 2006: 438; OPS, 2006: 5-6).

La gestión del sistema de drenaje debe tratar de evitar su sobresaturación y la ocurrencia tanto de encharcamientos como inundaciones, teniendo en cuenta las variaciones en los volúmenes que se desalojan (desde cargas repentinas hasta la carencia de aguas residuales para su desalojo), así como las condiciones en que se encuentran los cauces receptores (incluyendo su calidad y capacidad de autodepuración).

Durante la temporada de lluvias, el DF frecuentemente se ve afectado por encharcamientos e inundaciones, cuya magnitud y ocurrencia están determinadas por la intensidad de las precipitaciones, la capacidad de desalojo, el buen funcionamiento de la infraestructura de drenaje, la presencia de hundimientos en el terreno y la permeabilidad del suelo. Estos fenómenos no sólo provocan congestionamientos viales; también pueden dañar viviendas, deteriorar la infraestructura hidráulica, impedir la prestación de los servicios públicos y provocar pérdidas humanas.

Los encharcamientos son un problema generalizado en esta entidad, que afecta a cerca de 3 millones de capitalinos (más de una tercera parte de la población total) y a más de 200 vialidades que comunican a varias delegaciones y municipios conurbados. En todas las delegaciones existe alguna avenida, boulevard o calle que se encharca durante la temporada de lluvias; pero la mayor proporción

Cuadro 4.13 Encharcamientos e inundaciones en el Distrito Federal

Delegación	Inundación	Encharcamiento	Total	Proporción
Alvaro Obregón		21	21	5.6
Azcapotzalco		23	23	6.1
Benito Juárez		28	28	7.4
Coyoacán	12		12	3.2
Cuauhtémoc		9	9	2.4
Cuajimalpa		8	8	2.1
Gustavo A. Madero		54	54	14.4
Iztacalco	1	15	16	4.3
Iztapalapa		49	49	13.0
Magdalena Contreras		12	12	3.2
Miguel Hidalgo		40	40	10.6
Milpa Alta	1	8	9	2.4
Tláhuac		15	15	4.0
Tlalpan	11	18	29	7.7
Venustiano Carranza		42	42	11.2
Xochimilco		9	9	2.4
Total	25	351	376	100.0

Fuente: SACM (2007) y SPCDF (2007).

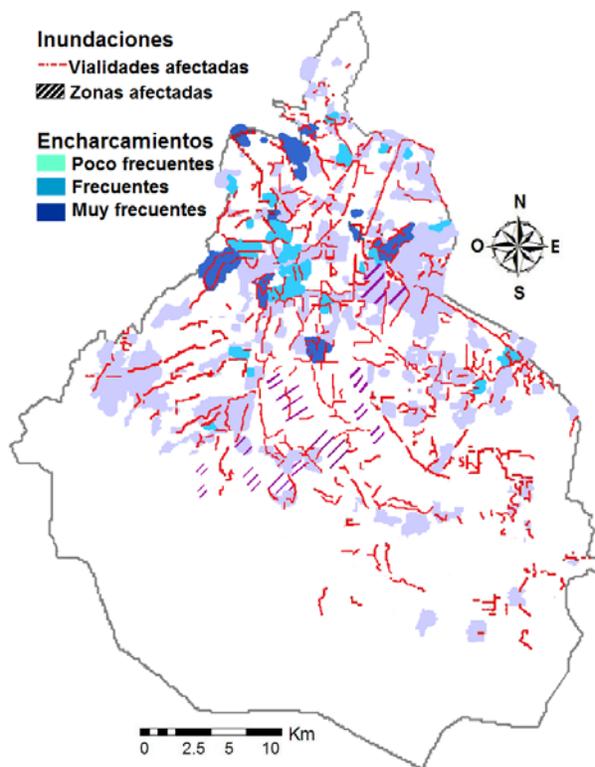
de vialidades afectadas se ubica en Cuauhtémoc, Benito Juárez, Coyoacán e Iztacalco. Por su relevancia, así como por los impactos sociales y económicos que tiene la interrupción de su funcionamiento, destacan vialidades como: Periférico, Circuito Interior, Viaducto, Insurgentes, Río Churubusco y Calzada Ignacio Zaragoza (véase el cuadro 4.13).

Las delegaciones más afectadas por la frecuencia con que se presentan estos eventos, el número de colonias afectadas y la cantidad de personas damnificadas son Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Venustiano Carranza y Miguel Hidalgo. Sin embargo, las colonias cuyos residentes están más amenazados por las consecuencias negativas de la ocurrencia de encharcamientos son:

Magdalena Mixihuca, Moctezuma, Morelos, Pensador Mexicano, Peñón de los Baños y Valle Gómez en Venustiano Carranza; Lomas de Chapultepec, Popotla, San Miguel Chapultepec y Tacubaya en Miguel Hidalgo; Industrial Vallejo, San Pedro Xalpa y El Rosario en Azcapotzalco; El Risco y Nueva Industrial Vallejo en Gustavo A. Madero; Granjas México en Iztacalco; y Portales en Benito Juárez (véase el mapa 4.11).

Sólo en Coyoacán, Tlalpan, Iztacalco y Milpa Alta se registraron inundaciones en 2007, las

Mapa 4.11 Encharcamientos e inundaciones en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del SACM (2007) y de la SPCDF (2007).

Cebada, Culhuacán IX, El Caracol, Copilco el Alto, Copilco Universidad, Oxtopulco, Santa Úrsula Coapa, Pedregal de Santo Domingo y San Francisco Culhuacán en Coyoacán; Ampliación Hidalgo, Barrio Niño Jesús, 2 de Octubre, Torres de Padierna, Jardines de la Montaña, y Pedregal de las Águilas en Tlalpan; San Pedro Actopan en Milpa Alta; y Granjas México en Iztacalco (véase el mapa 4.11).

cuales repercutieron sobre el bienestar de los habitantes de las colonias:

Hasta el momento, las medidas de prevención más utilizadas contra las inundaciones y los encharcamientos han estado encaminadas a modificar el medio natural, por medio de la construcción de obras de infraestructura hidráulica. Aunque estas medidas han sido relativamente eficaces, no aseguran que estos eventos no vuelvan a ocurrir e impacten de manera negativa la salud y el bienestar de los capitalinos. Por consiguiente, también es necesario modificar el comportamiento de la población. Por ejemplo, disminuyendo la generación de aguas residuales mediante un consumo más eficiente del agua o la instalación de dispositivos ahorradores en regaderas y baños, evitando que se tire basura en las alcantarillas, favoreciendo la recolección y reutilización de las aguas pluviales, e impidiendo los asentamientos humanos en zonas inundables.

d. Índice de Eficacia en el Servicio de Drenaje (IED)

La eficacia en la prestación del servicio de drenaje está determinada por el acceso que tienen los habitantes a este servicio (Drpub); la existencia de una infraestructura capaz de disponer de manera rápida, higiénica y segura las aguas residuales generadas (InfrD); la ocurrencia de inundaciones y encharcamientos tanto en predios (Enchcol) como en las vialidades (Enchvial), y el tratamiento de las aguas residuales previo a su disposición en los cuerpos de agua utilizadas para su traslado hacia el mar.

Estas variables explican 80.95% de la variabilidad de los niveles de eficacia en la prestación de este servicio, atribuyéndosele 49.70% al acceso a la red pública de drenaje y a la concentración de las redes primarias y secundarias; mientras que el 31.16% restante, a la frecuencia e intensidad con la que se presentan los encharcamientos en los predios y vialidades (véase el cuadro I del Anexo I).

Con base en los resultados del modelo estimado, la infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales no contribuyó a explicar los niveles de eficacia en la prestación de este servicio, siendo esta variable descartada del modelo. En parte, esto se atribuye a que un volumen muy pequeño de las aguas residuales generadas (7% del total) recibe algún tipo de tratamiento. Esto no implica que las mejoras en el tratamiento de las aguas residuales no tengan impactos significativos para reducir las amenazas por su reuso en otras actividades económicas (como la agricultura), la contaminación ambiental (suelo, aire y agua) y la disminución en el volumen de agua disponible para un consumo humano seguro.

La ecuación que evalúa los niveles de eficacia de la gestión en el servicio de drenaje es la siguiente (véase la ecuación 4.3):

$$ESD = 0.50141 Drpub + 0.50010 InfrD - 0.04640 Enchcol - 0.02773 Enchvial \quad (4.3)$$

En el DF, la eficacia en la prestación del servicio de drenaje obtuvo una calificación de 7.3. Por lo tanto, las instancias responsables de disponer las aguas residuales generadas en esta entidad han tenido un desempeño regular, cumpliendo de manera restringida los objetivos de dotar a todos los capitalinos con un servicio de drenaje conectado a la red pública. Aunque es equivocado calificar su desempeño como ineficaz, en cuyo caso el valor del IED sería igual a cero, es posible mejorar el acceso a este servicio, incrementar la cobertura de su infraestructura y hacer más eficiente su operación para evitar tanto la generación como la propagación de enfermedades de origen hídrico, la aparición de inundaciones y encharcamientos, así como la contaminación de los cuerpos de agua utilizados para trasladar las aguas residuales hasta el mar (véase el cuadro 4.14).

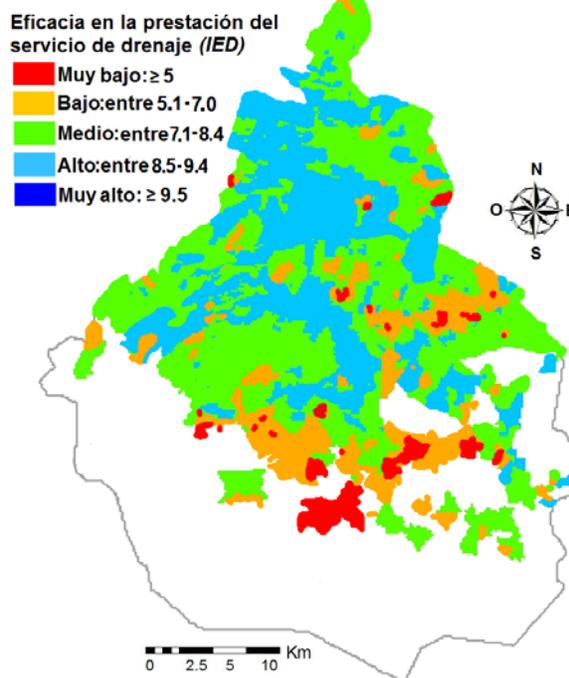
En trece delegaciones el nivel de eficacia de este servicio obtuvo una evaluación entre 6.6 y 7.9, que corresponde a un desempeño regular. Conforme esta calificación es más cercana a 8.0, las acciones ejecutadas por las autoridades tienen un mayor impacto en el cumplimiento de los objetivos en materia de drenaje, reduciendo las amenazas que enfrenta la población por la falta de condiciones sanitarias adecuadas. Cuauhtémoc y Azcapotzalco tuvieron los niveles de desempeño más altos, con una evaluación superior a 8.0 (véase el cuadro 4.14).

Por otro lado, la delegación Xochimilco fue la peor evaluada con una calificación no aprobatoria de 5.5; estando sus residentes más expuestos a problemas en el servicio de drenaje que incluyen: un repunte en la

Cuadro 4.14 Evaluación de la eficacia en la prestación del servicio de drenaje (IED)

Delegación	IED	Delegación	IED
Cuauhtémoc	8.1	Iztacalco	7.4
Azcapotzalco	8.0	Venustiano Carranza	7.4
Álvaro Obregón	7.9	Cuajimalpa	7.3
Coyoacán	7.8	Benito Juárez	7.1
Miguel Hidalgo	7.8	Tlalpan	6.9
Tláhuac	7.7	Iztapalapa	6.9
Gustavo A. Madero	7.6	Milpa Alta	6.6
Magdalena Contreras	7.5	Xochimilco	5.5
Distrito Federal		7.3	

Mapa 4.12 Niveles de eficacia en la prestación del servicio de drenaje (IED)



Fuente: Elaboración con base en los resultados del IED.

morbilidad y mortalidad por enfermedades gastrointestinales y parasitarias; pérdidas económicas y humanas por daños en las vías de transporte a causa de inundaciones y encharcamientos; además de la contaminación del suelo, aire y agua (superficial y subterránea), por la inadecuada disposición de las aguas residuales (véase el cuadro 4.14).

Las colonias más afectadas por los bajos niveles de eficacia en la prestación del servicio de drenaje se concentran en las delegaciones Tlalpan, Xochimilco e Iztapalapa. Enfrentando las mayores amenazas por problemas en la disposición de las aguas residuales se encuentran las colonias:

Colinas del Bosque, Solidaridad, Diamante, Loma Bonita, Tlalmille, Verano, San Miguel Topilejo, Chichicapatl, y el Zacatón en Tlalpan; Zedec Ampliación Plan de Ayala, Tetecal, El Olivo, El Mirador, San José, Guadalupe y La Joya de Vargas en Xochimilco; El Edén, Ojito de Agua, Sinatel y Ampliación Sinatel en Iztapalapa; y Alameda Oriente en Venustiano Carranza (véase el mapa 4.12).

A diferencia de las amenazas a las que está expuesta la población por problemas en el suministro y por el incumplimiento de los estándares de calidad, los impactos negativos de las dificultades para disponer de manera rápida, higiénica y segura las aguas residuales (por ejemplo, las inundaciones, encharcamientos, desbordamientos de canales o colapsos de tuberías), usualmente trascienden las soluciones individuales; requiriéndose medidas de tipo colectivo, cuya ejecución depende de la participación de los diversos actores involucrados (autoridades, damnificados, científicos, técnicos y ONGs).

4.1.4 Índice de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA)

Con base en los resultados del IEGA, la eficacia en la gestión del agua está determinada en mayor medida por la prestación del servicio de drenaje, al explicar 35.06% de la variabilidad de este índice. Posteriormente, se identifica la calidad del volumen suministrado a la población, cuya capacidad explicativa asciende a 33.58% del total; y finalmente, el 31.36% restante, se atribuye a las características del acceso, frecuencia y cobertura de la infraestructura para el suministro de agua (véase el cuadro 4.15).

Cuadro 4.15 Varianza total explicada del modelo IEGA

Componentes	Eigenvalores iniciales			Suma de cuadrados rotados		
	Total	% varianza	% acumulado	Total	% varianza	% acumulado
IED	1.65893	55.29781	55.29781	1.05198	35.05611	35.05611
ICA	0.98961	32.98702	88.28483	1.00060	33.58197	68.63808
IES	0.35146	11.71517	100.00000	0.94088	31.36192	100.00000

*Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración con los resultados del modelo IEGA.

La eficacia de la gestión del agua en el DF para dotar a sus habitantes con un volumen de agua que cumpla con los estándares de calidad definidos en las NOM y satisfaga sus requerimientos mínimos

(para cocinar, limpiar y asearse), además de disponer las aguas residuales de manera rápida, higiénica y segura, obtuvo una calificación de 7.0. Esta evaluación corresponde a un desempeño regular de las autoridades responsables, dado que las medidas ejecutadas han cumplido parcialmente con la consecución de los objetivos en esta materia (véase el cuadro 4.16).

El objetivo de abastecer a la población con un suministro de agua que cumpla con las NOM en materia de calidad fue el peor evaluado, constituyéndose como una de las principales amenazas que enfrentan los capitalinos tanto por la intensidad con la que se presenta este problema en la gestión como por su mayor distribución en las colonias que conforman el DF. En el caso de los servicios de agua y drenaje, éstos obtuvieron una evaluación aprobatoria con respecto a sus niveles de eficacia. Sin embargo, esta calificación fue relativamente baja; motivo por el cual, los habitantes de la capital del país también enfrentan amenazas derivadas de la falta o prestación intermitente de estos servicios, pero en una menor intensidad.

Bajo este contexto, es necesario que las autoridades asignen una mayor prioridad para garantizar los estándares de calidad en el agua suministrada a la población, ya que hasta el momento continúan privilegiando el incremento en el suministro de agua y las mejoras en el acceso a este servicio, en comparación con otros objetivos. Esto no sugiere descuidar la eficacia asociada a la dotación de agua a la población; más bien resalta la importancia de asignar de manera más equitativa los recursos con los que cuentan las autoridades entre sus diversos objetivos, para que no sean canalizados primordialmente a la ejecución de acciones más visibles o rentables en términos políticos.

La evaluación de la eficacia de la gestión del agua en materia de suministro, calidad y drenaje en las delegaciones siguió un comportamiento similar al del DF, ya que 14 de ellas obtuvieron calificaciones entre 6.5 y 7.7, asociadas con un desempeño regular para el cumplimiento de los objetivos mencionados. Las delegaciones Cuauhtémoc y Coyoacán obtuvieron las evaluaciones más altas con calificaciones de 7.7 y 7.4. De manera que, sus residentes están relativamente poco expuestos a los impactos negativos causados por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje (véase el cuadro 4.16).

Por otro lado, los habitantes de Milpa Alta y Xochimilco fueron los más afectados por los bajos niveles de eficacia, estando severamente expuestos a las amenazas que resultan de la falta o prestación intermitente de un

Cuadro 4.16 Evaluación de la eficacia de la gestión del agua en el Distrito Federal (IEGA)

Delegación	IEGA	Delegación	IEGA
Cuauhtémoc	7.7	Magdalena Contreras	6.9
Coyoacán	7.4	Cuajimalpa	6.9
Miguel Hidalgo	7.2	Benito Juárez	6.7
Álvaro Obregón	7.2	Iztacalco	6.7
Gustavo A. Madero	7.1	Iztapalapa	6.6
Azcapotzalco	7.1	Tlalpan	6.5
Venustiano Carranza	7.1	Milpa Alta	5.8
Tláhuac	7.0	Xochimilco	5.5
Distrito Federal		7.0	

Los niveles de eficacia evaluados con el IEGA $\in [0,10]$. Si IEGA = 10, la gestión del agua en materia de suministro, calidad y drenaje es totalmente eficaz. Cuando IEGA = 0, ésta es ineficaz.

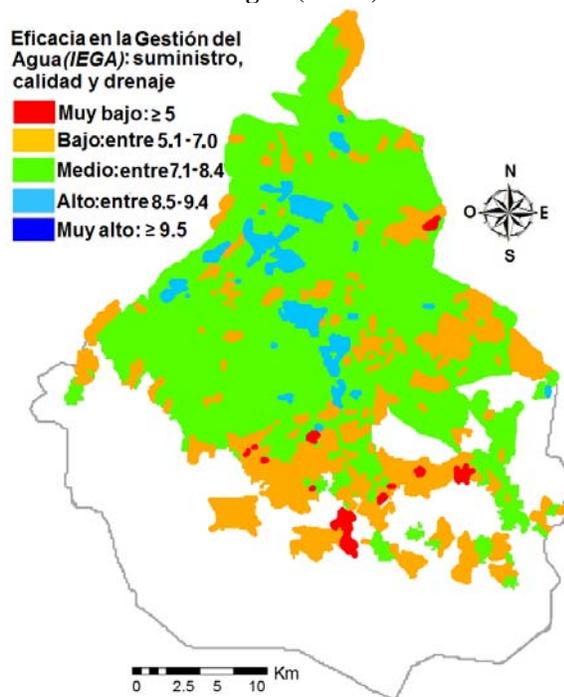
Fuente: Elaboración con base en los resultados del modelo IEGA.

suministro de agua, el incumplimiento de los estándares de calidad y la carencia de conexión a la red pública de drenaje para la disposición rápida e higiénica de las aguas residuales (véase el cuadro 4.16).

Al analizar estos niveles de eficacia por colonia, las más amenazadas por el incumplimiento o cumplimiento parcial de los objetivos mencionados, se localizan en las delegaciones Xochimilco, Tlalpan y Venustiano Carranza. Destacan entre las colonias del DF con las evaluaciones más bajas en el desempeño de las autoridades para la prestación de los servicios analizados:

Guadalupe, San José, El Mirador, El Carmen, San Juan Minas, Lomas de Nativitas, El Olivo, Zedec Ampliación Plan de Ayala, La Joya de Vargas y el Pueblo San Francisco Tlanepantla en Xochimilco; Tlalmille, Verano, Colinas del Bosque, Diamante y Loma Bonita en Tlalpan; y Alameda Oriente en Venustiano Carranza (véase en el mapa 4.13).

Mapa 4.13 Niveles de Eficacia en la Gestión del Agua (IEGA)



Fuente: Resultados del modelo de evaluación IEGA.

Sin embargo, los niveles de exposición de los residentes de la capital del país a los riesgos que resultan de los problemas en la prestación de estos servicios no sólo dependen de las amenazas que fueron previamente estimadas en este capítulo; también de las limitaciones en las capacidades físicas, sociales, económicas y políticas en que vive la población para hacerles frente. Por este motivo, en el siguiente apartado se evalúa la fragilidad de las condiciones en que viven los habitantes del DF.

4.2 Evaluación de la vulnerabilidad

La presencia de problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, así como en el cumplimiento de los estándares de calidad en el volumen suministrado, no devienen por sí mismos en la generación o intensificación de los riesgos a los que está expuesta la población. Dichos niveles de exposición dependen de la fragilidad de las condiciones en que viven las personas, las cuales limitan sus capacidades para hacer frente a estas amenazas, por medio de un acceso alternativo al agua, que satisfaga sus requerimientos mínimos y garantice el cumplimiento de los estándares de calidad; además de la identificación de otros medios diferentes a la red pública de drenaje para disponer de manera rápida e higiénica las aguas residuales.

El DF es una entidad vulnerable, debido a su elevada dependencia a las materias primas, recursos naturales y energía que requiere para su funcionamiento; a su dinámica de crecimiento; a su concentración poblacional y económica; a sus niveles de deterioro del medio ambiente, y a su ineficaz planificación. Sin embargo, la fragilidad de las condiciones en que viven los capitalinos no es homogénea social ni territorialmente, por ende, para estimar sus niveles de vulnerabilidad y conocer sus patrones de distribución tanto en las delegaciones como en las colonias que conforman la capital del país, se diseñó y estimó el Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA). Por medio de este índice, se evaluaron las capacidades de la población para hacer frente a las amenazas relacionadas con problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, con base en las condiciones físicas de los lugares en que residen (IAF), sus capacidades económicas (ICE), sus características sociales (IBS) y sus niveles de representación política (IRPA).

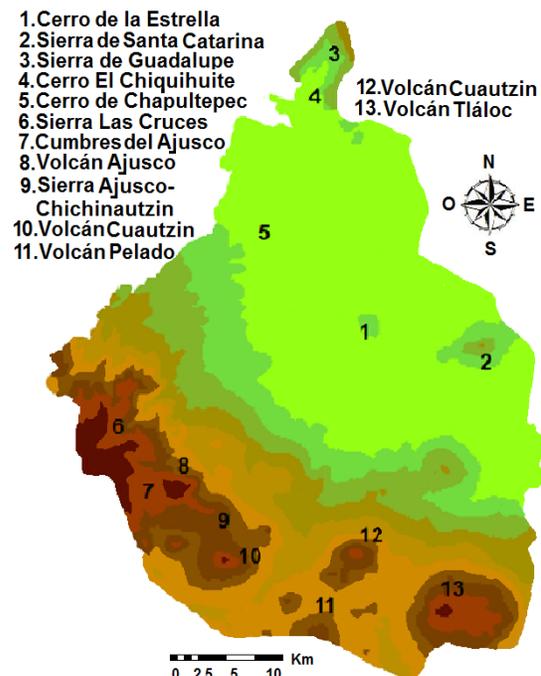
4.2.1 Amenazas Físicas

La fragilidad del entorno en que viven los habitantes del DF atribuida a las diferencias en pendiente, hundimientos del terreno, intensidad de las precipitaciones, características edafológicas, permeabilidad del suelo y cercanía con cuerpos de agua, puede limitar sus capacidades para hacer frente a las amenazas que resultan de los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Lo anterior, debido a que sus condiciones físicas pueden dificultar la prestación de estos servicios a ciertos grupos de población; además de poner en riesgo a los asentamientos humanos localizados en zonas susceptibles de ser afectadas por deslizamientos, inundaciones y/o hundimientos.

a. Orografía y topografía

Las elevaciones más altas en el DF alcanzan casi los 4 mil msnm; mientras que la altitud promedio en las zonas planas es de 2 240 msnm. Al norte sobresale la Sierra de Guadalupe con sus cerros Chiquihuite (2 930 msnm) y Zacatenco (2 550 msnm); al sur, la sierra Ajusco-Chichináutzin con su cerro Cruz del Marqués (3 930 msnm); al suroeste, la sierra de las Cruces con sus cerros El Muñeco (3 870 msnm) y El Triángulo (3 820 msnm); y al oriente, la sierra de Santa Catarina con sus cerros Guadalupe (2 820 msnm) y La Estrella (2 450 msnm). También existen cerros aislados como

Mapa 4.14 Orografía del Distrito Federal



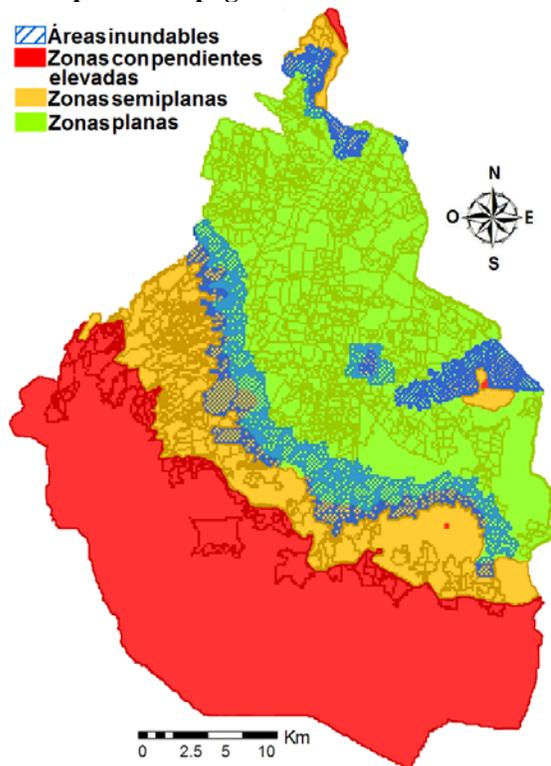
Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

parte de la orografía de esta entidad: el cerro de Chapultepec (2 280 msnm) en Miguel Hidalgo y el cerro del Peñón del Marqués (2 360 msnm) en Venustiano Carranza (véase el mapa 4.14).

Este accidentado relieve conforma un drenaje natural durante la época de lluvias que conduce el exceso del agua hacia la parte más baja de la Cuenca de México. Estos escurrimientos se van concentrando en algunas de las corrientes que todavía existen o que se forman a su paso, las cuales son conducidas al mar a través del río Pánuco.

Las zonas con las mayores pendientes (superiores a 8%) se localizan en las delegaciones Milpa Alta y Tlalpan, estando algunos de sus residentes expuestos a la ocurrencia de deslaves y deslizamientos. En las zonas con pendientes semiplanas (entre 4 y 8%), que abarcan una parte de la superficie de Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Tlalpan, Xochimilco, Magdalena Contreras y Milpa Alta, sus habitantes enfrentan las consecuencias negativas de los escurrimientos de las serranías. Finalmente, las zonas planas que están contiguas a las semiplanas (con pendientes de 0 a 4%), ubicadas en Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Coyoacán y Xochimilco, son propensas a inundarse tanto por los escurrimientos de las sierras y lomeríos que están a su alrededor como por la baja permeabilidad del suelo y los hundimientos diferenciales del subsuelo (véase el mapa 4.15).⁵⁷

Mapa 4.15 Topografía del Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005) y de la SPCDF (2008).

b. Pluviometría (Lluv)

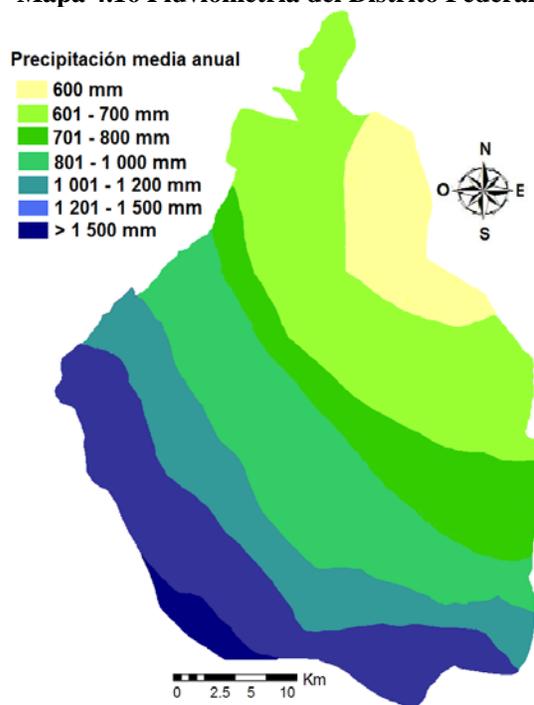
Las condiciones climáticas son determinantes en los patrones de uso y consumo del agua, por ende, también repercuten en la vulnerabilidad de la población ante la falta o prestación intermitente de los servicios hidráulicos. La capital del país es una zona de precipitación moderada, con un promedio anual de lluvia de 718 mm. La temporada de lluvias se presenta entre los meses de mayo a octubre, siendo éstas generalmente de corta duración y gran intensidad, por lo que provocan encharcamientos en predios y vialidades. De manera menos frecuente, se registran lluvias muy

⁵⁷ Se entiende como tanto por ciento de pendiente, al número de metros de caída por cada cien metros de distancia o su proporción. Por ejemplo, una pendiente superior a 8% indicaría que esta zona tiene más de 8 m de caída en 100 m de distancia.

intensas y de gran duración, las cuales pueden causar el desbordamiento de ríos no entubados, presas y canales a cielo abierto, así como la saturación del sistema de drenaje cuando es superada su capacidad de desalojo.

La intensidad de las precipitaciones no es homogénea en esta entidad, fluctuando entre 500 y 1 700 mm; pero existe una relación muy estrecha entre la altitud y los niveles de precipitación. En las zonas más altas del DF, al sur y suroeste (en el cerro Cruz del Marqués y el Volcán Chichinautzin), se registran las precipitaciones más intensas, que llegan a ser de hasta 1 700 mm. En la Sierra de Guadalupe, las laderas orientales de la Sierra de las Cruces y las laderas de la Sierra Ajusco-Chichinautzin, las precipitaciones ascienden a 1 000 mm; mientras que a lo largo de estos sistemas montañosos, fluctúan entre 1 000 y 1 500 mm. Finalmente, las áreas menos húmedas con valores entre 500 y 600 mm, se ubican al norte, este y alrededor del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (véase el mapa 4.16).

Mapa 4.16 Pluviometría del Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2007).

Aunque en la capital del país no ocurren fenómenos hidrometeorológicos extremos (como ciclones, depresiones tropicales o huracanes), su presencia en las costas del Pacífico y del Golfo de México afectan su territorio al incrementar la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. Por este motivo, es necesario ejecutar medidas preventivas que reduzcan las consecuencias negativas de este tipo de eventos, como: el Programa Unidad Tormenta.

c. Permeabilidad del suelo

La permeabilidad del suelo está relacionada con su capacidad para dejar pasar un determinado volumen de cualquier fluido en un tiempo determinado. La velocidad con la que dicho fluido atraviesa las diferentes capas del suelo depende entre otros factores de su porosidad, la densidad y presión del fluido, así como de la cantidad de iones presentes (Kumar y Singh, 2003: 93). Con base

en sus niveles de permeabilidad $[K]$ (medida en m^2 o *mildarcy*⁵⁸) y su velocidad de infiltración $[k]$ (conocida como coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica, medida en cm/h), los suelos se pueden clasificar en: poco permeables (con una infiltración muy lenta), semipermeables (con una infiltración moderada), permeables (con una infiltración rápida) y muy permeables (con una infiltración muy rápida) (ASTM, 19985: 395-396) (véase el cuadro 4.17).

Cuadro 4.17 Clasificación del suelo por su permeabilidad y velocidad de infiltración

Permeabilidad	Permeable				Semipermeable				Impermeable				
Arena o grava	Grava		Arena continua o mixta		Arena fina, cieno, Loess, Loam								
Arcillas y materia orgánica					Turba		Estrato arcilloso		Arcilla expansiva				
Roca consolidada	Rocas muy fracturadas				Roca basáltica y brechas		Piedra arenisca		Roca sedimentaria		Granito		
Permeabilidad K (cm^2)	0.001	0.0001	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}	10^{-15}
Coefficiente de permeabilidad k (cm/h)	> 25.0	12.5- 25.0	6.5 - 12.5		2.0 - 6.5		0.5 - 2.0		0-1 0.5		< 0.1		

Fuente: American Society for Testing and Materials (1985), *Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book*, Washington, ASTM, pp. 395-408.

Kumar Mishra, Surendra y Vijay P. Singh (2003), *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*, Water Science and Technology Library, Kluwer Academic Publishers, Holanda, pp. 91-93.

La urbanización ha modificado la permeabilidad del suelo del DF por la construcción de vialidades, la edificación de enormes unidades habitacionales y la reducción de las áreas verdes existentes. Con la reducción de la permeabilidad del suelo y de la recarga del acuífero se ha incrementado la velocidad de hundimiento del subuelo; favoreciendo la aparición de inundaciones, las fracturas de las redes para el suministro y drenaje, al igual que el deterioro de las estructuras de las edificaciones.

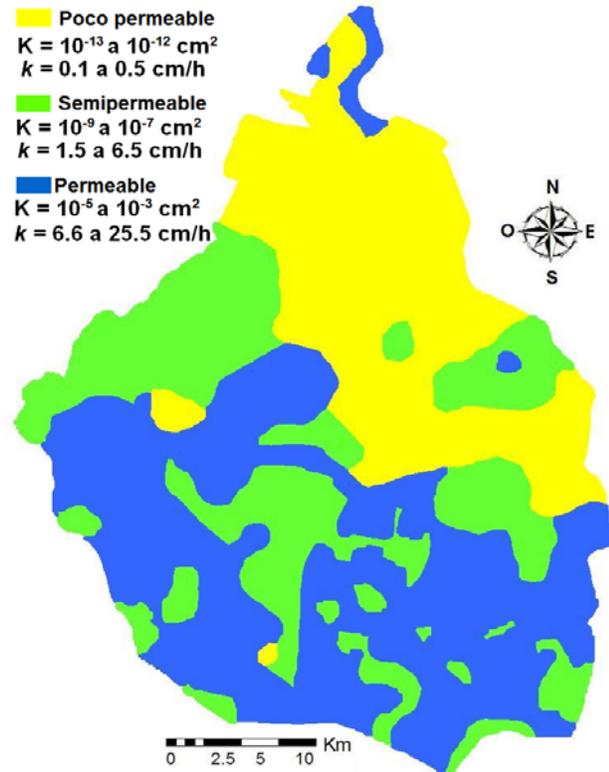
Los suelos poco permeables de tipo lacustre y aluvial, conformados por arcillas y rocas sedimentarias, abarcan una extensión de 33% del territorio de la capital del país. Este tipo de suelos se extiende sobre la superficie total de las delegaciones Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Benito Juárez e Iztacalco; y en una parte de las delegaciones Miguel Hidalgo, Iztapalapa y Magdalena Contreras (véase el mapa 4.17).

⁵⁸ El *mildarcy* es la unidad derivada de la Ley Darcy para determinar la permeabilidad intrínseca. De acuerdo con esta ley, la permeabilidad intrínseca (k_i) es igual al producto de una constante determinada por las características del fluido (C) por el diámetro promedio de los poros del material al cuadrado (d^2) (Prieto, 2004: 162).

El suelo semipermeable constituido por materiales como arenisca, turba, toba, brecha basáltica y suelo residual, comprende 10% del territorio del DF; concentrándose en parte de las delegaciones Miguel Hidalgo, Iztapalapa, Tlalpan, Coyoacán y Milpa Alta. Por sus características edafológicas, este tipo de suelo también es propenso a inundarse, ya que su filtración de agua hacia el subsuelo es relativamente lenta (véase el mapa 4.17).

Finalmente, 57% del suelo de la capital del país está conformado por materiales muy permeables de tipo volcánico, como: rocas ígneas extrusivas, basaltos y andesitas (muy fracturadas). Este tipo de suelo se concentra en las zonas de conservación al poniente y sur de esta entidad; prácticamente en todo el territorio de las delegaciones Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco, Cuajimalpa y Álvaro Obregón (INEGI, 2001: 33) (véase el mapa 4.17). Destacan las sierras del Chichinautzin y las Cruces, el área natural protegida Cumbres del Ajusco y las barrancas de la delegación Álvaro Obregón, ya que en éstas se realiza la mayor filtración del agua pluvial hacia el acuífero Valle de México (INEGI, 2001: 55).

Mapa 4.17 Permeabilidad del suelo en el Distrito Federal



*K = Permeabilidad del suelo

*k = coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica

Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005), el SGM (2007), ASTM (1985) y Kumar-Singh (2003).

A pesar de la relevancia de las barrancas para preservar el equilibrio ambiental de esta entidad, debido a que en ellas se concentran 85% de los escurrimientos, sirven como corredores biológicos y constituyen barreras naturales; en las últimas décadas han enfrentado grandes presiones por la proliferación de los asentamientos irregulares y el elevado deterioro ambiental, al ser utilizadas como receptores de basura y aguas residuales (INEGI, 2001: 55).

d. Hidrología e infraestructura para el almacenamiento de agua

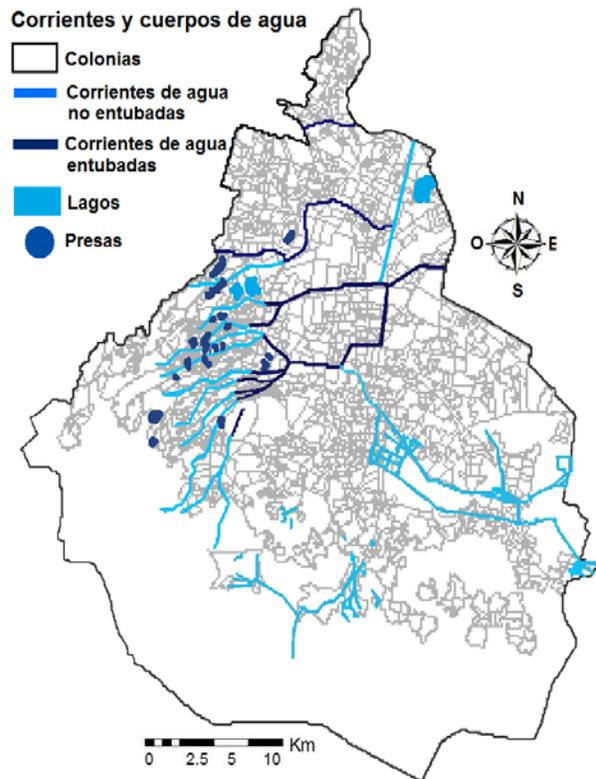
El DF forma parte de la Cuenca de México, estando 94.90% de su territorio en la región hidrológica del Pánuco. De manera natural esta cuenca era endorreica, pero con la construcción de diversas obras de infraestructura hidráulica, actualmente cuenta con cuatro salidas artificiales. La mayoría

de los ríos han sido desviados o entubados (parcial o totalmente) y son utilizados como canales de aguas negras al recibir las descargas de las áreas conurbadas a través de los ríos Mixcoac, Churubusco, La Piedad, Consulado, Remedios, Tacubaya, Becerra, San Joaquín, San Jerónimo, San Ángel, Canal de Chalco y el Canal de San Juan (véase el mapa 4.18).

Entre los pocos cauces que no se encuentran contaminados se identifican una parte no entubada del Río Magdalena (en el área natural Los Dinamos) en Magdalena Contreras, un tramo del río Tornillo en Miguel Hidalgo, además de los ríos Buenaventura y Santiago, que nacen en el Cerro del Ajusco en Tlalpan (véase el mapa 4.18).

Adicionalmente a las corrientes perennes, en las sierras de las Cruces y del Chichinautzin existen otras formadas por las lluvias, que incluyen: los arroyos Potrero y La Joya en Magdalena Contreras, los ríos Dolores y Barrilazo en Miguel Hidalgo; así como los ríos Becerra y Tarango, en Álvaro Obregón. Estos escurrimientos pueden poner en riesgo los asentamientos humanos localizados en las barrancas o en los límites de sus cauces (véase el mapa 4.18).

Mapa 4.18 Hidrología en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005) y del SACM (2007).

Otros cuerpos de agua en esta entidad son los lagos artificiales de San Juan de Aragón y Chapultepec, los lagos naturales de Xochimilco, y la zona chinampera de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic (véase el mapa 4.18).

Por su capacidad para almacenar agua y su localización en zonas urbanas, las presas de igual forma constituyen amenazas para las personas que residen a sus alrededores, ante la posibilidad que ocurra alguna falla operativa o algún evento natural destructivo. En el DF, hay 22 presas con una capacidad de almacenamiento de 3.62 Mm³: en la delegación Álvaro Obregón se localizan 15 presas, en Miguel Hidalgo seis y en Xochimilco una. Destacan por su capacidad de almacenamiento las presas de Anzaldo, Mixcoac, Tacubaya, Becerra y Tequilasco en Álvaro Obregón; Dolores y

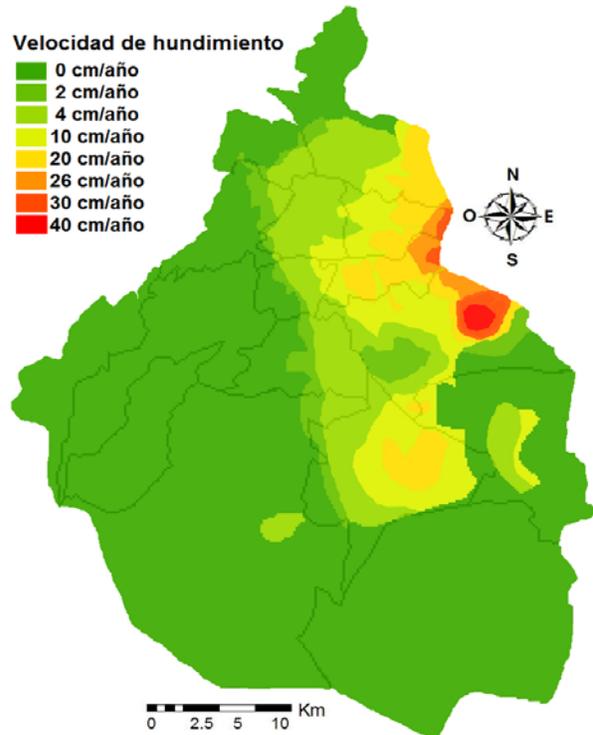
Barrilazo en Miguel Hidalgo, y San Lucas Xochimanca en Xochimilco (véase el mapa 4.18). La principal función de este tipo de infraestructura ha sido regular los escurrimientos pluviales y fluviales para evitar inundaciones en las partes bajas del territorio de la capital del país; además de favorecer el reuso y tratamiento del agua que almacenan.

e. Hundimientos en el subsuelo

El acuífero Valle de México, sobre el que está edificada gran parte del DF, es la principal fuente de abastecimiento de agua para sus habitantes, por ende, continúa enfrentando una explotación intensiva en 181.85%: sus niveles de extracción ascienden a 507.36 hm³/año; mientras que su recarga natural es de 279 hm³/año (Semarnat, 2008: 9).

Aunque la velocidad de hundimiento promedio del subsuelo en esta entidad ha disminuido a 5 cm/año; en algunas áreas continúa siendo elevada. Por ejemplo, en algunas zonas de las delegaciones Iztacalco, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero y Xochimilco, alcanza cifras de 26 cm/año; en Iztapalapa llega a ser de hasta 40 cm/año; alrededor del Aeropuerto Internacional Benito Juárez fluctúa entre 20 y 25 cm/año; y en la zona centro de 10 cm/año (véase el mapa 4.19).

Mapa 4.19 Hundimientos del subsuelo en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005) y del SGM (2005).

El hundimiento diferencial del subsuelo ha provocado fracturas y dislocaciones de las redes de suministro y drenaje, ocasionando fugas tanto del agua que es abastecida a la población como de las aguas residuales. Asimismo, ha favorecido la pérdida de pendiente del sistema de drenaje, requiriéndose para el desalojo de las aguas residuales y pluviales fuera del DF, la construcción de numerosas plantas de bombeo y rebombeo. Este fenómeno también ha incrementado la intensidad de los eventos sísmicos por la pérdida del contenido de agua del subsuelo; ha deteriorado las estructuras de las edificaciones; ha hecho más propensas algunas zonas a inundaciones y encharcamientos; y ha disminuido la calidad del agua que se extrae del acuífero como resultado de

la infiltración de aguas residuales y la concentración de sales por la extracción intensiva de las aguas subterráneas.

f. Índice de Amenazas Físicas (IAF)

El Índice de Amenazas Físicas (IAF) estima la fragilidad de los capitalinos atribuida a las condiciones físicas de su entorno como: la pendiente (Pend), la intensidad de las lluvias (Lluvia), la permeabilidad del suelo (Perm), los hundimientos del subsuelo (Hund) y la cercanía a cuerpos de agua no entubados (Rnoentub), presas (Presas) u otros dispositivos de almacenamiento de gran capacidad. Algunas zonas son más peligrosas que otras, ante la posibilidad que sus residentes sean afectados por inundaciones (Ainund), deslaves o la carencia de los servicios básicos.

Estas variables explican 70.38% de la variabilidad en la fragilidad de las condiciones físicas de la población para enfrentar los problemas en la prestación de los servicios hidráulicos, atribuyéndosele 39.60% a la pendiente, pluviometría, permeabilidad e hundimiento del terreno; 16.46% a las áreas inundables y a la presencia de presas; y por último, 14.31% a la existencia de ríos no entubados (véase el cuadro R del Anexo I).

La ecuación que evalúa este componente de la vulnerabilidad es la siguiente (véase la ecuación 4.4):

$$VF = 0.3242 \text{ Pend} + 0.3443 \text{ Lluvia} + 0.2697 \text{ Perm} - 0.2713 \text{ Hund} - 0.02524 \text{ Rnoentub} - 0.10491 \text{ Ainund} - 0.11187 \text{ Presas} \quad (4.4)$$

Las capacidades de los capitalinos para hacer frente a las amenazas que resultan de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje se encuentran limitadas por las condiciones físico-naturales del entorno en que viven, siendo la evaluación de su fragilidad atribuida a estas condiciones de 5.5; calificación considerada como reprobatoria. En este sentido, la localización de los residentes del DF es determinante para que estén más expuestos a estas amenazas (véase el cuadro 4.18).

En ocho delegaciones, esta evaluación fue menor a 5.8, por ende, las características del entorno en que viven sus residentes los hace más susceptibles a no contar con mecanismos alternativos que les

Cuadro 4.18 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones físicas (IAF)

Delegación	IAF	Delegación	IAF
Venustiano Carranza	8.3	Coyoacán	5.9
Iztacalco	8.2	Iztapalapa	5.8
Cuauhtémoc	7.4	Xochimilco	5.3
Miguel Hidalgo	7.4	Tlalpan	3.6
Gustavo A. Madero	7.1	Álvaro Obregón	3.0
Azcapotzalco	7.0	Milpa Alta	2.4
Benito Juárez	6.9	Magdalena Contreras	2.1
Tláhuac	6.5	Cuajimalpa	1.5
Distrito Federal		5.5	

Los niveles de vulnerabilidad atribuidos a las condiciones físicas en que vive la población se estimaron con el IAF e [0,10]. Si el IAF = 10, estas condiciones no influyen en la fragilidad de la población; pero si IAF = 0, restringen sus capacidades de manera determinante para hacerles frente.

Fuente: Elaboración con base en los resultados del modelo IAF

permitan reducir los impactos de la falta o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje; así como del incumplimiento de los estándares de calidad (véase el cuadro 4.18).

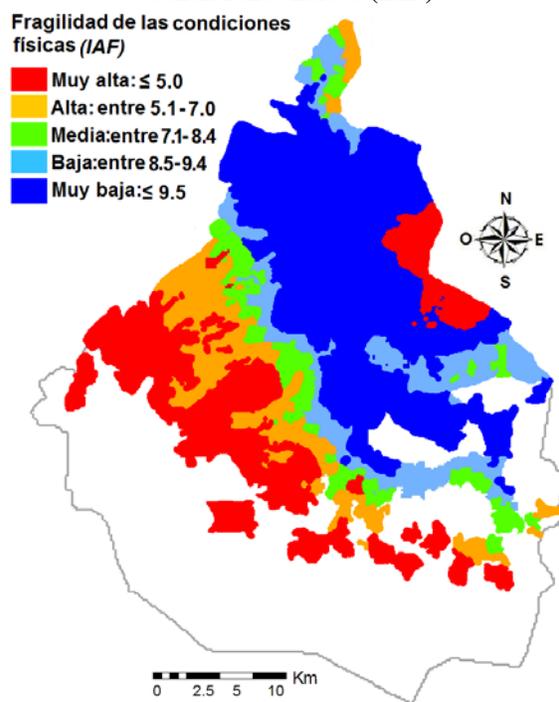
En Álvaro Obregón, Milpa Alta, Magdalena Contreras y Cuajimalpa esta calificación fue menor a 3.0; contribuyendo de manera determinante en los niveles de vulnerabilidad de sus residentes, las condiciones físico-naturales de su entorno. Por otro lado, en las delegaciones Venustiano Carranza e Iztacalco estos rasgos influyen poco en la reducción de las capacidades de sus residentes para hacer frente a las amenazas a las que están expuestos por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, habiendo obtenido calificaciones de 8.3 y 8.2 respectivamente (véase el cuadro 4.18).

La mayoría de las colonias afectadas por la fragilidad de sus condiciones físicas se localizan al suroeste y noreste del DF, en las delegaciones Cuajimalpa, Tlalpan, Álvaro Obregón, Milpa Alta e Iztapalapa. Sin embargo, las más afectadas se concentran en las dos primeras delegaciones mencionadas,

Ampliación San Miguel Ajusco, San Miguel Ajusco, Los Bosques, El Zacatón, Vistas del Pedregal, San Nicolás II, Solidaridad, Lomas de Cuilotepec, Belvedere, 2 de octubre, Chichicaspatl, Sector 17, Loma del Padre en Tlalpan; Xalpa, La Pila, Cruz Blanca, El Triangulillo, Las Lajas, Las Maromas, Mina Vieja, El Balcón, San Lorenzo Acopilco en Cuajimalpa; y Paraje Tierra Colorada en Magdalena Contreras (véase el mapa 4.20).

como en el caso de:

Mapa 4.20 Niveles de fragilidad de las condiciones físicas (IAF)



Fuente: Resultados del modelo de evaluación IAF.

4.2.2 Bienestar Social

Las capacidades de la población para hacer frente a las amenazas que resultan de los problemas en la prestación de los servicios hidráulicos se ven restringidas por las limitaciones que enfrentan las personas para tener acceso a la educación, atención médica, información y servicios básicos (como agua, drenaje, electricidad y gas). El acceso a estos servicios fortalece su resistencia al hacer del conocimiento de la población qué hacer bajo situaciones de emergencia, desastre o contingencia; además de favorecer el diagnóstico, la recuperación y la prevención de enfermedades de origen

hídrico. Asimismo, estas capacidades se ven restringidas por el hacinamiento y las condiciones materiales deterioradas de las viviendas, que ponen en riesgo su espacio construido, salud e higiene.

a. Población y hacinamiento

En el DF habitan 8.72 millones de personas: es la segunda entidad federativa más poblada del país, antecediéndole el Estado de México con 14.01 millones. Las delegaciones con un mayor número de habitantes son Iztapalapa y Gustavo A. Madero, en donde residen 20.9 y 13.7% del total de los capitalinos. Las menos pobladas son Milpa Alta, Cuajimalpa y Magdalena Contreras, cuya proporción es menor a 2.6% del total (véase el cuadro J del Anexo I).

Con relación al crecimiento poblacional, éste se ha ido desacelerando en la capital del país hasta alcanzar una tasa de 0.3% en el periodo 2000-2005. A pesar de ello, existen notables diferencias entre las delegaciones: mientras Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Gustavo A. Madero, Iztacalco y Venustiano Carranza expulsan población; Tláhuac, Cuajimalpa y Milpa Alta tienen elevadas tasas de crecimiento que fluctúan entre 3 y 4% anual (véase cuadro J del Anexo I).

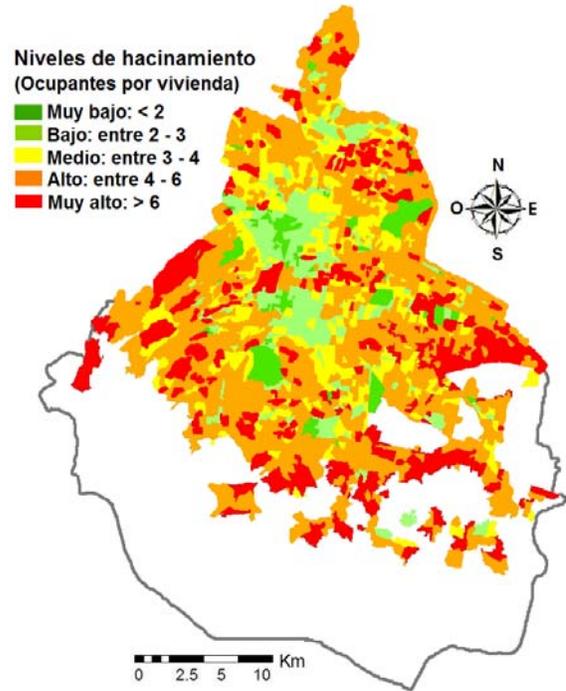
El tamaño y crecimiento poblacional en el DF no contribuyeron a explicar la vulnerabilidad por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, evidenciando que no necesariamente las ciudades más grandes son las más vulnerables; estando este fenómeno relacionado con otros factores como el hacinamiento o los obstáculos en el acceso a los servicios básicos, educación y salud. Sin embargo, conforme las ciudades van creciendo, aumentan las demandas de sus habitantes para recibir diferentes servicios, cuya atención por parte de las autoridades es determinante para fortalecer sus capacidades y enfrentar las amenazas a las que están expuestos.

En el caso del hacinamiento, éste puede medirse por medio de la densidad poblacional o el número de ocupantes por vivienda; siendo esta última variable la mejor para explicar la fragilidad de las condiciones sociales en que vive las personas, dado que el hacinamiento en las viviendas no sólo incrementa la competencia entre sus ocupantes para acceder a los servicios básicos; también repercute en la higiene personal y de las viviendas, además de favorecer el posible contagio por enfermedades transmisibles. En los 2.2 millones de viviendas habitadas en el DF residen en promedio 3.79 personas, pero existen diferencias considerables en las colonias que conforman esta entidad.

Mapa 4.21 Hacinamiento en el Distrito Federal

Aquellas con los menores niveles de hacinamiento se ubican en la zona centro; en particular, en la delegación Cuauhtémoc. De manera contraria, en Milpa Alta, Xochimilco, Cuajimalpa y Tláhuac se concentran las más afectadas por este problema de la urbanización, con más de 4 ocupantes por vivienda. Con los peores niveles de hacinamiento (más de 8 ocupantes por vivienda) se identifican las colonias:

Miguel Hidalgo y El Mirador en Tlalpan; El Pirú, y Loreto y Campamento en Álvaro Obregón; La Colmena, Ermita Zaragoza, Xalpa y Lomas de la Estancia en Iztapalapa; Cuchilla Ramos Millán en Iztacalco; Tlatelolco-Nonoalco en Benito Juárez; El Olivo, Nueva Tenochtitlán y Cuchilla Aragón en Gustavo A. Madero; Santa Bárbara en Azcapotzalco; los barrios Ocotitla, Nushtla y San José en Milpa Alta; Jesús del Monte en Cuajimalpa; y Los Cipreses, Zedec Viveros y Ampliación Nativitas en Xochimilco (véase el mapa 4.21).



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

b. Grupos Vulnerables

Los adultos mayores (personas mayores a 65 años), los menores de 5 años edad y las personas con capacidades diferentes, constituyen un grupo de población que sus propias condiciones fisiológicas requieren de más cuidados para preservar su salud y bienestar (WHO, 2008: 1). Esta situación se verifica, en que los menores de 4 años edad son el grupo de población con las mayores tasas de mortalidad por enfermedades hídricas (véase el cuadro F del Anexo I).

La población que forma parte de este grupo vulnerable en el DF, representa 16.31% de la población total: 14.45% corresponde a la población en edad vulnerable (7.61% menores de 5 años de edad y 6.84% adultos mayores) y 1.86% a la población con capacidades diferentes. En las delegaciones Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Gustavo A. Madero, Iztacalco y Venustiano Carranza, reside la mayoría de la población en edad vulnerable, con una proporción superior a 15% de su

Cuadro 4.19 Grupos vulnerables en el Distrito Federal

Delegaciones con la mayor concentración					
Menores de 5 años			Mayores de 65 años		
Delegación	Proporción	Delegación	Proporción		
Xochimilco	8.45	Cuajimalpa	8.85		
Iztapalapa	8.74	Xochimilco	8.98		
Cuajimalpa	9.12	Iztapalapa	9.04		
Tláhuac	9.41	Tláhuac	9.94		
Milpa Alta	9.95	Milpa Alta	10.54		
Población con capacidades diferentes					
Delegaciones con las mayores concentraciones					
Delegación	Total	Proporción			
		Total	Motriz	Visual	Mental
Álvaro Obregón	11 287	1.64	0.85	0.28	0.31
Cuauhtémoc	11 719	2.27	1.25	0.39	0.32
Coyoacán	13 182	2.06	0.96	0.52	0.33
Gustavo A. Madero	24 803	2.01	1.02	0.40	0.34
Iztapalapa	29 977	1.69	0.79	0.37	0.30
Delegaciones con las menores concentraciones					
Xochimilco	6 128	1.66	0.77	0.34	0.33
Tláhuac	4 348	1.44	0.64	0.36	0.26
Magdalena Contreras	3 959	1.78	0.83	0.44	0.32
Cuajimalpa	1 893	1.25	0.62	0.24	0.23
Milpa Alta	1 173	1.21	0.51	0.26	0.23
Distrito Federal	159754	1.86	0.93	0.37	0.32

Fuente: INEGI (2005), II Censo de Población 2005.

población total: en Milpa Alta, Tláhuac y Cuajimalpa se registra la mayor proporción de menores (hasta 10% de su población total); mientras que en Benito Juárez y Miguel Hidalgo de adultos mayores (llegando a ser de 11% del total de su población) (véase el cuadro 4.19).

El mayor número de personas con capacidades diferentes reside en las delegaciones Iztapalapa y Gustavo A. Madero (entre 25 y 30 mil personas); aunque es en Cuauhtémoc, Benito Juárez y Venustiano Carranza en donde se identifican las proporciones más altas de población con capacidades diferentes con cifras de 2.2% del total. Su presencia se atribuye en 32.5% a enfermedades, 20.9% a la vejez, 19.5% a accidentes y 18.8% a factores hereditarios. Por otro lado, la mitad de los casos reportados (50.3%) son de tipo motriz; 19.8% visual; 17.2% mental; 16.2% auditiva, y 3.1% de lenguaje (véase el cuadro 4.19).

Las colonias en donde se registran las mayores concentraciones de población vulnerable, con proporciones que alcanzan hasta 40.9% del total, se localizan en las delegaciones Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco. Entre las colonias en donde se registran las mayores

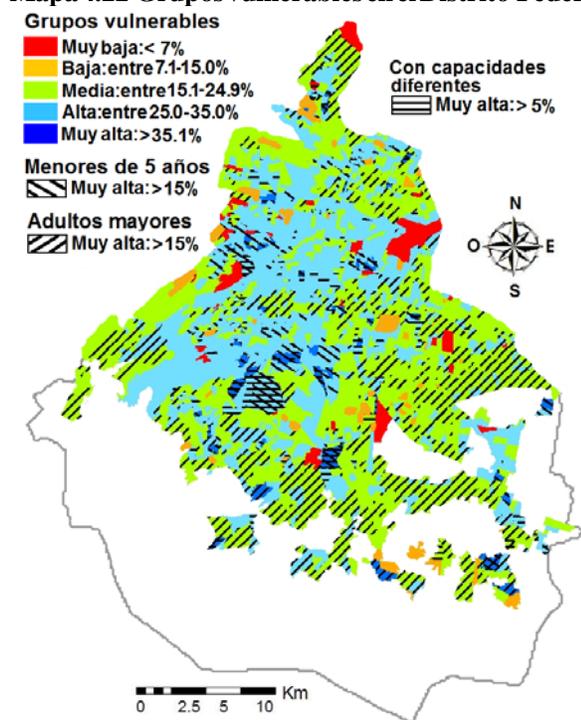
Santa Catarina, Atlántida, Ciudad Jardín y Xotepingo en Coyoacán; Jardines de Churubusco en Iztapalapa; Altavista, Atlamaya, Loreto y Campamento, y Progreso Tizapan en Álvaro Obregón; Pueblo Santa María Tepepan, San Bartolo el Chico y La Noria en Xochimilco; Fovissste Aragón en Gustavo A. Madero; Torres de Padierna en Tlalpan; y Quiautla, Francisco Villa y los barrios Santiago y Guadalupe en Tláhuac (véase el mapa 4.22).

proporciones de población vulnerable se identifican:

c. Acceso a los servicios básicos

La disponibilidad de los servicios de agua, drenaje, electricidad y gas es un indicador sobre la calidad de vida de las personas y el nivel de urbanización. Al ser el DF una de las entidades más importantes en el sistema urbano nacional, su cobertura con respecto a estos servicios supera la media nacional, ya que 95.96% de sus viviendas cuentan con todos estos servicios y sólo 187 (0.01% del total) carece de ellos: 97.14% reciben agua de la red pública; 98.55% cuentan con el servicio de

Mapa 4.22 Grupos vulnerables en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

drenaje; 98.62% tienen electricidad, y 98.37% gas para cocinar. Aunque estas cifras son considerablemente altas, y se podría inferir que casi todos los capitalinos reciben estos servicios, la calidad con que se prestan es muy variable, lo cual repercute en sus niveles de vulnerabilidad (véase el cuadro 4.20).

Las delegaciones cuyos habitantes tienen más obstáculos para tener acceso a todos los servicios básicos son Milpa Alta, Iztapalapa, Xochimilco y Tlalpan, en donde hasta 15% de sus viviendas carecen de estos. Las delegaciones con la mayor proporción de viviendas afectadas por la falta del servicio de agua (entre 10 y 13% de las viviendas totales) son Milpa Alta, Xochimilco y Tlalpan. En Milpa Alta, los habitantes

Cuadro 4.20 Acceso a los servicios en el Distrito Federal

Delegaciones mejor servidas (proporción)					
Delegación	Todos	Agua	Drenaje	Luz	Gas
Distrito Federal	95.96	97.14	98.55	98.62	98.37
Cuauhtémoc	97.55	98.69	98.68	98.69	96.81
Venustiano Carranza	97.58	98.71	98.67	98.48	98.35
Benito Juárez	97.79	98.98	98.83	98.61	97.98
Miguel Hidalgo	98.16	99.15	99.16	98.87	98.31
Delegaciones peor servidas (proporción)					
Cuajimalpa	94.01	95.53	97.92	98.10	98.35
Magdalena Contreras	93.64	94.57	97.68	98.96	98.54
Tlalpan	88.79	90.03	98.15	98.28	98.34
Xochimilco	88.32	89.79	97.32	99.08	97.93
Milpa Alta	84.64	87.01	86.40	88.07	85.60

afectados por la carencia de este servicio ascienden a más de 13 mil personas, sin contar las que reciben un suministro intermitente. Estas mismas delegaciones enfrentan los mayores obstáculos en el acceso al servicio de drenaje, ya que 4% de sus viviendas carecen de éste. Tan sólo en la delegación Tlalpan, más de 10 mil personas no cuentan con mecanismos higiénicos para disponer sus excretas; cifra que no incluye la población que utiliza fosas sépticas, grietas, barrancas o cuerpos de agua (véase el cuadro 4.20).

La energía eléctrica es uno de los servicios con mayor cobertura. Aún en las delegaciones más afectadas por su carencia, como Cuajimalpa y Álvaro Obregón, la proporción de sus viviendas que cuentan con electricidad supera 98% del total. En el caso del gas, combustible más utilizado para cocinar en el DF, todavía en algunas delegaciones hay personas que carece de éste, por lo que utilizan leña, carbón o petróleo. El empleo de estos combustibles incrementa la contaminación del aire y están relacionados con el deterioro de los bosques, así como de sus ecosistemas. En Milpa Alta se concentra la mayor proporción de viviendas que carecen de gas (4.4% del total), por lo que más de 4.6 mil personas en esta demarcación utilizan otros combustibles para cocinar (véase el cuadro 4.20).

Las delegaciones mejor servidas son las centrales, junto con Azcapotzalco, Coyoacán y Gustavo A. Madero. Entre las colonias en donde la totalidad de sus viviendas tienen acceso a todos los servicios mencionados se

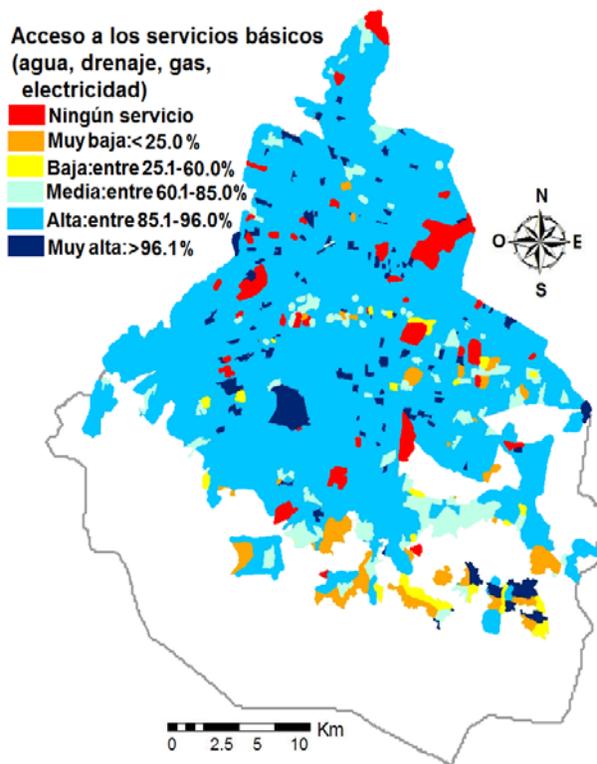
Valle Gómez en Cuauhtémoc; Plutarco Elías Calles, Verónica Anzures y Un Hogar para Nosotros en Miguel Hidalgo; Copilco Universidad, Fortín Chimalistac, Integración Latinoamericana y Olímpica en Coyoacán; Forestal, Progreso Nacional, San José Ticoman, La Escalera y Montevideo en Gustavo A. Madero; y San Álvaro, Petrolera, El Recreo e ISSFAM las Armas en Azcapotzalco (véase el mapa 4.23).

encuentran:

Por otro lado, las colonias más afectadas por la falta de acceso a estos servicios son:

Colinas del Bosque, Valle Tepepan, Corrales, Prados Coapa II, San Nicolás II y Solidaridad en Tlalpan; Puente Colorado y Ampliación Puerta Grande en Álvaro Obregón; Colonial Iztapalapa en Iztapalapa; Noche Buena en Benito Juárez; 7 de julio y Escuela de Tiro en Venustiano Carranza; San Bartolomé Xicomulco y los barrios Tula, San Miguel y Cruztitla en Milpa Alta; y Ampliación Plan de Ayala, Los Cipreses, Zedec Viveros, Dolores Tlali y Valle Verde en Xochimilco (véase el mapa 4.23).

Mapa 4.23 Acceso a los servicios en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

d. Acceso a la educación

El acceso a la educación fortalece las capacidades de la población para identificar las amenazas a las

que está expuesta y favorece el aprendizaje de medidas preventivas para reducir los impactos no deseados de estas amenazas; incluyendo las que se relacionan con los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje.

Aunque el DF tiene el promedio de escolaridad más alto a nivel nacional con 10.15 años; esta cifra es considerablemente baja en comparación con otros países del mundo, ya que menos de 10% de sus habitantes cuentan con estudios de licenciatura o ingeniería, y menos de 1% realizaron estudios de posgrado. Del total de los capitalinos mayores a 15 años, 2.6% son analfabetas, 9.4 % no tienen educación primaria completa, 12.6% carecen de educación secundaria y 73.8% no cuentan con estudios de preparatoria. Las limitaciones en el acceso a la educación afecta al doble de mujeres que de hombres, haciendo que este grupo sea más vulnerable (véase el cuadro 4.21).

Las delegaciones con las mayores restricciones en el acceso a la educación son Milpa Alta, Tláhuac e Iztapalapa. En el caso de Milpa Alta, la más afectada por los obstáculos en el acceso a la educación, del total de sus residentes mayores a 15 años, 14.1% no recibió instrucción primaria, 16.66% secundaria y 88.15% no cuentan con educación media superior. Con respecto su población mayor a 18 años, sólo 2.4% ha recibido educación superior, y prácticamente la totalidad no ha realizado estudios de posgrado. De manera contraria, los residentes de la delegación Benito Juárez, Coyoacán y Miguel Hidalgo, tienen los mayores niveles educativos de la capital del país (véase el cuadro 4.21).

Mapa 4.24 Acceso a la educación en el Distrito Federal

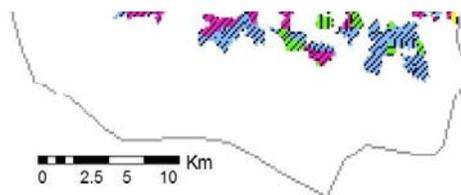
Cuadro 4.21 Acceso a la educación en el Distrito Federal

Entidad	Mayores de 15 años			Mayores de 18 años		
	Analfabetas	Sin primaria	Sin secundaria	Sin preparatoria	Sin educación superior	Sin posgrado
Distrito Federal	2.6	9.4	12.6	73.8	94.4	99.6
Delegaciones con el menor acceso (proporción)						
Tláhuac	3.2	10.8	18.9	84.7	97.6	99.9
Xochimilco	3.5	11.1	15.1	78.3	96.4	99.6
Magdalena Contreras	3.1	11.1	13.8	77.4	94.8	99.5
Iztapalapa	3.2	11.6	13.9	82.4	96.3	99.8
Milpa Alta	5.0	14.1	16.6	88.2	97.6	99.9
Delegaciones con el mayor acceso (proporción)						
Azcapotzalco	1.9	7.8	10.5	72.2	94.2	99.7
Cuauhtémoc	1.8	6.9	12.1	1.1	92.5	99.5
Coyoacán	1.9	6.8	10.6	62.2	92.4	99.1
Miguel Hidalgo	1.6	6.5	9.4	1.1	92.6	99.3
Benito Juárez	0.8	3.6	7.1	46.4	87.8	98.8

Fuente: INEGI, II Censo de Población 2005.

Entre las colonias del DF cuyos habitantes tienen los mayores niveles educativos se identifican:

Condesa en Cuauhtémoc; Insurgentes Mixcoac y Del Valle Sur en Benito Juárez; Lomas de Chapultepec, Anzures, Bosques de Chapultepec y Un Hogar para Nosotros en Miguel Hidalgo; y Jardines del Pedregal de San Ángel, Copilco Universidad, Campestre Churubusco, Jardines de Coyoacán, Jardines de la Montaña e Insurgentes Cuicuilco en Coyoacán (véase el mapa 4.24).



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

De manera contraria, las colonias con los menores niveles educativos son:

Tabacalera en Miguel Hidalgo; Bramadero Ramos Millán en Iztacalco; y San Salvador Cuauhtenco I, San Francisco Tecoxpa y los barrios la Luz, San Mateo y Panchimalco en Milpa Alta (véase el mapa 4.24).

e. Acceso a la información

El acceso a la información permite que la población tenga conocimiento sobre las amenazas que enfrenta y las acciones de emergencia que deben implementar con el fin de evitar la ocurrencia de desastres. Al recibir información a través de los medios masivos de comunicación, como la radio y la televisión, se favorece el fortalecimiento de las capacidades de las personas.

En la capital del país, 94.2% de sus viviendas cuentan con radio y 97.8% con televisión; existiendo una mayor preferencia por ser propietarios de televisiones, ya que la menor concentración de viviendas con este aparato, ubicada en Milpa Alta, asciende a 96% del total. Las mayor proporción de viviendas con radio (entre 95 y 96% del total) se localiza en Benito Juárez, Coyoacán y Azcapotzalco; y la menor en Milpa Alta (con 89.9% del total de sus viviendas) (véase el cuadro 4.22).

Cuadro 4.22 Acceso a la información en el Distrito Federal

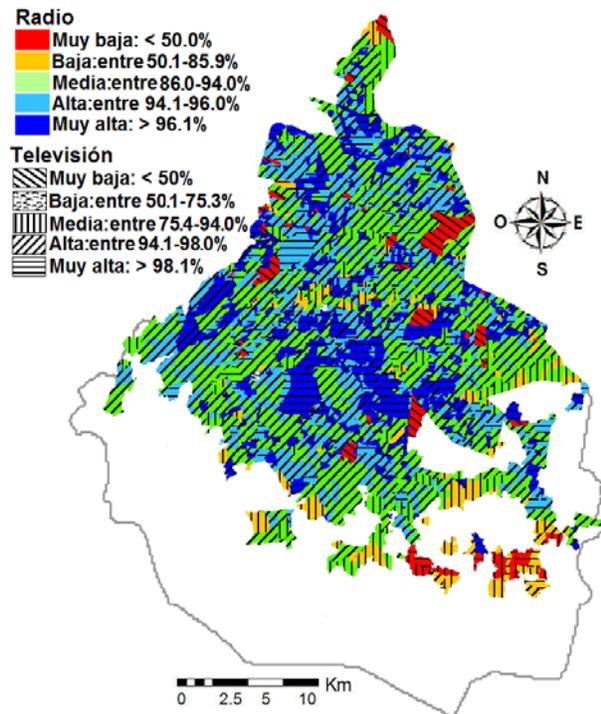
Proporción de viviendas					
DF	Con radio		Con televisión (Tv)		
	94.18		97.78		
Mayor acceso			Menor acceso		
Delegación	Con radio	Con Tv	Delegación	Con radio	Con Tv
Azcapotzalco	95.3	97.8	Tlalpan	94.5	97.5
Benito Juárez	95.9	97.5	Venustiano Carranza	93.7	97.7
Coyoacán	95.6	97.9	Xochimilco	93.4	97.5
Tláhuac	93.3	98.2	Cuauhtémoc	93.4	97.0
Iztacalco	94.2	98.3	Milpa Alta	89.9	95.9

Fuente: INEGI, II Censo de Población 2005.

En la mayoría de las colonias que conforman el DF, más de 90% de sus habitantes cuentan con radio y televisión. A pesar de ello, en algunas colonias de las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac, hasta 50% de sus viviendas carecen de estos aparatos. Entre las colonias cuyos residentes se ven más afectados por la falta de acceso a la información a través de los medios masivos de comunicación se identifican:

7 de julio en Venustiano Carranza; los barrios Ocotitla y San Marcos en Milpa Alta; Vicente Guerrero I y II en Iztapalapa; Prados Coapa II, Corales I y II y Valle Tepepan en Tlalpan; y Puente Colorado y Ampliación Puerta Grande en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.25).

Mapa 4.25 Acceso a la información en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

f. Acceso a los servicios de salud

El acceso a los servicios de salud es un factor fundamental para fortalecer las capacidades de la población para enfrentar los problemas en la gestión del agua, dado que promueve el diagnóstico y la recuperación de los individuos que han contraído alguna enfermedad de tipo hídrico. De igual forma, favorece la difusión de medidas de prevención para reducir la morbilidad y mortalidad asociada al consumo de agua que no cumple con los estándares de calidad, la falta de un suministro suficiente para satisfacer las necesidades básicas y la ausencia de medios seguros para disponer sus excretas.

El DF es una de las entidades del país con la mayor infraestructura hospitalaria y personal médico: cuenta con 4 médicos, 7 paramédicos y 6 enfermeras por cada mil usuarios; además de tener 34 camas, 11 consultorios y más de un quirófano por cada 10 mil usuarios. A pesar de que estas cifras más que duplican el promedio nacional; es la segunda entidad del país que destina la menor proporción de su gasto público al sector salud, invirtiendo sólo 11.8% de su presupuesto total. No sólo los capitalinos reciben atención médica en estas instalaciones, también una gran cantidad de personas que radican en otras entidades federativas (véase el cuadro K del Anexo I).

Del total de los habitantes de la capital del país, 53.6% son derechohabientes y 42.65% no derechohabientes. La mayoría de los derechohabientes reciben atención médica en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (64.9% del total) y en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) (22.34% del total). Sin embargo, existen otras instituciones o programas que también prestan servicios médicos a los residentes del DF como: PEMEX, Sedena, Semar, el Seguro Popular e instituciones privadas (véase el cuadro 4.23).

Con las peores condiciones de acceso a la atención médica se encuentran las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco, Iztapalapa y Tláhuac, en donde más de la mitad de sus residentes carecen de acceso a este servicio. Por su parte, Miguel Hidalgo, Azcapotzalco y Benito Juárez son las mejor servidas, dado que su población derechohabiente asciende a 65% del total (véase el cuadro 4.23).

En Gustavo A. Madero y Azcapotzalco más de 70% de sus derechohabientes están inscritos en el IMSS; mientras que en Milpa Alta y Xochimilco entre 40 y 50% reciben atención médica en el ISSSTE (véase el cuadro 4.23). Con relación al Seguro Popular, la población que ha sido más beneficiada por este programa reside en Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tláhuac y Milpa Alta, ya que por medio del Seguro Popular se atiende entre 6 y 7% de sus derechohabientes totales (véase el cuadro L del Anexo I).

Finalmente, las delegaciones cuyos habitantes reciben en mayor proporción atención médica en instituciones privadas son Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuajimalpa, en donde entre 20 y 26% de sus derechohabientes cuentan con una póliza de seguro de gastos médicos (véase el cuadro 4.23 y el cuadro L del Anexo I).

Cuadro 4.23 Acceso a los servicios de salud en el Distrito Federal

Distrito Federal		Delegaciones mejor servidas (proporción)			
Población Total (miles)	8 720.9	Delegación	Derechohabientes	IMSS	Instituciones Privadas
Derechohabientes	53.61	Azcapotzalco	64.65	73.05	4.20
No derechohabientes	42.65	Benito Juárez	64.22	62.62	20.14
Inst. de derechohabencia		Miguel Hidalgo	61.85	61.24	17.91
IMSS	64.90	Coyoacán	59.51	60.93	13.11
ISSSTE	22.34	Delegaciones peor servidas (proporción)			
PEMEX/Sedena	2.32	Delegación	Derechohabientes	IMSS	Seguro Popular
Seguro Popular	3.91	Tláhuac	47.76	60.57	6.13
Instituciones privadas	8.85	Iztapalapa	47.21	66.97	4.86
Polizas Gastos Médicos (Millones)		Xochimilco	45.31	53.55	2.62
Distrito Federal	2.24	Milpa Alta	32.19	37.96	5.47

Fuente: INEGI, II Censo de Población 2005.

Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) (2008).

Las autoridades de la capital están considerando como una alternativa para incrementar la atención médica utilizar los seguros de gastos médicos. Sin embargo, son pocas las personas que pueden pagar este tipo de instrumentos financieros por sus elevados costos: sólo 3.5% de los mexicanos cuenta con este tipo de pólizas, concentrándose 67.5% del total en el DF (2.24 millones de pólizas) (véase el cuadro 4.23). Esto se debe a que el costo de los seguros de gastos médicos se ha trasladado casi en su totalidad a los usuarios, sin ser compartido con las instituciones de salud privadas.

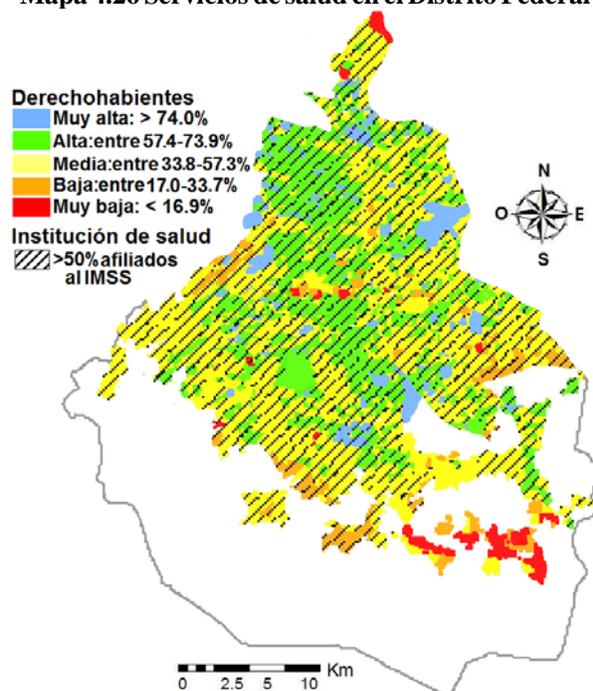
Las colonias más perjudicadas por la falta de acceso a los servicios de salud, ya que más de 83% de sus residentes carecen de atención médica son:

los barrios La Guadalupita, La Luz, San Mateo, Pachimalco y Ocotitla en Milpa Alta; el Pueblo Santa Cruz Meyehualco en Iztapalapa; el Barrio Truenito en Tlalpan; y Nonoalco y Periodista en Benito Juárez (véase el mapa 4.26)

Entre las colonias en donde casi la totalidad de sus residentes reciben atención médica se encuentran:

Rosendo Salazar en Azcapotzalco; y Santo Tomás, Un Hogar para Todos, Nextitla y Plutarco Elías Calles en Miguel Hidalgo (véase el mapa 4.26).

Mapa 4.26 Servicios de salud en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

g. Condiciones materiales en la vivienda

La vivienda es utilizada por las personas para dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente, por ende, sus condiciones materiales determinan la fragilidad del espacio construido en que residen. Cuando sus paredes, techo o pisos fueron construidos con materiales poco resistentes, sus ocupantes son menos capaces de enfrentar las amenazas a las que están expuestos, ya que éstas por sí mismas constituyen un peligro.

En el DF, 98.67% del total de sus viviendas fueron construidas con paredes de materiales durables (como tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento y concreto); mientras que el 1.33% restante, con materiales no durables (como láminas de cartón y asbesto, carrizo, bambú, palma o embarro). La mayor proporción de viviendas cuyas paredes fueron construidas con materiales poco durables se localizan en Xochimilco y Milpa Alta, en donde estas cifras ascienden a 5% del total; en las demás delegaciones esta proporción es menor a 2% (véase el cuadro 4.24).

El 87.38% de las viviendas de esta entidad tienen techos de materiales durables (como losa de concreto, tabique, ladrillo y terrado); el 12.62% restante, cuentan con techos construidos con materiales poco durables (como láminas de cartón o asbesto, carrizo, palma, teja o madera). Las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco, Magdalena Contreras y Cuajimalpa concentran una mayor proporción de viviendas edificadas con techos de materiales no durables, con cifras superiores a 20% del total (véase el cuadro 4.24). Por consiguiente, un mayor número de viviendas en el DF son poco seguras por los materiales con los que fueron construidos sus techos.

Finalmente, los materiales del piso también son un indicador sobre la calidad de las viviendas, cuyas características influyen en las condiciones sanitarias en que viven la población. Prácticamente todas las viviendas de la capital del país (99.02% del total) cuentan con algún recubrimiento en sus pisos (cemento, madera o mosaico), y menos de 1% todavía tiene pisos de tierra. La delegación con la mayor proporción de viviendas con pisos de tierra es Milpa Alta (6% del total); en el resto de estas demarcaciones, esta cifra fluctúa entre 0.6 y

Cuadro 4.24 Condiciones materiales de las viviendas en el Distrito Federal

Viviendas totales (miles)	2 287.2		
Proporción			
Piso de tierra	0.98	Techos de materiales no durables	
Paredes de materiales no durables	1.33	12.62	
Mejores condiciones materiales			
Delegación	Piso tierra	Pared no durable	Techo no durable
Benito Juárez	0.19	0.27	2.10
Coyoacán	0.39	0.47	7.46
Venustiano Carranza	0.33	0.81	7.46
Miguel Hidalgo	0.23	0.77	8.60
Peores condiciones materiales			
Cuajimalpa	1.62	2.52	21.83
Magdalena Contreras	2.17	2.70	24.25
Xochimilco	3.34	5.06	24.38
Milpa Alta	5.99	4.31	29.29

Fuente: INEGI (2005), II Censo de Población, 2005.

0.9% (véase el cuadro 4.24).

Considerando las condiciones materiales mencionadas, las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco y Magdalena Contreras son las más afectadas por la falta de viviendas seguras, lo cual hace a sus ocupantes más vulnerables para hacer frente a las amenazas a las que están expuestos. Entre las colonias más afectadas por las condiciones deterioradas de sus viviendas al haber sido construidas con materiales poco durables, cuya proporción asciende hasta 90% del total, se identifican:

7 de julio y Escuela de Tiro en Venustiano Carranza; San Salvador Cuauhtenco y los barrios La Guadalupita, San José y Tula en Milpa Alta; Puente Colorado y Ampliación Puerta Grande en Álvaro Obregón; El Gavilán, Contel, S.C.T. y

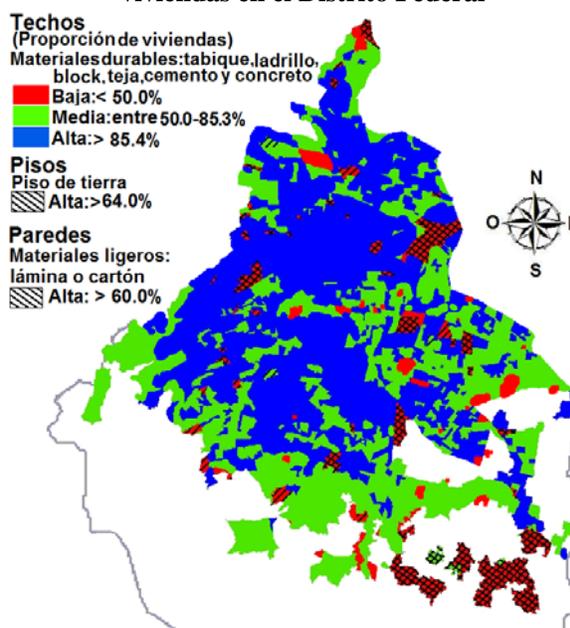
Irrigación, Lomas de Chapultepec y San Miguel Chapultepec en Miguel Hidalgo; Floresta Coyoacán, Santa Cecilia, Girasoles III y Copilco Universidad en Coyoacán; y El Arbolillo II, Acueducto de Guadalupe y Nueva Vallejo en Gustavo A. Madero (véase el mapa 4.27).

De manera contraria, las colonias con las mejores condiciones materiales en sus viviendas se localizan en las delegaciones Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc y Coyoacán. En esta situación están las colonias:

h. Índice de Bienestar Social (IBS)

El Índice de Bienestar Social (IBS) estima la fragilidad de las condiciones sociales de la población para hacer frente a un suministro de agua que no cumple con los estándares de calidad y es insuficiente para atender sus requerimientos mínimos; así como a la carencia de medios para disponer de manera rápida, higiénica y segura las aguas residuales. Estas condiciones están determinadas por el hacinamiento en las viviendas (Poc), los niveles educativos de la población [analfabetismo (Analf), educación primaria (Primin) y educación secundaria (Secin)], la información recibida en la radio (Srad) y la televisión (Stv), el acceso a los servicios de salud (Ndchohab), la prestación de los servicios públicos [agua (Sagua), drenaje (Sdren), luz (Sluz) y gas (Sgas)], las condiciones materiales de las viviendas [paredes (Paredl), techos (Techl) y pisos (Pisotie)] y la concentración de personas que forman parte de los grupos vulnerables [adultos mayores (Pvmay), menores de 5 años de edad (Pvmen) y personas con capacidades diferentes (Pdisc)].

Mapa 4.27 Condiciones materiales de las viviendas en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

Estas variables explican 78.67% de la variabilidad en la fragilidad de las condiciones sociales en que vive la población para enfrentar las amenazas generadas por los problemas en la gestión del agua, atribuyéndosele 38.13% al acceso a la educación y a las condiciones materiales de las viviendas; 31.76% al acceso a los servicios públicos, la atención médica y la concentración de los grupos vulnerables; y finalmente el 8.78% restante, al acceso a la información por medio de la radio y la televisión (véase el cuadro R del Anexo I).

La ecuación que evalúa los niveles de vulnerabilidad generados por las condiciones sociales en que viven los capitalinos es la siguiente (véase la ecuación 4.5):

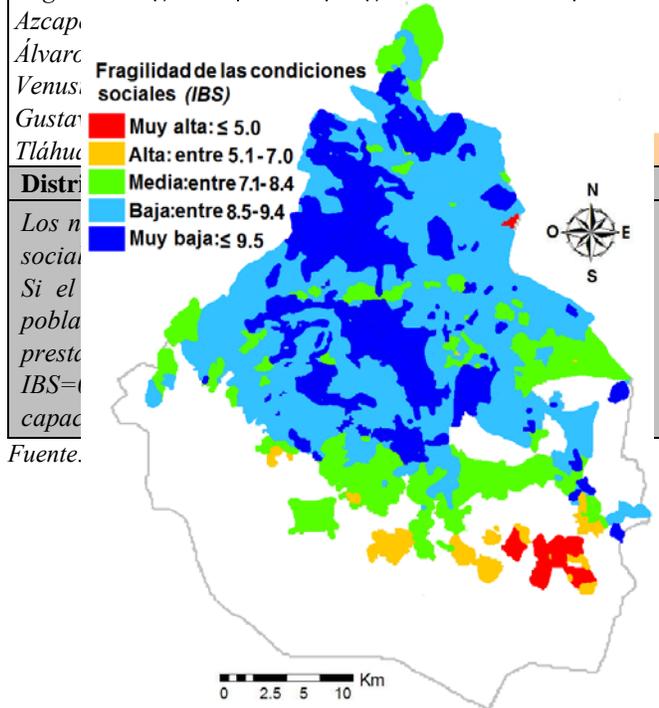
$$\begin{aligned}
 VS = & 0.24929 Poc + 0.21014 Sagua + 0.20605 Sdren + 0.16201 Sluz + 0.15001 Sgas \\
 & + 0.14998 Analf + 0.12688 Primin + 0.06775 Secin + 0.06352 Sradio \\
 & + 0.13746 Stv + 0.20741 Paredl + 0.13289 Techl + 0.24002 Pisotie \\
 & + 0.15885 Ndchohab + 0.09423 Pdisc + 0.12721 Pvmay + 0.25563Pvmen
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Las condiciones sociales en que viven los capitalinos tienen en promedio, impactos pequeños en las variaciones de su vulnerabilidad; habiendo obtenido una calificación de 8.6. Por consiguiente, su acceso a la educación, salud, información y servicios básicos es relativamente homogéneo entre las delegaciones y colonias del DF. Lo mismo ocurre con las condiciones materiales en que se encuentran la mayoría de sus viviendas; habiendo sido construídas principalmente con materiales durables.

Sólo Milpa Alta obtuvo una evaluación reprobatoria de 3.2; enfrentando sus residentes considerables obstáculos para tener acceso a los servicios mencionados y a una vivienda digna, haciéndolos más susceptibles a ser afectados por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. En el resto de las delegaciones, sus condiciones sociales prácticamente no influyen sobre sus niveles de vulnerabilidad, al haber obtenido una calificación que fluctúa entre 7.9 y 9.3 (véase el cuadro 4.25).

Cuadro 4.25 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones sociales (IBS)

Delegación	IBS	Delegación	IBS
Coyoacán	4.28	Milpa Alta	3.2
Cuauhtémoc	8.6	Miguel Alemán	8.6
Miguel Hidalgo	9.0	Magdalena Contreras	8.5



Fuente: Resultados del modelo de evaluación IBS.

Destacan las delegaciones Coyoacán, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, cuya calificación fue superior a 9.0. Por consiguiente, sus habitantes tienen la capacidad de encontrar un acceso alternativo a estos servicios cuando carecen de ellos o su prestación es intermitente. En este sentido, la vulnerabilidad de los capitalinos ante los problemas en la gestión del agua está determinada, por factores diferentes a las condiciones sociales (véase el cuadro 4.25).

Las colonias más afectadas por su acceso restringido a la educación, información, salud, servicios básicos y condiciones materiales deterioradas de las viviendas se localizan al sur del DF; en las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco y Tlalpan. Con las condiciones sociales más frágiles se

San Lorenzo Tlacoyucan, San Francisco Tecoxpa y los barrios San Miguel, Panchimalco, San Mateo, La Guadalupita, Santa Cruz, Tula, San José y La Concepción en Milpa Alta; y Alameda Oriente en Venustiano Carranza (véase el mapa 4.28).

identifican las colonias:

4.2.3 Capacidades Económicas

El contar con un ingreso suficiente y una estabilidad laboral (un empleo bien remunerado y de tiempo completo) para garantizar la alimentación, el cuidado de la salud y una vivienda digna, permite a las personas fortalecer sus capacidades económicas para reducir sus niveles de exposición a las múltiples amenazas a las que están expuestas; incluyendo las que se derivan de problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, cuyo acceso alternativo tanto a un suministro de agua que cumpla con los estándares de calidad como a la disposición higiénica de las aguas residuales suelen ser más costosos.

a. Ingresos per cápita

Desde mediados del siglo XX, la capital del país se consolidó como una de las entidades más importantes, dado que su producción en la década de los ochenta era casi 40% del PIB nacional. A partir de esta década, la participación del DF en la producción nacional ha decrecido hasta representar 21% del producto total, con un monto de 1.4 billones de pesos (véase el cuadro 4.26). La reducción en la actividad económica, junto con la terciarización de la economía, ha incrementado las desigualdades económicas entre sus habitantes y su vulnerabilidad, al restringir sus capacidades para acceder de manera alternativa a los servicios de agua y drenaje.

Aunque el ingreso per cápita en esta entidad es de 168.6 mil pesos anuales, ocupando el primer lugar a nivel nacional, ya que este monto es tres veces superior al ingreso promedio que recibe cada mexicano; existen considerables diferencias entre sus delegaciones y colonias. Los habitantes de Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc reciben en promedio 897.6 y 799.4 miles de pesos al año; esta cifra es cinco veces mayor al ingreso per cápita promedio del DF y más de 16 veces mayor al nacional (véase el cuadro 4.26).

Cuadro 4.26 Ingresos en el Distrito Federal

Distrito Federal			
PIB ¹	1 470.3	PIB por sector	
Proporción en el país	20.8	1 ^o rio	75%
Ingreso per cápita ²	168.6	2 ^o rio	24.9%
		3 ^o rio	0.1
Mayores ingresos			
Delegación	PIB ¹	Proporción	Ingreso per cápita ²
Benito Juárez	139.3	9.5	392.4
Cuauhtémoc	416.7	28.3	799.4
Miguel Hidalgo	317.3	21.6	897.6
Menores ingresos			
Iztapalapa	61.2	4.2	34.0
Tláhuac	4.7	0.3	13.7
Milpa Alta	0.54	0.0	4.7

¹ Billones de pesos ² Miles de pesos/año
Fuente: INEGI (2004), Censo Económico.

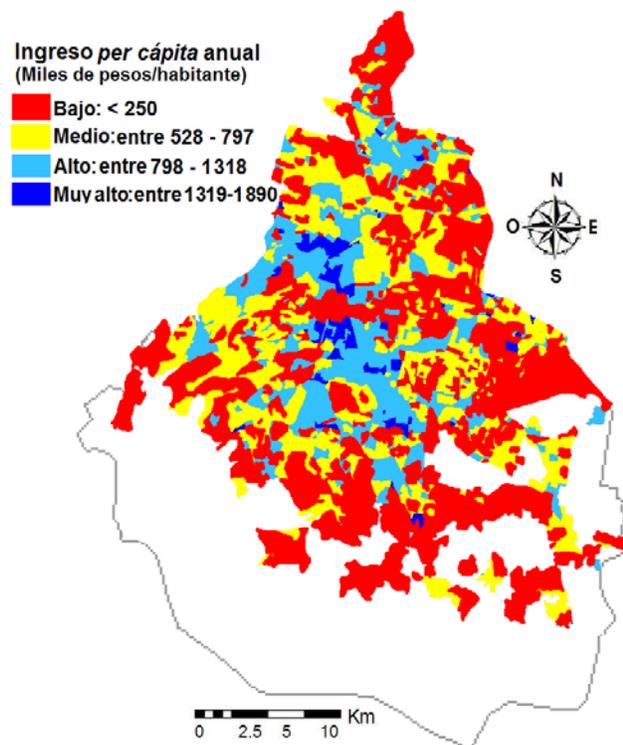
En contraste, los ingresos de los residentes de Milpa Alta y Tláhuac ascienden respectivamente a 4.7 y 13.7 miles de pesos anuales; montos que representan menos de 0.5% de los ingresos recibidos por los habitantes de Miguel Hidalgo (véase el cuadro 4.26).

Las colonias más afectadas por la desigual distribución del ingreso en el DF se localizan principalmente en Iztapalapa, Xochimilco y Milpa Alta. Entre las colonias cuyos residentes reciben ingresos menores a 26 mil pesos al año se encuentran:

7 de julio y Escuela de Tiro en Venustiano Carranza; el Barrio San Marcos en Milpa Alta; Lomas Águilas, Valle Tepepan, Puente Colorado y Colinas del Bosque en Álvaro Obregón; Lomas de Zaragoza y el Pueblo Santa Cruz Meyehualco en Iztapalapa; Prados Coapa II en Tlalpan; los barrios Santiago, San Bartolomé Xicomulco, Santa Cruz y San Francisco Tecoxpa en Tláhuac; y Ciudad de los Deportes y Nochebuena en Cuauhtémoc (véase el mapa 4.29).

Las colonias con los mayores ingresos per cápita se ubican principalmente en las delegaciones Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Coyoacán. Con ingresos por

Mapa 4.29 Ingresos per cápita en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

Polanco, Anzures e Irrigación en Miguel Hidalgo; Cuauhtémoc e Hipódromo en Cuauhtémoc; Residencial Emperadores, Del Valle Sur e Insurgentes Mixcoac en Benito Juárez; Girasoles III, Villas del Pedregal, Copilco Universidad y Olímpica en Coyoacán (véase el mapa 4.29).

habitante superiores a 1.5 millones de pesos anuales se identifican las colonias:

Las actividades económicas que generan una mayor proporción del PIB en esta entidad son las terciarias, con 75% del total. Destacan la prestación de los servicios financieros y de seguros, así como los servicios asociados a la información en medios masivos de comunicación, cuya contribución asciende a 22.9 y 13.7% de la producción total. En segundo lugar están las actividades secundarias con 24.1%; siendo las industrias manufactureras responsables de generar 17.4% del PIB total en el DF. Finalmente, las actividades primarias se realizan con fines de subsistencia (véase el cuadro N del Anexo I).

La mitad del PIB de esta entidad es producido por las delegaciones Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, cuyas proporciones son respectivamente 28.3 y 21.6%. Posteriormente, se identifican Álvaro Obregón y Benito Juárez con una producción de 9.5% del total cada una; el resto de las delegaciones genera menos de 5%, sobresaliendo Milpa Alta y Tláhuac con una proporción aún menor a 0.5% del producto total del DF (véase el cuadro N del Anexo I).

Los servicios relacionados con la información son los más productivos en Cuauhtémoc y Cuajimalpa, con una participación en su PIB superior a 30%; los servicios financieros y de seguros generaron más de 31% de la producción de Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Tlalpan; y los servicios de transportación, correo y almacenamiento contribuyeron con 49.3% del PIB de Venustiano Carranza. A pesar de ello, las actividades terciarias no fueron las más relevantes en todas las delegaciones: en Xochimilco y Azcapotzalco, las de tipo secundario generaron más de 70% de su PIB; asimismo, en Iztapalapa, Coyoacán e Iztacalco poco más de 40%. Las actividades primarias se concentran en Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco y Tláhuac; además de en pequeñas áreas de Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Magdalena Contreras (véase el cuadro N del Anexo I).

b. Empleo y estabilidad laboral

Las personas en edad laboral en el DF ascienden a 6.7 millones: 54.58% forman parte de la población económicamente activa (PEA) y 45.07% de la inactiva (PEI). De los 3.6 millones de personas que pertenecen a la PEA, el INEGI reporta que 98.35% están empleados en los sectores terciario y secundario (75 y 24.30% del total), por ende, sólo 1.65% de la PEA se encuentra desocupada. Las delegaciones Coyoacán, Azcapotzalco y Gustavo A. Madero son las que presentan los niveles de desempleo más elevados con una proporción de su PEA de hasta 2% del total (véase el cuadro 4.27).

Sin embargo, las cifras reportadas por el INEGI están lejos de representar la realidad laboral en la capital del país, debido a que no necesariamente toda la población ocupada cuenta con las condiciones económicas necesarias para garantizar su alimentación, vivienda, vestido y salud. Esto se

verifica, en que 42.43% de la PEA no recibe los ingresos suficientes ni labora una jornada completa le permita tener un nivel de vida digno y estabilidad laboral (véase el cuadro 4.27).

La falta de empleos adecuadamente remunerados es un problema que afecta a todas las delegaciones, ya en ninguna de ellas la proporción de población ocupada que recibe menos de 2 salarios mínimos fue inferior a 40% del total. En el caso de las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac, esta proporción llega a representar hasta 70%. Aunque los habitantes de las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán tienen los mayores ingresos per cápita del DF, más de la mitad de su población ocupada no labora

Cuadro 4.27 Estabilidad laboral en el Distrito Federal

Distrito Federal (proporción)						
PEA	54.58	PEI	45.07	Salarios mínimos recibidos		
Ocupada	98.35	Horas trabajadas		Menos de 1		10.60
1río	0.67	0 a 16 hrs	6.53	1-2	31.83	
2río	24.30	Parcial	38.91	3-5	14.18	
3río	75.03	Completa	20.35	5-10	11.70	
Desocupada	1.65	Más de 8 hrs	31.42	Más de 10		6.42
Delegación	Horas trabajadas			Salarios mínimos		
	0-16	Tiempo Parcial	Jornada Completa	Menos de 1	Entre 3- 5	Más de 10
Delegaciones con mayor estabilidad laboral (proporción)						
Benito Juárez	6.59	46.84	15.28	6.75	15.73	18.52
Miguel Hidalgo	5.63	41.22	18.54	7.66	13.75	11.77
Coyoacán	6.98	43.01	17.91	8.50	14.55	11.28
Tlalpan	7.11	38.77	18.87	10.31	12.93	9.13
Delegaciones con menor estabilidad laboral (proporción)						
Iztapalapa	61.2	4.20	34.00	34.0	34.00	34.0
Tláhuac	4.70	0.30	13.70	13.70	13.70	13.7
Xochimilco	7.30	39.52	17.96	13.70	12.69	4.87
Iztapalapa	6.59	34.81	21.82	12.54	13.28	2.84
Tláhuac	6.91	37.33	21.14	12.42	13.88	2.08
Milpa Alta	7.60	39.80	17.11	21.58	10.01	1.13

Fuente: INEGI (2004), Censo Económico.

tiempo completo. Esta situación permite inferir la presencia de considerables desigualdades económicas entre sus residentes (véase el cuadro 4.27).

Con respecto a la estabilidad laboral en la colonias que conforman el DF, en Iztapalapa, Milpa Alta, Tlalpan y Gustavo A. Madero se concentra el mayor número de colonias con las proporciones más elevadas de población ocupada que no labora tiempo completo y recibe menos de 2 salarios mínimos por día. De manera contraria, en Cuauhtémoc y Benito Juárez se ubican las colonias menos afectadas por el desempleo y las bajas remuneraciones.

Destacan entre las colonias cuya población enfrenta enormes presiones económicas, dado que más de 75% de su PEA no cuenta con un trabajo bien remunerado ni de tiempo completo:

Emiliano Zapata, D.U.Quetzalcóatl, Cabeza de Juárez VI, Buenavista y Lomas de la Estancia en Iztapalapa; Baldío y Canal Nacional en Tlalpan; y Arvide y Reacomodo el Cuernito en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.30).

Entre las colonias con las mejores condiciones salariales de sus residentes se

Altillo Universidad y Girasoles III en Coyoacán; Valle Escondido en Tlalpan; Paseos de Churubusco en Iztapalapa; y Plutarco Elías Calles, Nextitla, Un Hogar para Nosotros y Agricultura en Miguel Hidalgo (véase el mapa

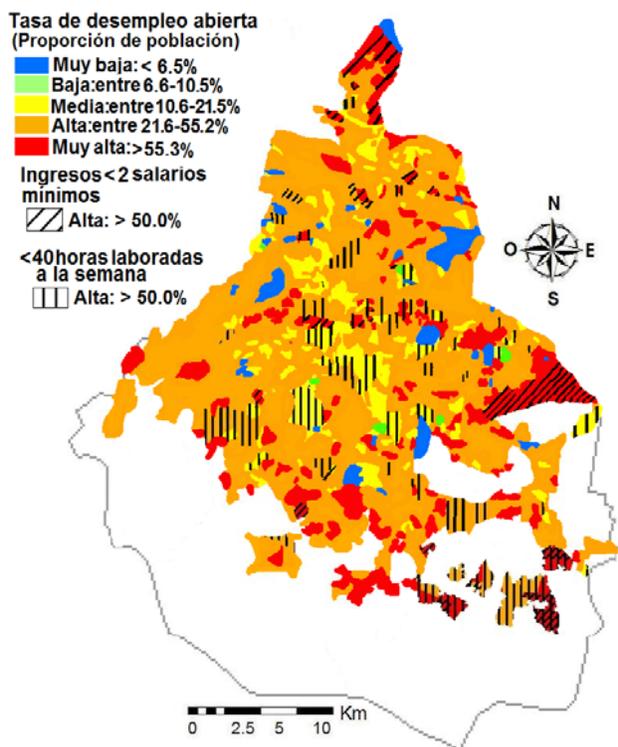
identifican:

c. Cobertura de seguros contra inundaciones

Como resultado de los impactos destructivos que han tenido los eventos de tipo hidrometeorológico y las inundaciones en diferentes partes del mundo, las instituciones de seguros han creado pólizas para proteger a sus beneficiarios contra este tipo de eventos. En el caso de los seguros contra inundaciones, éstos abarcan pérdidas por lluvias extraordinarias o por rupturas accidentales en las tuberías del sistema de agua o drenaje. El contar con este tipo de instrumento financiero reduce la vulnerabilidad de sus beneficiarios, quienes tienen un respaldo económico en caso de ser afectados por este tipo de eventos. Por sus elevados costos, no todas las personas están en condiciones de adquirir estos seguros, salvo ciertas empresas y personas con un nivel socioeconómico elevado.

A pesar de que esta variable es relevante para evaluar las capacidades de la población para enfrentar los problemas en la prestación del servicio de agua y drenaje, no fue posible incorporarla al índice estimado para medir los niveles de fragilidad de los capitalinos asociados a sus condiciones económicas, ya que se desconoce como están distribuidas las pólizas en las diferentes colonias que conforman la capital del país, debido a que estos instrumentos financieros son un producto relativamente nuevo en el mercado mexicano.

Mapa 4.30 Estabilidad laboral en el Distrito Federal



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005).

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), el DF es la entidad que concentra la mayor proporción de pólizas contra inundaciones, existiendo poco más de 500 mil (19.3% del total en el país). Menos de una quinta parte, asegura las viviendas particulares (88.5 mil viviendas), ya que la mayoría cubre los bienes muebles e inmuebles de las empresas. Las delegaciones que concentran el mayor número de pólizas contra inundaciones son Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo (con 41.4% del total) (véase el cuadro 4.28).

Cuadro 4.28 Seguros contra inundaciones en el Distrito Federal

Entidad	Lugar	Polizas	Proporción
DF	1	500 698	19.3
México	2	429 010	16.5
Jalisco	3	189 946	7.3
Nuevo León	5	136 828	5.3
Veracruz	7	87 857	3.4
Total		2 600 810	100
Delegaciones con mayor cobertura			
Cuauhtémoc		124 116	24.8
Miguel Hidalgo		83 058	16.6
Coyoacán		35 229	7.0
Delegaciones con menor cobertura			
Xochimilco		9 350	1.9
Magdalena Contreras		9 694	1.9
Tláhuac		7 259	1.4
Milpa Alta		973	0.2

Fuente: Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), 2008.

Aunque los seguros contra inundaciones pueden ser una alternativa para hacer frente a los problemas en la gestión del servicio de agua y drenaje en esta entidad, muchos de sus habitantes no cuentan con la capacidad económica para contratarlos. Resalta el hecho, que en el DF hay una mayor cultura del uso de los seguros para prevenir la ocurrencia de eventos no deseados, lo cual se verifica tanto en el mayor número de pólizas contra inundaciones como en la elevada concentración de pólizas de seguros de gastos médicos.

d. Índice de Capacidades Económicas (ICE)

El Índice de Capacidades Económicas (ICE) estima la fragilidad de las condiciones económicas de la población para hacer frente a las problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, con base en el nivel de ingresos per cápita (Y_{cap}), las actividades en que labora la población ocupada ($Patrón$), los salarios mínimos recibidos (Sal) y las horas trabajadas (Hrs).

Estas variables explican 71.55% de la variabilidad de la fragilidad económica de los capitalinos para hacer frente a un suministro de agua insuficiente para satisfacer los requerimiento mínimos y que no cumple con los estándares de calidad, además de a la carencia de medios rápidos e higiénicos para disponer las aguas residuales. Se atribuye 48.98% de la capacidad explicativa de este índice al nivel de ingresos que recibe la población y a la ocupación que desempeña; mientras que el 32.57% restante, a los salarios recibidos y horas laboradas (véase el cuadro R del Anexo I). La ecuación matemática utilizada para estimar este índice es la siguiente (véase la ecuación 4.6):

$$VE = 0.44809 Y_{cap} - 0.32771 Patrón + 0.33848 Sal + 0.25907 Hrs$$

(4.6)

Las condiciones económicas promedio en que viven los capitalinos limitan considerablemente sus capacidades para enfrentar los problemas en la prestación de los servicios mencionados, dado que la evaluación de estas condiciones fue reprobatoria, con una calificación de 5.1 (véase el cuadro 4.29). Por consiguiente, la mayoría de los residentes del DF no cuentan con los recursos económicos suficientes para obtener de manera alternativa un suministro de agua que cumpla con los estándares de calidad y satisfaga sus requerimientos mínimos, así como para disponer de manera rápida e higiénica sus aguas residuales, impidiéndoles reducir sus niveles de vulnerabilidad.

Adicionalmente, la población cuyas condiciones económicas son menos favorables suelen localizarse en zonas consideradas como peligrosas por su probabilidad de ser afectadas por inundaciones, deslaves o hundimientos, al igual que por la carencia de los servicios públicos básicos. Esto se explica porque el precio de las viviendas y del suelo es menor, ya que tiene que compensar el incremento en la vulnerabilidad.

Prácticamente en todas de las delegaciones, las capacidades económicas de sus residentes se encuentran limitadas para hacer frente a las amenazas generadas por los problemas en la gestión del agua mencionados, tanto por sus bajos ingresos como por su falta de estabilidad laboral, fluctuando los resultados de la evaluación de la fragilidad de estas condiciones entre 3.7 y 5.4 (véase el cuadro 4.29).

Con las peores calificaciones se identifican Iztacalco y Milpa Alta; mientras que sólo Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc, obtuvieron resultados aprobatorios entre 6.4 y 7.0 (véase el cuadro 4.29). A pesar de lo anterior, estos resultados son relativamente bajos, por ende, las capacidades de sus habitantes para enfrentar las amenazas que devienen de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje también se ven limitadas, pero en menor medida en comparación con el resto de las delegaciones.

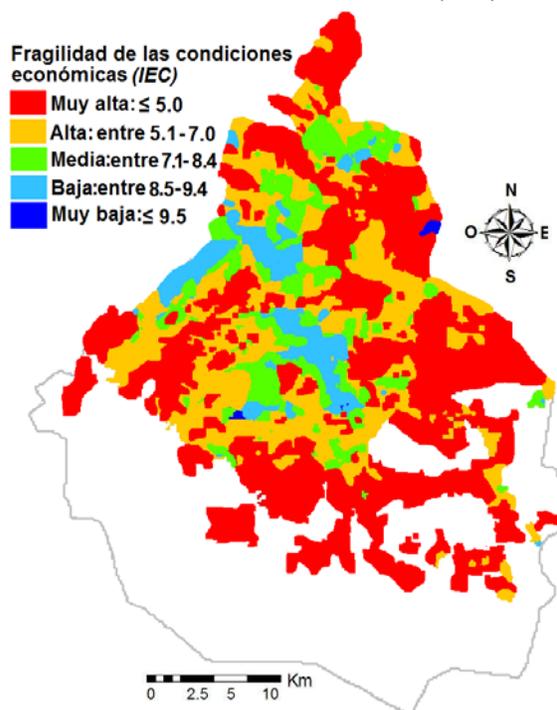
Cuadro 4.29 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones económicas (IEC)

Delegación	IEC	Delegación	IEC
Coyoacán	7.7	Magdalena Contreras	4.9
Benito Juárez	6.6	Tláhuac	4.6
Miguel Hidalgo	6.5	Álvaro Obregón	4.4
Cuauhtémoc	6.4	Iztapalapa	4.4
Tlalpan	5.4	Venustiano Carranza	4.2
Cuajimalpa	5.3	Xochimilco	4.1
Azcapotzalco	5.3	Iztacalco	3.7
Gustavo A. Madero	5.0	Milpa Alta	3.7
Distrito Federal		5.1	
Los niveles de vulnerabilidad atribuidos a las condiciones económicas en que vive la población se evaluaron con el IEC e [0,10]. Si el IEC=10, éstas no influyen en la fragilidad de la población para hacer frente a los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. Pero si el IEC = 0, éstas restringen de manera determinante sus capacidades para hacerles frente.			

Aunque las colonias con la mayor fragilidad económica se localizan en Iztapalapa; de igual forma existen colonias con una muy alta fragilidad en sus condiciones económicas en las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco, Tlalpan, Álvaro Obregón, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero. Con los mayores niveles de fragilidad en las condiciones económicas de sus residentes están las colonias:

Colonial Iztapalapa, San Pablo I y II, Lomas de la Estancia, San José Buenavista, Emiliano Zapata y su Ampliación, Ixtlahuacán, Pueblo Santiago Acahualtlán, El Triángulo, San Miguel Teotongo, Tenorios, Lomas de Zaragoza, y el Pueblo San Andrés Tomatlán en Iztapalapa; el Pueblo San Francisco Tlanepantla, Lomas de Nativitas, El Mirador, y Pedregal de San Francisco en Xochimilco; Ampliación Malacates, Vista Hermosa, La Ponderosa, y Arboledas en Gustavo A. Madero; El Pocito y La Cañada en Álvaro Obregón; y Colinas del Bosque y San Miguel Topilejo en Tlalpan (véase el mapa 4.31).

Mapa 4.31 Niveles de fragilidad de las condiciones económicas (IEC)



Fuente: Resultados del modelo de evaluación IEC.

4.2.4 Representación Política y Atención Gubernamental

La capacidad de la población para organizarse y estar representada políticamente reduce su vulnerabilidad, al promover que sus demandas sean escuchadas y atendidas por las autoridades competentes. Asimismo, una mayor integración social posibilita una reacción más oportuna y efectiva de los habitantes en coordinación con las autoridades, las ONGs, las instituciones de investigación y otros actores involucrados; además de facilitar el retorno a la situación de normalidad.

a. Organizaciones sociales y políticas

En el DF se identifica el mayor número de organizaciones sociales y políticas en todo el país. De acuerdo con los padrones de la Coordinación de Enlace y Fortalecimiento de la Sociedad Civil y del Instituto Electoral del Distrito Federal (IEDF), en esta entidad hay 1 155 organizaciones:

Cuadro 4.30 Organizaciones de la sociedad civil en el Distrito Federal

Tipo	Sociales	Políticas	Totales	
Total	1 113	42	1 155	
Proporción	96.36	3.64	100	
Delegación	Sociales	Proporción	Políticas	Proporción
Mayor concentración de organizaciones				
Cuauhtémoc	259	23.3	11	26.2
Benito Juárez	216	19.4	5	11.9
Miguel Hidalgo	145	13.0	1	2.4
Menor concentración de organizaciones				
Iztacalco	19	1.7	-	-
Magdalena Contreras	17	1.5	1	2.4
Tláhuac	8	0.7	-	-
Milpa Alta	4	0.4	-	-

Fuente: GDF, 2008; IEDF, 2008.

1 113 son sociales y 42 de tipo político (véase el cuadro 4.30).

Las organizaciones sociales realizan diversas actividades que incluyen: promover el bienestar y la integración familiar, apoyar el desarrollo de la comunidad y la cultura, auxiliar a las personas con capacidades diferentes, mejorar la educación ambiental y los estudios de género, al igual que proteger a los niños, mujeres y al medio ambiente. La presencia de un mayor número de organizaciones de la sociedad civil reduce la vulnerabilidad de la población al incrementar su capacidad para organizarse, y reaccionar de manera rápida y oportuna a las amenazas que enfrentan (véase el cuadro 4.30).

Las delegaciones con el mayor número de organizaciones de la sociedad civil son Cuauhtémoc y Benito Juárez, en donde se concentran respectivamente 23.4 y 19.1% del total. La mayor cantidad de organizaciones políticas también se identifica en la delegación Cuauhtémoc, con una proporción que asciende a 26.2% del total, junto con Xochimilco y Álvaro Obregón, en cuyo caso esta cifra es de 14.3% (véase el cuadro 4.30). Destacan al tener más de 20 organizaciones en su territorio las

El Carmen en Coyoacán; Del Valle, Nápoles y Narvarte en Benito Juárez; Centro, Condesa, Cuauhtémoc, Doctores, Juárez, Roma, San Rafael en Cuauhtémoc; y Escandón, Lomas de Chapultepec, Polanco y San Miguel Chapultepec en Miguel Hidalgo (véase el mapa 4.32).

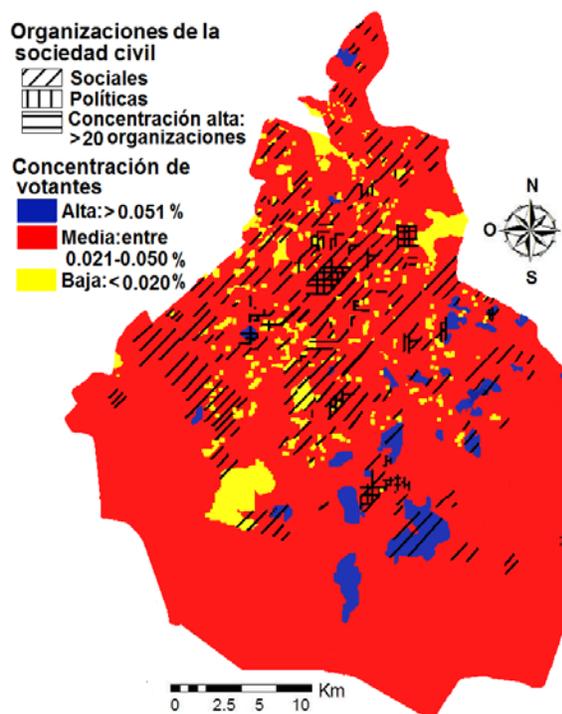
colonias:

De manera contraria, Milpa Alta y Tláhuac tienen la menor cantidad de organizaciones sociales, con menos de 1% del total. Ambas delegaciones, al igual que Azcapotzalco, Cuajimalpa e Iztacalco, carecen de organizaciones políticas, siendo la fragilidad de las condiciones políticas de sus residentes mayor (véase el cuadro 4.30).

b. Participación ciudadana electoral

La votación de los ciudadanos en las elecciones permite identificar, de manera aproximada, el interés de la población por participar en la vida pública del país y hacer escuchar sus demandas. En la medida en que las personas tengan poder para negociar con las autoridades la resolución de sus peticiones, menor será su vulnerabilidad.

Mapa 4.32 Organizaciones sociales y mercado electoral en el Distrito Federal



En la capital del país, el padrón electoral está constituido por 7.1 millones de personas, pero sólo 67.8% del total acudieron a votar (4.8 millones). Por consiguiente, una tercera parte de los ciudadanos del DF (33.19% del padrón electoral) no participó en la elección de sus representantes a nivel Federal, estatal y local. Al ser Iztapalapa y Gustavo A. Madero las delegaciones más grandes, en ellas se concentró la mayor cantidad de votantes, con una proporción de 18 y 14% de los votantes totales. Asimismo, en estas entidades se registró el mayor abstencionismo, junto con Cuauhtémoc y Venustiano Carranza, cuyos valores fluctuaron entre 34 y 36% de su padrón electoral (véase el cuadro 4.31).

La participación de los capitalinos en estas últimas elecciones fue relativamente alta, ya que entre 50 y 75% de la población que forma parte del padrón electoral de cada una de las secciones electorales, acudió a las urnas para elegir a sus representantes. Sólo en la sección que forma parte de la colonia Hipódromo de las Américas en Miguel Hidalgo, menos de 20% de sus ciudadanos votó (véase el cuadro 4.31).

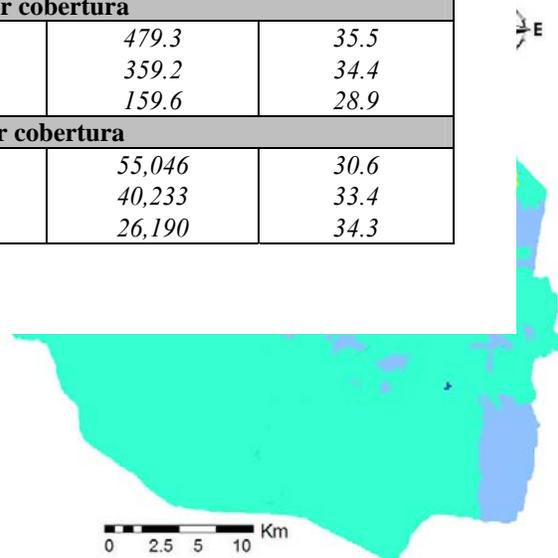
Mapa 4.33 Participación electoral en el Distrito Federal

Cuadro 4.31 Participación electoral en el Distrito Federal

Concepto	Total ¹	Proporción	Votaciones por partido		
Padrón	7 146.1	100.0	PAN	27.3	
Votantes	4 774.1	66.8	PRI-PV	21.6	
Abstención	2 371.9	33.2	PRD-PT-CONV	46.4	
Delegación	Votos ¹	Proporción	Abstención ¹	Proporción	
Delegaciones con la mayor cobertura					
Iztapalapa	870.3	18.2	479.3	35.5	
Gustavo A. Madero	685.5	14.4	359.2	34.4	
Coyoacán	391.1	8.2	159.6	28.9	
Delegaciones con la menor cobertura					
Magdalena Contreras	124,752	2.6	55,046	30.6	
Cuajimalpa	80,109	1.7	40,233	33.4	
Milpa Alta	50,079	1.0	26,190	34.3	

Campestre Churubusco, Educación, Presidentes Ejidales, Los Cipreses, Los Cedros, Cafetales y Villa Quietud en Coyoacán; Villa Verdún, Bosques Tarango y Lomas de Tarango en Álvaro Obregón; 4 Árboles, 7 de Julio, Escuela de Tiro y El Parque en Venustiano Carranza; Bosques de Chapultepec en Miguel Hidalgo; Jardines del Sur en Xochimilco; Floresta Coyoacán, Vergel Coyoacán, Granjas Coapa, Ramos Milán, y Vergel del Sur en Tlalpan; Prados del Rosario y Hacienda El Rosario en Azcapotzalco; y El Coyol en Gustavo A. Madero (véase el mapa 4.33).

06.



Fuente: Elaboración con información del INEGI (2005) y el IFE (2006).

Por otro lado, en las secciones electorales

de las delegaciones Coyoacán, Tlalpan, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón e Iztapalapa, casi la totalidad de las personas inscritas en el padrón electoral cumplió con esta obligación ciudadana (97.3% del total), evidenciando un gran interés por parte de sus residentes para elegir a sus gobernantes (véase el cuadro 4.31). Entre estas colonias se encuentran:

Con relación a las elecciones para Jefe de Gobierno, prácticamente en todas las delegaciones más de 40% de los votantes eligieron al candidato de la alianza PRD-PT-Convergencia, quien es el actual JGDF; excepto en Benito Juárez y Miguel Hidalgo, en donde existió una clara preferencia por el candidato del PAN. De manera similar, en la elección de Jefe Delegacional en estas dos delegaciones ganó el candidato del PAN; mientras que en el resto de estas demarcaciones, los jefes delegacionales elegidos pertenecían a la alianza PRD-PT-Convergencia (véase el cuadro Q del Anexo I).

c. Índice de Representación Política y Atención Gubernamental (IRPA)

El Índice de Representación Política y Atención Gubernamental (IRPA) estima la fragilidad de las condiciones políticas de la población para enfrentar los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. El poder de negociación de la población para que sus demandas sean escuchadas y atendidas depende de la conformación de organizaciones sociales (Orgsoc) y políticas (Orgpol), de la participación de los ciudadanos en las contiendas electorales (Partvpt) y del tamaño del mercado electoral (Concvot).

Estas variables explican 68.02% de la variabilidad de los niveles de fragilidad política de los capitalinos para hacer frente a las amenazas que resultan de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje, atribuyéndosele 39.31% a la capacidad de la sociedad para organizarse; y el 28.71% restante, a la participación y concentración de los votantes (véase el cuadro R del Anexo I). La ecuación que se utilizó para evaluar la vulnerabilidad generada por las condiciones políticas de la población fue la siguiente (véase la ecuación 4.7):

$$VP = - 0.55118 \text{ Orgsoc} - 0.53918 \text{ Orgpol} - 0.19724 \text{ Partvpt} - 0.2233 \text{ Concvot} \quad (4.7)$$

Las condiciones políticas en que viven los capitalinos no contribuyen a reducir su fragilidad para hacer frente a los problemas en la prestación de los servicios mencionados, habiendo obtenido una calificación reprobatoria de 5.8. Por consiguiente, sus capacidades para organizarse y participar en la definición de acciones dirigidas a resolver los problemas en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales son considerablemente limitadas, dado que muchas de sus demandas no han sido escuchadas ni atendidas por las autoridades responsables (véase el cuadro 4.32).

En una situación similar se encuentran la mitad de las delegaciones del DF, debido a que las condiciones políticas de sus habitantes también limitan sus capacidades para afrontar los problemas

mencionados en la prestación de los servicios de agua y drenaje, al haber obtenido evaluaciones reprobatorias entre 4.7 y 5.9. Las delegaciones con las capacidades de organización y participación más restringidas son Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco (véase el cuadro 4.32).

En el resto de estas demarcaciones, su evaluación fluctuó entre 6.1 y 7.0. Por lo tanto, aunque las condiciones políticas en que viven sus residentes permiten la reducción de su vulnerabilidad, éstas tienen un impacto relativamente pequeño porque la participación y organización de sus habitantes continua siendo muy restringida. Esto no implica que la organización de la población para dar a conocer sus demandas no sea relevante; más bien, pone en evidencia que es necesario fortalecer su capacidad de negociación en la vida pública para que los resultados de su participación sean los esperados (véase el cuadro 4.32).

Las colonias cuyos residentes tienen la mayor capacidad para organizarse y participar en la vida pública se localizan en las delegaciones Cuauhtémoc, Coyoacán y Tlalpan. Por otro lado, aquellas en donde sus residentes se ven más afectados por su fragilidad política, la cual limita sus capacidades para hacer frente a los problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales se localizan en Xochimilco, Iztapalapa y Milpa Alta; sobresalen con las peores condiciones:

Ampliación las Águilas en Álvaro Obregón; Pedregal de Santa Úrsula Coapa en Coyoacán; La Cebada y el Barrio de San Pedro en Xochimilco; Miguel Hidalgo Ira. Sección y el Pueblo de San Andrés Totoltepec en Tlalpan; Leyes de Reforma Ira Sección y El Paraíso en Iztapalapa; y los barrio Tula y Tecaxtitla en Milpa Alta (véase el mapa 4.34).

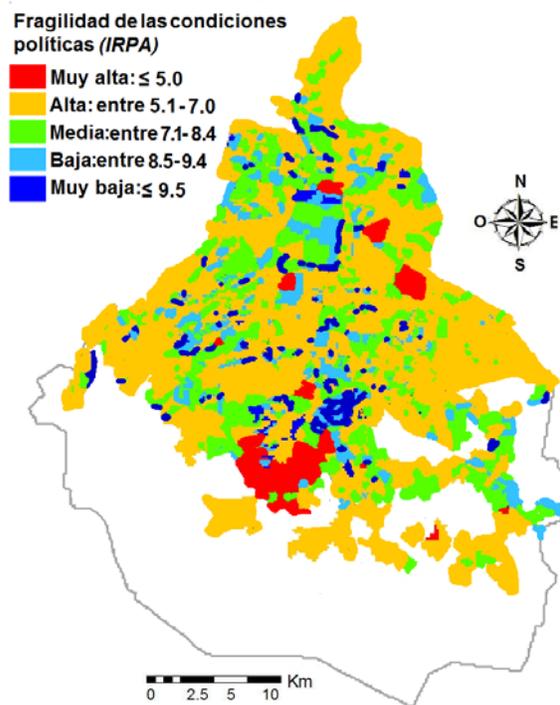
Cuadro 4.32 Evaluación de la vulnerabilidad generada por las condiciones políticas (IRPA)

Delegación	IRPA	Delegación	IRPA
Cuauhtémoc	7.0	Cuajimalpa	5.9
Tlalpan	6.9	Iztapalapa	5.6
Miguel Hidalgo	6.8	Venustiano Carranza	5.4
Coyoacán	6.6	Iztacalco	5.4
Benito Juárez	6.5	Magdalena Contreras	5.2
Álvaro Obregón	6.3	Xochimilco	5.1
Azcapotzalco	6.1	Tláhuac	4.7
Gustavo A. Madero	6.1	Milpa Alta	4.7
Distrito Federal		5.8	

Los niveles de vulnerabilidad atribuidos a las condiciones políticas en que vive la población se estimaron con el IRPA $c \in [0,10]$. Si el IRPA=10, éstas no influyen en la fragilidad de la población para hacer frente a los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. Pero si el IRPA=0, éstas restringen de manera determinante sus capacidades para hacerles frente.

Fuente: Elaboración con base en los resultados del modelo IRPA.

Mapa 4.34 Niveles de fragilidad de las condiciones políticas (IRPA)



Fuente: Resultados del modelo de evaluación IRPA.

4.2.5 Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua

El Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA), fue diseñado para evaluar la capacidad de los capitalinos para hacer frente a las amenazas generadas por un suministro de agua insuficiente para satisfacer sus requerimientos y que incumple con los estándares de calidad, así como por la falta de medios rápidos, higiénicos y seguros para disponer las aguas residuales.

De acuerdo con los resultados de este índice, el principal factor que restringe las capacidades de los habitantes del DF para enfrentar las amenazas mencionadas son las condiciones económicas en que viven, caracterizadas por la falta de estabilidad laboral y los obstáculos para que la población ocupada sea contratada en un empleo de tiempo completo y bien remunerado. Este factor explica 37.43% de las variaciones de la vulnerabilidad de los residentes de la capital del país (véase el cuadro 4.33).

Las limitaciones económicas de los capitalinos han sido determinantes para que los grupos con menos recursos se ubiquen en zonas consideradas como peligrosas, ya que los precios de las viviendas y del suelo en estas zonas son menores para compensar la falta de seguridad. De la misma forma, dificultan su participación y organización en la vida pública, debido a que su prioridad consiste en garantizar sus medios de subsistencia (que incluyen su alimentación, vestido y vivienda).

Posteriormente, se identifican las características físicas del entorno, que explican 25.45% de la vulnerabilidad de los capitalinos. Con base en este resultado, la ubicación de los asentamientos humanos en el DF influye de manera determinante en sus niveles de exposición, dadas las características de su entorno físico. La presencia de condiciones físicas de mayor peligro combinadas con una capacidad económica restringida, deviene inevitablemente en eventos no deseados que pueden convertirse en desastres cuando no existe una intervención oportuna de las autoridades competentes o cuando las comunidades afectadas desconocen su exposición (véase el cuadro 4.33).

El factor político es la tercera causa que incrementa la fragilidad de los residentes de esta entidad, con una capacidad explicativa de 23.09% de su vulnerabilidad total. Este resultado destaca la importancia que tiene promover una participación más activa de la población en la resolución de los problemas que afectan la vida pública, incluidos los que se asocian con la prestación de los servicios de agua y drenaje. Evidentemente, el que la población se involucre en la atención y resolución de estos problemas puede mejorar sus condiciones de vida, además de favorecer la consolidación de una cultura de la autoprotección (véase el cuadro 4.33).

Finalmente, el factor social explica 14.03% de la vulnerabilidad de los capitalinos por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales. Por ello, aunque las condiciones sociales en que viven y su falta de acceso a diferentes tipos de servicios limitan sus capacidades para hacer frente a las amenazas analizadas, su impacto no es tan determinante como en el caso de su estabilidad económica y laboral, su localización, la atención de sus demandas o su representación política (véase el cuadro 4.33).

Cuadro 4.33 Varianza total explicada del modelo VIGA

Componentes	Eigenvalores iniciales			Suma de cuadrados rotados		
	Total	% varianza	% acumulado	Total	% varianza	% acumulado
ICE	1.49704	65.59889	65.59889	1.00179	37.43200	37.43200
IAF	1.01819	15.36177	80.96066	1.00128	25.44389	62.87589
IRPA	0.92392	13.91084	94.87151	0.99728	23.09200	85.96789
IBS	0.56082	5.12848	100.0000	0.94368	14.03210	100.0000

*Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Fuente: Elaboración con los resultados del modelo VIGA.

La evaluación de la vulnerabilidad de los habitantes del DF para enfrentar las amenazas mencionadas fue de 5.7; calificación considerada como reprobatoria (véase el cuadro 4.34). Por consiguiente, los capitalinos son vulnerables a los problemas de la gestión del agua que fueron analizados en esta investigación debido a las restricciones en que se encuentran las condiciones físicas, sociales, económicas y políticas en que viven. Estas condiciones están determinadas por su localización territorial, su falta de estabilidad laboral, su limitada organización social y política, al igual que por su falta de acceso a la educación, salud, información, servicios básicos y vivienda digna.

Resultados similares se obtuvieron en doce delegaciones, con calificaciones reprobatorias que fluctuarán entre 4.7 y 5.8. Las delegaciones más vulnerables a las amenazas generadas por problemas en el suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales son: Milpa Alta, Magdalena Contreras Cuajimalpa y Álvaro Obregón (véase el cuadro 4.34).

Por otro lado, en Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Azcapotzalco, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc, las capacidades de sus habitantes permiten que enfrenten dichos problemas, estando los resultados de la evaluación de su vulnerabilidad entre 6.0 y 6.8. Aunque estas calificaciones son aprobatorias, de igual forma son bajas. Por lo tanto, las condiciones en que viven sus residentes

Cuadro 4.34 Evaluación de la Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA)

Delegación	VIGA	Delegación	VIGA
Coyoacán	6.8	Tláhuac	5.6
Benito Juárez	6.3	Iztacalco	5.6
Miguel Hidalgo	6.2	Tlalpan	5.4
Azcapotzalco	6.1	Xochimilco	5.0
Cuauhtémoc	6.1	Álvaro Obregón	4.7
Gustavo A. Madero	6.0	Cuajimalpa	4.6
Venustiano			
Carranza	5.8	Magdalena Contreras	4.6
Iztapalapa	5.6	Milpa Alta	3.5

Distrito Federal 5.7

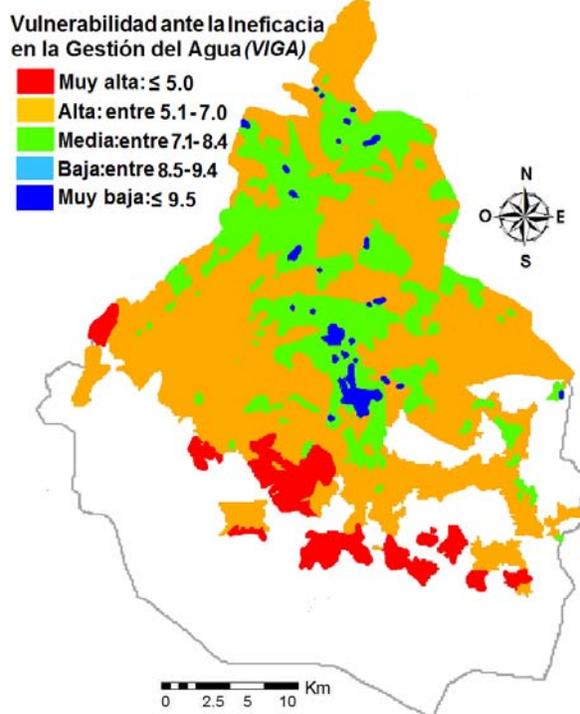
Los niveles de vulnerabilidad total se estimaron con el VIGA $\in [0,10]$. Si VIGA=10, no hay evidencias para concluir que la población es vulnerable a las amenazas generadas por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje. Pero si VIGA = 0, es altamente vulnerable para hacer frente a dichas amenazas.

limitan sus capacidades para enfrentar los problemas en la prestación del servicio de agua y drenaje que fueron analizados; aunque en menor medida en comparación con las demás delegaciones (véase el cuadro 4.34).

Las colonias más vulnerables en el DF a las amenazas generadas por la falta o prestación intermitente de los servicios de agua y drenaje, así como por el incumplimiento de los estándares de calidad en el volumen suministrado a la población, se concentran en las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y Cuajimalpa; identificándose por su elevada fragilidad las colonias:

el Pueblo de San Andrés Totoltepec, Chichicaspatl, El Zacatón, San Miguel Topilejo, Bosques, San Nicolás II, Solidaridad y Ampliación San Miguel Ajusco en Tlalpan; San Salvador Cuauhtenco, San Bartolomé Xicomulco, San Lorenzo Tlacoyucan y los barrios San Miguel Ocotitla, Nushtla, Tula, Panchimalco, La Guadalupe y San José en Milpa Alta; Chimalpa en Cuajimalpa; el Pueblo San Francisco Tlanepantla y Pedregal de San Francisco en Xochimilco; Paraje Tierra Colorada en Magdalena Contreras; San Pablo II en Iztapalapa; Fovissste en Gustavo A. Madero; y El Rincón en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.35).

Mapa 4.35 Niveles de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua (VIGA)



Fuente: Resultados del modelo de evaluación VIGA.

4.3 Evaluación de los riesgos

Los riesgos provocados por los problemas para suministrar un volumen de agua que cumpla con los estándares de calidad y satisfaga los requerimientos mínimos de la población, al igual que para disponer de manera rápida e higiénica las aguas residuales, son resultado de la convergencia entre los diferentes niveles de eficacia en la gestión del agua para proporcionar estos servicios, con la fragilidad de las condiciones físicas, sociales, económicas y políticas en que vive la población, las cuales limitan sus capacidades para acceder de manera alternativa a estos servicios. Evidentemente, estos riesgos no comprenden todos los que tienen un origen hídrico o que están relacionados con la gestión del agua, lo cual se debe tener en cuenta al analizar los resultados encontrados.

De acuerdo con los modelos IEGA y VIGA, los niveles de exposición de la población del DF a estos riesgos están determinados principalmente por la fragilidad de las condiciones en que viven los capitalinos (asociadas a su localización en zonas consideradas como peligrosas o donde los servicios básicos son difíciles de proporcionar; a su falta de acceso a la educación, atención médica y vivienda digna; a su falta de estabilidad laboral para contratarse en un empleo bien remunerado y de tiempo

completo; así como a su desinterés para participar en la vida pública y elegir a sus representantes). De manera que, las acciones y estrategias ejecutadas por las autoridades responsables de la gestión del agua han sido relativamente eficaces, al cumplir sino totalmente los objetivos definidos en materia de suministro, calidad y disposición de las aguas residuales, si de manera parcial.

Su desempeño fue mejor evaluado para dotar a la población con un volumen de agua suficiente para satisfacer sus requerimientos mínimos y para disponer de manera rápida e higiénica las aguas residuales; en contraste con el cumplimiento de los estándares de la calidad en el agua suministrada. Bajo este contexto, la hipótesis que guiaba esta investigación no puede ser aceptada, ya que es equivocado aseverar que al ser la gestión del agua ineficaz en el DF, sus residentes están expuestos a diferentes riesgos como resultado de los problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje.

La exposición total de los capitalinos a estos riesgos fue evaluada con una probabilidad de ocurrencia de 16.21%; cifra que forma parte de la categoría asociada a niveles de riesgo muy bajos. Sin embargo, su distribución no es homogénea entre las diferentes delegaciones del DF. Las más expuestas a los riesgos generados por un suministro de agua que no cumple con los estándares de calidad ni satisface los requerimientos mínimos de la población, así como por la falta de medios para disponer las aguas residuales, se ubican al sureste de la capital del país. En esta situación se encuentran Milpa Alta, Xochimilco, Magdalena Contreras, Tlalpan e Iztapalapa, cuyas probabilidades fluctúan entre 20.42 y 21.97%. A pesar de ello, estos valores pertenecen a la categoría de bajo riesgo (véase el cuadro 4.35).

En el resto de las delegaciones, sus habitantes están muy poco expuestos a estos riesgos, fluctuando sus valores entre 11.29 y 17.82%. Las delegaciones menos afectadas son Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Coyoacán y Miguel Hidalgo, con probabilidades menores a 13% (véase el cuadro 4.35).

Las divergencias en la exposición de los capitalinos a los riesgos analizados son más evidentes al considerar su distribución por colonia, por ende, su estudio de manera agregada no sólo limita su comprensión, sino también la eficacia de

Cuadro 4.35 Evaluación de los Niveles de Riesgo por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA)

Delegaciones	RSUM	RDREN	RCAL	RTOT
Venustiano Carranza	11.09	10.82	14.65	11.29
Cuauhtémoc	5.11	7.43	13.71	11.34
Benito Juárez	12.30	11.83	14.30	11.83
Coyoacán	5.18	7.41	13.05	12.09
Miguel Hidalgo	8.31	8.66	15.29	12.58
Azcapotzalco	12.34	7.74	17.04	13.96
Gustavo A. Madero	13.04	9.83	13.79	14.42
Cuajimalpa	16.39	14.50	18.65	15.88
Iztacalco	15.85	11.53	16.68	16.30
Álvaro Obregón	14.06	11.25	19.62	17.30
Tláhuac	11.48	10.44	17.69	17.82
Iztapalapa	17.40	13.97	19.18	20.42
Tlalpan	16.88	22.45	17.87	21.21
Magdalena Contreras	16.69	13.43	20.03	21.92
Xochimilco	27.06	24.12	20.24	21.96
Milpa Alta	27.82	15.89	31.50	21.97
Distrito Federal	14.19	12.58	17.64	16.21

Los niveles de exposición de la población a los riesgos por problemas en el suministro, calidad del agua y drenaje, se estimaron con base en RIGA $\in [0,100]$. Si RIGA ≈ 0 , la población enfrenta un riesgo mínimo. Pero si RIGA ≈ 100 , sus niveles de exposición son muy elevados.

*Las categorías definidas para los niveles exposición son equiprobables.

Fuente: Elaboración con los resultados de los modelos IEGA y VIGA.

sus resultados para promover el éxito de las políticas públicas dirigidas a su mitigación y prevención.

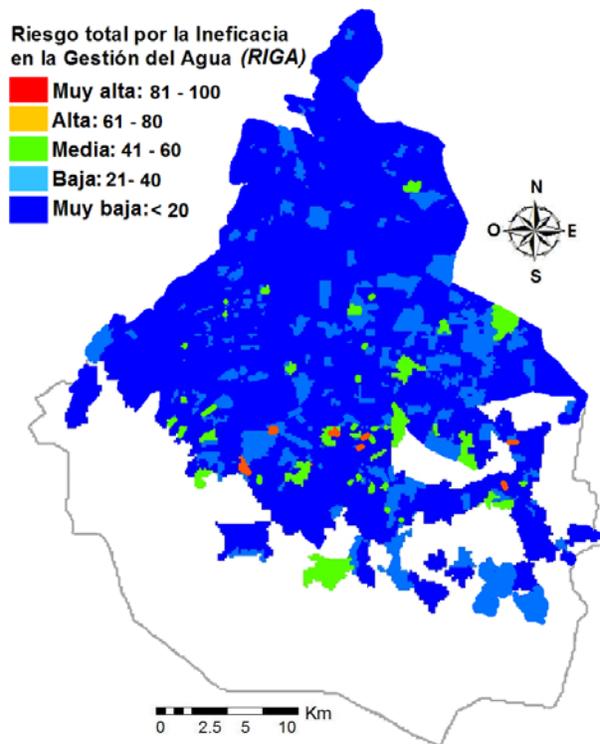
Las colonias en donde residen los habitantes que están más expuestos a los riesgos por problemas en la prestación de los servicios de agua y drenaje se concentran en la delegación Tlalpan, y en menor medida en Tláhuac y Xochimilco. Destacan con probabilidades superiores a 60%:

Residencial Villa Coapa, Narciso Mendoza, Miguel Hidalgo 4ta. Sección, Villa Lázaro Cárdenas, Miguel Hidalgo y Villa Olímpica en Tlalpan; Ojo de Agua en Tláhuac; y finalmente, Las Ánimas en Xochimilco (véase el mapa 4.36).

Las colonias en donde sus residentes están medianamente expuestos a estos riesgos, se localizan en las delegaciones Gustavo A. Madero, Coyoacán y Álvaro Obregón. Aquellas cuyos habitantes tienen niveles de exposición que fluctúan entre 41 y 59% son:

Eduardo Molina II y el Pueblo de San Juan de Aragón en Gustavo A. Madero; Romero de Terreros en Coyoacán; y Pueblo de Santa Lucía, Real del Bosque y Bellavista en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.36).

Mapa 4.36 Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua (RIGA)



Fuente: Resultados de los modelos IEGA y VIGA.

Los resultados de los índices estimados para los riesgos individuales generados por cada uno de estos problemas relacionados con el suministro, la calidad del agua abastecida y el drenaje, también formaron parte de la categoría de muy bajo riesgo. Los capitalinos están menos expuestos en promedio a los riesgos derivados de la carencia de medios seguros e higiénicos para disponer las aguas residuales, con una probabilidad de 12.58%. En segundo lugar, están los riesgos asociados a un suministro insuficiente de agua para satisfacer los requerimientos mínimos de la población, cuya probabilidad fue de 14.19%. Finalmente, los residentes de esta entidad enfrentan mayores niveles de exposición por el incumplimiento de los estándares de calidad en el volumen de agua que reciben; riesgo que ascendió a 17.64% (véase el cuadro 4.35).

4.3.1 Riesgos por problemas en la prestación del servicio de drenaje

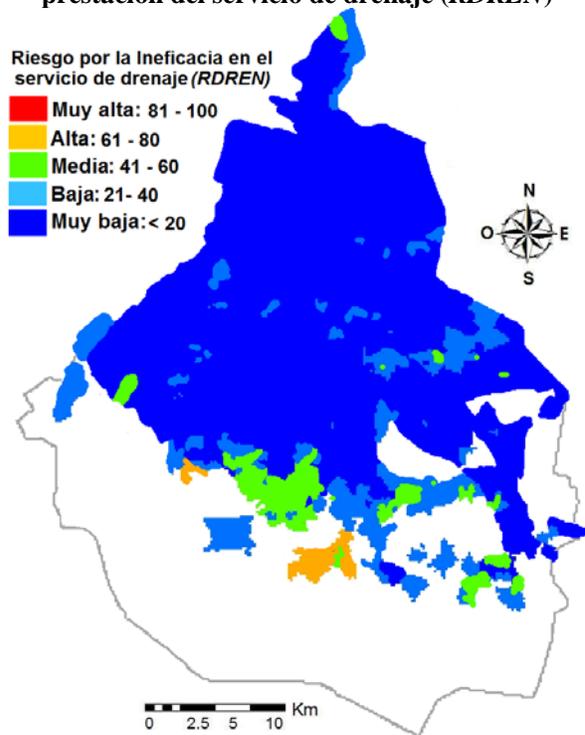
Con base en el Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Prestación del Servicio de Drenaje (RDREN), estimado como el producto de la vulnerabilidad de los capitalinos (VIGA) por los niveles de eficacia de las autoridades para disponer las aguas residuales fuera del DF de manera rápida e higiénica

(IED), la mayoría de las delegaciones enfrentan niveles de muy bajo riesgo ante la posible presencia de problemas en la prestación de este servicio.

Las delegaciones menos expuestas son Coyoacán, Cuauhtémoc, Azcapotzalco, Miguel Hidalgo y Gustavo A. Madero, con probabilidades menores a 10%. De manera contraria, los habitantes de Xochimilco y Tlalpan están más expuestos a estos riesgos, con probabilidades de 24.12 y 22.45%; estas cifras pertenecen a la categoría de bajo riesgo (véase el cuadro 4.35).

Por otro lado, en el DF se identifican algunas colonias cuyos residentes están altamente expuestos a riesgos generados por problemas en la disposición de las aguas residuales, con probabilidades superiores a 60%. Las colonias con los niveles de exposición más altos se

Mapa 4.37 Riesgos por la ineficacia en la prestación del servicio de drenaje (RDREN)



Fuente: Resultados de los modelos IED y VIGA.

Chichicaspatl, el Zacatón, San Miguel Topilejo, Solidaridad y San Nicolás II en Tlalpan; y el Pueblo San Francisco Tlanepantla y Guadalupe en Xochimilco (véase el mapa 4.37).

concentran en Tlalpan y Xochimilco:

4.3.2 Riesgos por problemas en la prestación del servicio de agua

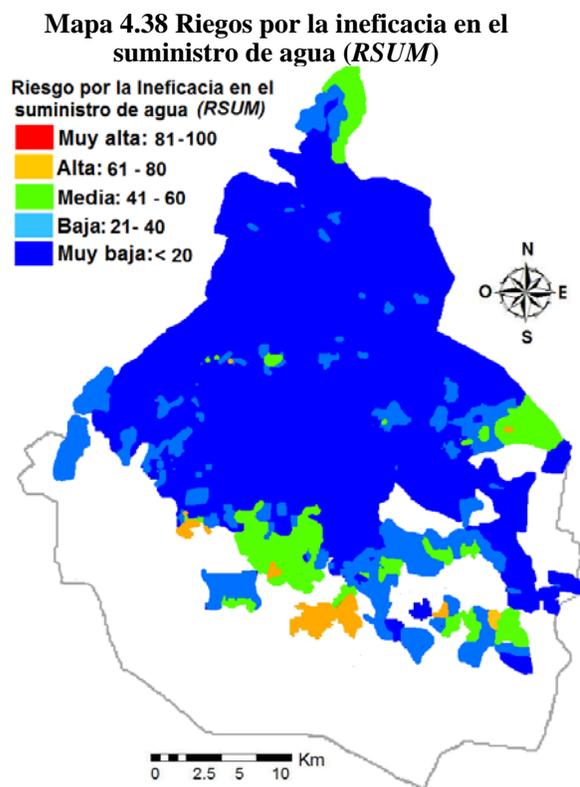
En el caso de los resultados del Índice de Riesgos por la Ineficacia en el Suministro de Agua (RSUM), calculado como el producto de la vulnerabilidad de los capitalinos (VIGA) por los niveles de eficiencia de las autoridades para suministrarlos con un volumen de agua suficiente que satisfaga sus requerimientos mínimos, prácticamente todas las delegaciones de esta entidad enfrentan muy bajos niveles de riesgo; excepto por Milpa Alta y Xochimilco, cuyos niveles de exposición pertenecen a la categoría de bajo riesgo, con cifras de 27.06 y 28.82%. Destacan las delegaciones Cuauhtémoc, Coyoacán, Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, como las menos afectadas por este riesgo, con probabilidades menores a 10% (véase el cuadro 4.35).

A pesar de estos resultados, en el DF existen colonias cuyos residentes están alta y medianamente expuestos a los riesgos por la falta o suministro intermitente de agua. En el caso de las colonias con niveles de exposición medios, dado que sus probabilidades fluctúan entre 41 y 50%, se encuentran:

Ampliación Nápoles en Benito Juárez, Ampliación Malacates, Vista Hermosa, Tlalpexco, La Ponderosa, Forestal II y 6 de Junio en la delegación Gustavo A. Madero (véase el mapa 4.38).

Por otro lado, en la delegación Tlalpan, y en menor medida en Xochimilco, Iztapalapa, Álvaro Obregón y Milpa Alta, se concentran las colonias en donde sus residentes enfrentan elevados niveles de exposición, con probabilidades superiores a 60%:

el Zacatón, Chichicaspatl, San Miguel Topilejo, Solidaridad, San Nicolás II y el Pueblo la Magdalena Petlacalco en Tlalpan; el Pueblo San Francisco Tlanepanila y Pedregal de San Francisco en Xochimilco; San Pablo II en Iztapalapa; El Pocito en Álvaro Obregón; y el Barrio Tula en Milpa Alta (véase el mapa 4.38).



Fuente: Resultados de los modelos IES y VIGA.

4.3.3 Riesgos por el incumplimiento de los estándares de calidad (RCAL)

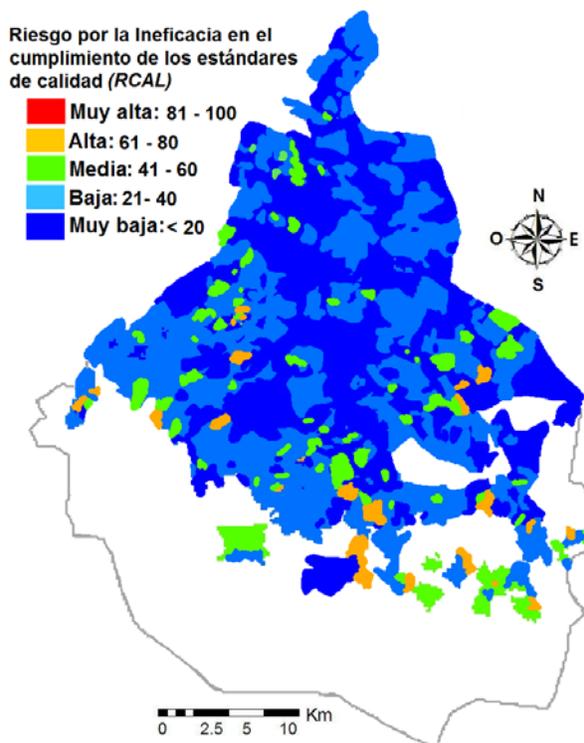
Finalmente, de acuerdo con los resultados del Índice de Riesgo por el Incumplimiento de los Estándares de Calidad (RCAL), estimado como el producto de la vulnerabilidad de los habitantes del DF (VIGA) por los niveles de eficacia de las autoridades para dotarlos con un volumen de agua que cumpla con los estándares de calidad definidos en las NOM (ICA), la mayoría de las delegaciones en esta entidad enfrentan muy bajos niveles de riesgo por el uso y consumo de un suministro de agua no seguro, siendo las menos afectadas por este problema en la gestión: Coyoacán y Cuauhtémoc. Con respecto a las delegaciones que tuvieron los mayores niveles de exposición a este riesgo están Milpa Alta, Xochimilco, Magdalena Contreras e Iztapalapa, cuyas probabilidades ascienden respectivamente a 32.50, 20.24 y 20.03%; cifras que pertenecen a la categoría de bajo riesgo (véase el cuadro 4.35).

Sin embargo, en algunas colonias del DF sus residentes están altamente expuestos a los riesgos por el uso y consumo de agua que no cumple con los estándares de calidad, con niveles de exposición superiores a 60%. Estas colonias no sólo se ubican en las delegaciones mencionadas cuyos residentes enfrentan los mayores niveles de riesgo por la baja calidad del agua que reciben para su consumo; también se localizan en Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Tlalpan, Iztapalapa y Tláhuac (véase el mapa 4.39).

Entre las colonias cuyos habitantes enfrentan los niveles de exposición más elevados a los riesgos generados por un uso y consumo no seguro de agua están:

Guadalupe, el Pueblo San Francisco Tlanepantla, el Pueblo Santa Cruz Xochitepec, el Pueblo San Lucas Xochimanca, El Carmen y Los Cerillos I en Xochimilco; los barrios La Guadalupe y Nushitla, San Salvador Cuauhtenco Sección I y II, y Villa Milpa Alta en Milpa Alta; Las Maromas y Mina Vieja en Cuajimalpa; La Joya, Mirador del Valle y Fuentes del Pedregal en Tlalpan; el Barrio Los Reyes y Jaime Torres Bodet en Tláhuac; La Polvorilla, Reforma Política y Hank González en Iztapalapa; y finalmente, Parque Las Águilas, La Joya y Las Golondrinas en Álvaro Obregón (véase el mapa 4.39).

Mapa 4.39 Riesgos por el incumplimiento de los estándares de calidad (RCAL)



Fuente: Resultados de los modelos ICA y VIGA.

4.4 Conclusiones de los índices

En primer lugar, el uso del cloro como único medio de desinfección no necesariamente garantiza un uso y consumo seguro del agua, debido a que algunos microorganismos como los protozoarios *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica*, al igual que los virus causantes de enfermedades como la diarrea, gastroenteritis y hepatitis viral, son más resistentes al uso de esta sustancia. Por lo tanto, este mecanismo de desinfección requiere complementarse con otros métodos como la ozonización, la radiación con rayos ultravioleta y la aplicación de dióxido de cloro; métodos considerados más eficaces para eliminar bacterias e inactivar tanto virus como protozoarios (WHO, 2008: 61).

No existió evidencia para concluir que la concentración de cloro residual en el agua suministrada reduce la mortalidad infantil, pero sí la mortalidad por enfermedades gastrointestinales. Este

resultado se atribuye a que la muestra utilizada para determinar el cumplimiento de las NOM en esta materia no es representativa, ya que la mayoría de las colonias que son monitoreadas pertenecen a las delegaciones menos afectadas por problemas en la calidad del agua. Pese a la necesidad de garantizar un uso y consumo del agua seguro en el DF, se han reducido tanto el número de muestras realizadas como el de colonias estudiadas; incrementándose la exposición de la población a amenazas a la salud como resultado de las limitaciones que enfrentan las autoridades para identificar el incumplimiento de los estándares de calidad. Sin embargo, la evaluación de la calidad del agua no se puede limitar a determinar las concentraciones de cloro residual y la presencia de bacterias coliformes, requiriéndose un análisis más completo de los parámetros físicos, químicos, y en particular, de los biológicos.

No sólo a través de un consumo directo de agua con una mala calidad se generan y transmiten enfermedades de origen hídrico; éstas también pueden diseminarse de manera indirecta por otras vías que incluyen la ingesta de alimentos regados con aguas residuales o la preparación de alimentos en condiciones no higiénicas, en cuyos casos los alimentos ingeridos pueden ser portadores de enfermedades como cólera, diarrea, salmonelosis, fiebre tifoidea y amibiasis, entre otros.

En segundo lugar, aunque las viviendas reciban un suministro de agua en su interior, no se garantiza que el consumo realizado por sus ocupantes sea mayor, ya que el volumen que reciben puede ser intermitente. A pesar de ello, las mejoras en el abastecimiento de agua a la población reducen la mortalidad infantil; aunque no existió evidencia en los resultados del modelo para concluir que también tienen un impacto positivo en la disminución de la mortalidad por enfermedades gastrointestinales. El padecimiento de estas enfermedades y su propagación estuvieron relacionados con los problemas presentes para la disposición rápida e higiénica de las aguas residuales. Asimismo, estas enfermedades afectan tanto a los grupos más pobres del DF como a los sectores económicos mejor acomodados, pero su padecimiento se registra principalmente en los adultos mayores y en los menores de cuatro años (véase el Anexo II).

Tampoco existió evidencia para concluir que el suministro no continuo del agua está relacionado con las variaciones en las presiones de las redes de distribución (altas o bajas), pero si se puede aseverar que este problema está asociado con la presencia de fugas en las redes o en las tomas domiciliarias, las cuales reducen el volumen de agua consumido por habitante. La aparición de fugas obedeció a factores como el hundimiento del terreno, la falta de mantenimiento y obsolescencia de las redes, así como el funcionamiento de esta infraestructura por arriba de sus capacidades de carga (véase el Anexo II).

Por otro lado, las bajas concentraciones de infraestructura para el drenaje favorecen la ocurrencia de encharcamientos en predios y vialidades. En la medida que un mayor número de redes de drenaje esté en funcionamiento, la velocidad y la cantidad tanto de aguas residuales como pluviales que se dispongan será mayor. Pero no sólo la cobertura de las redes de drenaje influye en el número y magnitud de los encharcamientos que afectan la capital del país; éstos también están determinados por la intensidad con que se presentan las precipitaciones pluviales, la cercanía a cuerpos de agua o infraestructura para el almacenamiento de agua de gran capacidad, la capacidad de desalojo y el mantenimiento recibido por la infraestructura de drenaje, los errores humanos en la operación de este sistema, la disposición de desechos de sólidos de grandes dimensiones en las redes y colectores, al igual que los cambios en las pendientes de las tuberías por los hundimientos del subsuelo (véase el Anexo II).

En el caso de las inundaciones, no existió evidencia para concluir que son un problema causado exclusivamente por la presencia de intensas lluvias, la falta de cobertura de infraestructura para el drenaje o la baja capacidad de desalojo de este sistema. Pero con base a los resultados de los modelos estimados es posible concluir que la aparición de estos fenómenos está relacionada con las características edafológicas, la velocidad del hundimiento del terreno, la pendiente y la presencia de dispositivos de almacenamiento de agua de gran capacidad (véase el Anexo II). Por consiguiente, los encharcamientos e inundaciones constituyen fenómenos diferentes, cuya resolución requiere de acciones y estrategias particulares.

En tercer lugar, las decisiones de inversión en obras de infraestructura hidráulica privilegian las zonas más seguras. Sin embargo, como la población que reside en las áreas consideradas como peligrosas suele ser la más pobre, esta medida los coloca en una situación menos ventajosa limitando aún más sus capacidades para hacer frente a las amenazas a las que están expuestos, y por ende, los hace más vulnerables. Aunque el uso de los seguros contra inundaciones es una alternativa que podría reducir la vulnerabilidad de los capitalinos ante los problemas mencionados en materia de suministro y drenaje, su impacto es restringido debido a que no todos los habitantes de esta entidad tienen la capacidad económica para adquirir estos instrumentos financieros (véase el Anexo II).

Las mejoras en el acceso al servicio de agua y en la cobertura de su infraestructura han sido en parte promovidas por una mayor participación social a diferencia de la disposición de las aguas residuales, en cuyo caso no existió evidencia para asociar los incrementos en sus niveles de eficacia con una participación social más activa. Esto permite inferir que las mejoras en el servicio de drenaje continúan sin consolidarse como demandas ciudadanas, además que tampoco han sido consideradas como estrategias políticas para incrementar la simpatía del electorado, ya que las obras requeridas

suelen no ser tan visibles como las que están encaminadas a dotar con un mayor volumen de agua a la población (véase el Anexo II).

Los ciudadanos involucrados en la creación y operación tanto de las organizaciones sociales como de las políticas, en general cuentan con mejores ingresos, estabilidad laboral y un mayor acceso a la educación, por ende, conforme la población no tiene que preocuparse por garantizar sus necesidades básicas (alimento, vestido y vivienda) pueden dirigir su atención a otras prioridades que incluyen vivir en un ambiente más saludable, impulsar la legitimidad de sus representantes y participar en las decisiones de gestión de la vida pública; además que el acceso a la educación ha tenido un papel determinante en la concientización de los ciudadanos sobre sus responsabilidades para elegir a sus gobernantes. En este sentido, las demandas de los sectores mejor acomodados en el DF están mejor representadas en comparación con los del resto de la población, ya que tienen una participación más activa tanto en las organizaciones sociales y políticas como en la elección de sus representantes; situación que hace más vulnerable a los grupos más pobres (véase el Anexo II).

Finalmente, los niveles de exposición de los capitalinos a los riesgos generados por un suministro de agua insuficiente para satisfacer los requerimientos de agua de la población y los estándares de calidad, al igual que la disposición rápida e higiénica de las aguas residuales están determinados principalmente por la fragilidad de las condiciones en que viven. Por consiguiente, aunque las autoridades responsables de la prestación de los servicios de agua y drenaje no han cumplido en su totalidad con los objetivos en materia de suministro, calidad del agua y disposición de las aguas residuales; si los han alcanzado de manera parcial, teniendo un desempeño regular. Sin embargo, la prestación de estos servicios puede mejorarse, en especial, las acciones encaminadas a garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad en el volumen de agua que reciben los capitalinos, dado que este problema de la gestión constituye una de las principales amenazas que enfrentan.

Las mayores limitaciones en las capacidades de la población se explican por las restricciones en sus condiciones económicas. Las personas con los menores ingresos suelen asentarse en zonas consideradas como peligrosas, ya que para compensar las amenazas a las que están expuestas, el precio del suelo y las viviendas es en general menor (véase el Anexo II). Con un menor impacto para hacer frente a las amenazas mencionadas, posteriormente se identifican su localización, baja participación y representación política restringida de sus demandas, así como los obstáculos para su acceso a la educación, atención médica, información, servicios públicos y viviendas dignas.

No existió evidencia para concluir que la desocupación y el sector económico en que labora la PEA (primario, secundario o terciario) modifican la fragilidad de las condiciones económicas de las personas. Esto se explica porque el desempleo en la capital del país está subestimado, debido a que en su cálculo no se incluyen a las personas que trabajaron unas cuantas horas a la semana; lo mismo ocurre con quienes reciben menos de un salario mínimo por día. Estas condiciones de trabajo difícilmente proporcionan estabilidad laboral o ingresos suficientes para acceder de manera alternativa a los servicios de agua y drenaje cuando se carece de ellos o se reciben con una mala calidad (véase el Anexo II).

Bajo este contexto, para reducir la exposición de los capitalinos a estos riesgos es indispensable que las autoridades dirijan sus esfuerzos a disminuir la vulnerabilidad de la población. Esto no implica que deban descuidar la eficacia en la prestación de los servicios de agua y drenaje; más bien, que las medidas implementadas para consolidar una ciudad más segura no se deben restringir a la construcción de más obras hidráulicas sino también a crear mayores oportunidades para que la población cuente con un empleo bien remunerado, tenga acceso a los servicios básicos, resida en viviendas seguras y pueda participar en la toma de decisiones sobre la gestión del agua. Evidentemente, ejecutar estas estrategias y acciones requiere tanto de la colaboración como de la coordinación entre autoridades de diferentes órdenes de gobierno, así como de los diversos sectores responsables de la gestión pública.

Conclusiones finales

I. La planificación como un mecanismo de mitigación

Las ciudades son el escenario propicio para la generación y amplificación de los riesgos. Estos fenómenos generalmente no aparecen de manera súbita, sino que se van construyendo con el paso del tiempo. En este sentido, es vital repensar el modelo de urbanización del DF y su Zona Metropolitana, ya que los sistemas para prestar los servicios de agua y drenaje trascienden su delimitación política, teniendo importantes impactos en las cuencas aledañas, en donde se obtiene el agua para abastecer a los capitalinos y se disponen sus aguas residuales.

Actualmente la gestión de los riesgos relacionados con el agua enfrenta nuevos retos que están modificando las discusiones teóricas y metodológicas; destacando por sus impactos en la incertidumbre presente en las decisiones de política, el fenómeno conocido como cambio climático. El cambio climático no sólo ha repercutido en las variaciones del clima global; también ha modificado los patrones de consumo del agua, la aparición y diseminación de los vectores epidemiológicos de origen hídrico, la frecuencia e intensidad con que se presentan los eventos hidrometeorológicos extremos, así como la emergencia de conflictos por el acceso y control de los recursos hídricos.

Por consiguiente, la intervención del Estado tiene un papel fundamental en las tareas de mitigación y prevención. Sin embargo, la aprobación de políticas, leyes, planes y programas, no es suficiente para llevar a cabo estas tareas, debido a que no se garantiza que se traduzcan en acciones concretas o que su ejecución sea correcta. Una medida que podría reducir la exposición de los residentes del DF a los riesgos generados por la falta de un suministro de agua suficiente para satisfacer sus requerimientos, el incumplimiento de los estándares de calidad en el volumen abastecido y la carencia de medios seguros e higiénicos para disponer las aguas residuales, es la regulación del uso de suelo. Lo anterior, debido a la estrecha relación que existe entre la planeación urbana, la gestión del agua y la gestión de los riesgos, dado que se pueden evitar los asentamientos humanos en zonas consideradas como peligrosas, al igual que en áreas que no tienen la disponibilidad para abastecer con agua a la población o en aquellas que cuentan con los medios adecuados para disponer de manera rápida, higiénica y segura las aguas residuales.

II. La necesidad de replantear el modelo actual para la gestión del agua

Los esfuerzos para prevenir los impactos no deseados de los riesgos generados por problemas en el suministro, en la calidad del agua y en la disposición de las aguas residuales, han estado condicionados por la visión que existe sobre el papel del agua en la sociedad, sus repercusiones en el bienestar de la población, los conocimientos científicos y técnicos de cada época, así como por la idea de que el agua es un derecho de todos. A pesar de ello, el paradigma que ha guiado su gestión en el DF desde el siglo XIX, consiste en extraer su exceso fuera de esta entidad, y al mismo tiempo,

importarla desde fuentes cada vez más lejanas para garantizar su dotación a la población. Esto ha sido posible, gracias a la construcción de un complejo sistema hidráulico que depende cada vez más de la energía eléctrica para bombear el agua que se suministrará y se dispondrá en el mar. Los elevados costos económicos, ambientales y sociales de esta práctica, evidencian que el actual modelo de gestión no es sustentable.

Aunque las autoridades responsables conocen las consecuencias sobre el equilibrio hídrico de la Cuenca de México que tienen ciertas acciones ejecutadas para suministrar agua a la capital del país y disponer las aguas residuales que se generan en su territorio; éstas se siguen realizando. Por ejemplo, continúa la extracción intensiva de las aguas subterráneas, la cual ha causado el incremento en la velocidad de hundimiento del subsuelo, la pérdida de eficiencia en el sistema de drenaje ante variaciones en las pendientes de las tuberías y la amplificación de las ondas sísmicas por la reducción del contenido de agua en el subsuelo. Asimismo, se promueve el abastecimiento de agua de fuentes cada vez más lejanas, acrecentando los niveles de dependencia a fuentes externas y la emergencia de conflictos por el control de este recurso; además de incurrir en elevados costos energéticos, ambientales y sociales por su traslado. Finalmente, las aguas residuales se disponen sin un tratamiento previo, deteriorando la salud tanto de los agricultores como de los consumidores de alimentos que fueron regados con este caudal, ya que dichos alimentos son portadores de enfermedades gastrointestinales y parasitarias como el cólera, diarrea, salmonelosis, fiebre tifoidea y amibiasis, entre otras. Adicionalmente, estas prácticas agrícolas contaminan el aire, suelo y agua (superficial y subterránea).

Antes de continuar con la búsqueda de nuevas fuentes de agua cada vez más lejanas al DF, cuyos costos son muy elevados, es necesario considerar el desarrollo de fuentes alternativas que se han desaprovechado; tal es el caso: del reuso de las aguas residuales tratadas, la reutilización de las aguas pluviales y la recuperación del caudal perdido por fugas. Las erogaciones vinculadas al uso de estas fuentes alternativas son menores a las que incurrirían las autoridades en el largo plazo, si la gestión del agua continua con la tendencia de importar agua de otras cuencas. Cualquiera de estos suministros alternativos aportaría mayores volúmenes de agua en comparación con las fuentes actuales de abastecimiento.

Algunas medidas que pueden ser ejecutadas para promover el uso de otras fuentes alternativas de agua más sustentables incluyen:

- a) Implementar el pago de derechos por verter las aguas residuales, como una forma de estimular su tratamiento, dado que los montos a pagar serán superiores a los costos de su tratamiento siguiendo el principio de “quien contamina paga”. La disposición de las aguas residuales se debe*

restringir con base en la capacidad de asimilación y degradación de los cuerpos de agua donde se vierten.

- b) Ajustar los precios del agua de primer uso y del agua tratada para incentivar a los usuarios a utilizar el agua tratada en actividades que requieren de una menor calidad. Contradictoriamente, el agua de primer uso abastecida por medio de la red es más barata; esta situación ha limitado la consolidación de la demanda de agua tratada.*
- c) La Conagua deberá actualizar el Repda (Registro Público de Derechos del Agua) considerando los volúmenes de agua que se obtienen de los pozos en operación. Esta instancia, en colaboración con otros actores (como ONGs, instituciones académicas, expertos, científicos y la propia comunidad), también deberá determinar la capacidad de renovación de los cuerpos de agua, de acuerdo con la cual se limitarán las extracciones para garantizar el abastecimiento mínimo que requieren los ecosistemas en la realización de sus funciones.*
- d) Promover la recolección y reutilización del agua de lluvia en las actividades que no requieran de una elevada calidad como: los servicios de los baños, la limpieza de los patios, el riego de jardines y áreas verdes, al igual que los procesos de enfriamiento. Algunos de los dispositivos para su recolección que ya están siendo utilizados incluyen las cisternas de aguas grises en las nuevas edificaciones, los tanques de almacenamiento para captar la escorrentía y los tanques en los techos de las casas. A pesar de ello, todavía están pendientes los aspectos relacionados con la preservación de su calidad, una vez que ha sido almacenada el agua de lluvia.*
- e) Impulsar la conformación de mercados de agua y el pago de los servicios ambientales prestados por los ecosistemas, para reasignar de manera más eficiente los excedentes de agua; además de compensar a los usuarios que se beneficiaban de su aprovechamiento, ya sea que se identifiquen con claridad los propietarios específicos o se trate de un bien de la comunidad.*

III. La calidad del agua: una amenaza para la salud

*El deterioro de la calidad del agua es una amenaza que enfrentan los capitalinos, dado que se han identificado microorganismos patógenos en el agua que reciben como: coliformes fecales (*E. coli* y *Klebsiella spp.*), estreptococos fecales (*Enterococcus sp.*), *Vibriosis* y *Helicobacter pylori* (Mazari-Hiriart et al., 2005: 5131). Aunque en el análisis de la calidad del agua no se detecte la presencia de bacterias coliformes, no se puede garantizar que está libre de los microorganismos mencionados, ya que son más resistentes a la desinfección con cloro.*

La presencia de estos microorganismos pone en riesgo la salud de los habitantes del DF, al favorecer la emergencia de brotes de enfermedades de origen hídrico como: diarrea, gastroenteritis, cólera, disentería, úlceras en el estómago, hepatitis viral, lombrices intestinales, y tifoidea; así como el

padecimiento de cáncer gástrico (WHO, 2008: 45). Por consiguiente, para garantizar un uso y consumo seguro del agua es indispensable:

- a) Complementar la desinfección con cloro mediante otros métodos como la radiación con luz ultravioleta, el intercambio iónico, la ozonación, el uso de dióxido de cloro y la coagulación. Estos métodos son más eficaces para eliminar las bacterias presentes en el agua e inactivar tanto virus como protozoarios que son más resistentes al cloro (WHO, 2008: 61).*
- b) Mejorar el análisis bacteriológico de la calidad del agua al incluir indicadores sobre la presencia de virus entéricos (como rotavirus o adenovirus), protozoarios (Giardia y Cryptosporidium) y otras bacterias (en particular, los estreptococos fecales como el Helicobacter y la Legionella). Estos microorganismos, de acuerdo con los registros de defunciones del INEGI para el año 2007, provocaron la muerte de 280 personas en el DF, en las colonias Pueblo Quieto en Tlalpan; Tránsito en Cuauhtémoc; Nueva Atzacualco y San Felipe de Jesús en Azcapotzalco; el Pueblo de San Gregorio Atlapulco en Xochimilco; Jardín Balbuena en Venustiano Carranza, y Gabriel Ramos Millán en Iztacalco.*
- c) Crear una institución responsable de evaluar de manera sistemática los criterios físicos, químicos y biológicos del agua suministrada a los capitalinos, la cual no debe estar adscrita al SACM para que realice sus funciones de manera independiente, con el fin de que sus resultados sean más confiables y se mejore el cumplimiento de los estándares de calidad. Esta instancia deberá tener la facultad de sancionar al SACM cuando infrinja las NOM en materia de calidad, de igual forma, deberá contar con las capacidades técnicas para hacer recomendaciones enfocadas en el perfeccionamiento de los métodos de desinfección utilizados.*
- d) Evaluar las diferentes rutas de transmisión de las enfermedades de origen hídrico considerando tanto el consumo directo del agua como el contacto persona a persona, la ingesta de alimentos regados con aguas residuales o que fueron preparados en condiciones poco higiénicas, al igual que las malas condiciones sanitarias y de higiene personal, entre otras.*

IV. Alcances y limitaciones de la evaluación de los riesgos como guía para la toma de decisiones

La gestión de los riesgos en el DF ha sido abordada desde una visión naturalista-técnica, encaminada a reducir los impactos destructivos causados por fenómenos naturales extremos mediante el desarrollo de tecnologías para su monitoreo y pronóstico, así como mediante la construcción de diversas obras de infraestructura para hacerles frente. Esta visión dominante ha contribuido a que los riesgos generados por problemas en el suministro, en la calidad del agua y en la disposición de las aguas residuales, no hayan recibido la atención que merecen.

Aunque existen evidencias que esta visión se está modificando, ya que el DF es la primera entidad en el país en cuyas disposiciones legales se reconoce explícitamente que las fallas en la prestación de los

servicios de agua y drenaje, constituyen por sí mismas riesgos que requieren de una pronta intervención para su rehabilitación y restablecimiento; estos avances normativos no se han traducido en acciones concretas debido a la existencia de otra lógica no formal en la toma de decisiones, que está determinada por factores de tipo económico y político, entre otros. Por lo tanto, es necesario distinguir la evaluación del riesgo, de su gestión. Aunque ambos procesos están interrelacionados, éstos se realizan en diferentes esferas de la vida pública: mientras la evaluación corresponde más al ámbito de la ciencia, involucrando las fases de identificación, estimación, valoración y la comunicación de los avances en el conocimiento hacia los gestores; la gestión está más vinculada a la política y consiste en la implementación de acciones y estrategias para la mitigación, prevención, preparación y respuesta.

Bajo este contexto, a pesar de que el uso de los modelos es una forma de comprender y entender la realidad, además de ser una herramienta útil para la toma de decisiones, no debe atribuírseles toda la responsabilidad de las medidas que se ejecuten con base en sus resultados, ya que dependen tanto de la interpretación como del uso que les dan los hacedores de políticas. Esto no implica que no sean útiles, sino que deben ser muy claras las decisiones que se tomen con respecto a su diseño, operacionalización y visión de largo plazo.

Debido a que para realizar cálculos más certeros es indispensable contar con información confiable y detallada, se requiere mejorar la sistematización, procesamiento, interpretación y publicación de información, que favorezca una toma de decisiones más asertiva. El uso de algunas herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) puede ayudar a facilitar la comprensión de los resultados, al presentar con una mayor claridad tanto espacial como temporal, de los hallazgos encontrados.

En el caso del modelo propuesto en esta investigación, todavía es necesario evaluar su capacidad para explicar los fenómenos estudiados en otros contextos espaciales y temporales, con el fin de determinar su sensibilidad para captar las variaciones en la fragilidad de las condiciones en que vive la población y en los niveles de eficacia con que se prestan los servicios mencionados. Por este motivo, una de sus mayores limitaciones radica en que no incorpora ningún parámetro ni variable que incluyera la incertidumbre presente, al analizarse un solo periodo de tiempo. En este sentido, se requiere replicar este análisis para otros periodos, lo cual podría lugar a una nueva línea de investigación sobre la gestión del agua con un enfoque dinámico.

Bibliografía

Capítulo 1. La ineficacia en la gestión pública del agua como elemento generador de riesgos

- Alexander, D. (2000), *Confronting Catastrophe: New Perspectives on Natural Disasters*, Oxford, Oxford University Press.
- Alwang, J. et al. (2001), *Vulnerability: A View From Different Disciplines*, Social Protection Discussion Paper Series, No. 0115, World Bank.
- Arenilla Sáez, Manuel (2003), "Legitimidad y eficacia en la administración pública" en *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, Madrid, INAP, núm. 26, Enero-Agosto, pp. 71-101.
- Arreguín-Cortés, Felipe (1994), "Efficient Use of Water in Cities and Industry", en *Seminar on Efficient Water Use*, México, UNESCO.
- Arriaga, Ricardo (2002), *Diseño de un sistema de medición de desempeño para evaluar la gestión municipal: una propuesta metodológica*, Santiago, CEPAL.
- Ávila García, Patricia (comp.) (2003), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI*, Michoacán, El Colegio de Michoacán/IMATA/Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente.
- Ávila García, Patricia (2003), "De la hidropolítica a la gestión sustentable del agua", en Ávila García, Patricia (comp.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI*, Michoacán, El Colegio de Michoacán/IMATA/Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente.
- Ballesteros, Maureen et al. (2005), *Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas*, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 90, Santiago, CEPAL.
- Ballesteros, Maureen (2005), "Planificación y administración hídrica en Centroamérica" en Ballesteros, Maureen et al., *Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas*, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 90, Santiago, CEPAL.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2004), *Agua potable y saneamiento: Estrategia Sectorial*, Montevideo, BID.
- _____ (1998), *Estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos*, No. ENV-125, Washington, D.C., BID.
- BID-CEPAL-IDEA (2004), *Indicadores para la Gestión de Riesgos. Aplicación del sistema de indicadores 1980-2000*. BID-CEPAL-IDEA. Manizales, Colombia, Pp. 1-35.
- Bardach, Eugene (1977), *The Implementation Game*, Cambridge, MIT Press.
- Barnes, Barry (1988), *La naturaleza del poder*, Barcelona, Pomares-Corredor.
- Bau, Joao (1991), "Research on Water Conservation in Portugal" en *Seminar on Efficient Water Use*, México, UNESCO.
- Bechmann, Gotthard (1995), "Riesgo y desarrollo técnico-científico: sobre la importancia social de la investigación y valoración del riesgo" en *Cuadernos de Sección Ciencias Sociales y Económicas*, núm. 2, pp. 59-98.
- Beck, Ulrich (1992), *Risk Society: Towards a New Modernity*, Sage, Londres.
- _____ (1994), "The reinvention of politics: Towards a Theory of Reflexive Modernization", en Beck, Ulrich et al., *Reflexive Modernization: Politics, Tradition and Aesthetics in the Modern Social Order*, Cambridge University Press, Cambridge.
- _____ (1995), *Ecological Politics in the age of Risk*, Cambridge Polity Press, Cambridge.
- _____ (1995), *Ecological Enlightenment*, Nueva Jersey, Humanity Press.
- Berger, Peter y Theodore Luckmann (1994), *La construcción social de la realidad*, Buenos Aires, Amorrortu Editores.
- Blaikie, P. et al (1996), *Vulnerabilidad, el Entorno Social, Político y Económico de los Desastres*, Colombia, La RED.
- Blaikie, P.M. and H.C. Brookfield (1994), *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*, Londres, Routledge.
- Brundtland, G.H. (1988), *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press.
- Cabrero Mendoza, Enrique (coord.) (1999), *Gerencia pública municipal: conceptos básicos y estudios de caso*, México, CIDE.
- Cámara Nacional de la Industria de la Construcción (CMIC), *Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) y Consejo Coordinador Empresarial (CCE) (1998), Eficiencia y uso sustentable del agua en México: Participación del Sector Privado*, México, CMIC/CESPEDES/CCE.
- Cameron, Kim S. (1986), "Effectiveness As Paradox: Consensus and Conflict in Conceptions of Organizational Effectiveness" en *Management Science*, Vol. 32, No. 5, Mayo, pp. 539-553.
- Campbell, Scott y Susan Fainstein (1996), *Readings in planning theory*, Blackwell, Cambridge.
- Caputo G., Hardoy, Enrique y Hilda María Herzer (1985), "Desastres naturales y sociedad en América Latina", Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano.
- Carabias, Julia, et al. (2005), *Agua, Medio Ambiente y Sociedad: Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*, México, UNAM/COLMEX/Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Cardona, Omar Darío (2003), *La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres*, Manizales, IADB-ECLAC-IDEA.

- Cardona, Omar Darío et al. (2003b), *Indicadores para la medición del riesgo: fundamentos metodológicos. Manizales, Colombia. IADB-ECLAC-IDEA. Pp. 1-27.*
- Carreño, Martha Liliana et al. (2009), *Holistic Urban Seismic Risk Evaluation of Megacities: Application and Robustness*, en *The 1755 Lisbon Earthquake: Revisited. Springer Netherlands. Vol. 7. Pp.167-183.*
- Castel, Manuel (1991), "From dangerousness to risk" en Burchell, G. et al. (edit.), *The Foucault Effect: Studies in Governmentality, Harvester, Hempstead.*
- CEPAL (2002), *Diseño de un sistema de medición de desempeño para evaluar la gestión municipal: una propuesta metodológica, Santiago, CEPAL/ILPES, LC/IP/L.296.*
- Chambers, Roger (1989), *Vulnerability, Coping and Policy, IDS Bulletin, Vol. 20, No. 2.*
- Chamorro, Carlos (2003), *Sistematización de una experiencia de gestión alternativa del agua potable: Centro de Apoyo para la Gestión Rural del Agua Potable, CENAGRAP, Quito/Vancouver, Fundación Ambiente y Sociedad.*
- China Institute of Water Resources and Hydropower Research (IWRHR) (2006), *Flood Models, Pekin, IWRHR.*
- Coase, Ronald (1960), "The Problem of Social Costs" en *Journal of Law and Economics, No. 3, pp. 1-44.*
- Cohen Steven and William Eimicke (1995), *The New Effective Public Manager, San Francisco, Jossey-Bass Publishers.*
- Córdova Bojórquez Gustavo (2005), *Estudio social, económico y de planeación sobre agua potable, alcantarillado en sectores o lunares de Ciudad Juárez, Tijuana, COLEF.*
- Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2003), *Cumbre Ministerial del Agua de Centroamérica y el Caribe, Panamá, CATHALAC.*
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2005), *Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe, Santiago, CEPAL, LC/G.2331.*
- _____ (1999) *Tendencias actuales de la gestión del agua en América Latina y el Caribe: Avances en la implementación de las recomendaciones contenidas en el Capítulo 18 del Programa 21, Santiago, CEPAL, LC/L.1180.*
- _____ (1998), *Ordenamiento político-institucional para la gestión del agua, Santiago, CEPAL, LC/R.1779.*
- _____ (1995), *Mercados de derechos de agua; entorno legal, Santiago, CEPAL, LC/R.1485.*
- _____ (1994), *Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas, Santiago, CEPAL, LC/R.1399.*
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2006), *Lo que se dice del agua, México, IV Foro Mundial del Agua, Conagua.*
- Comrey, A.L. (1985), *Manual de Análisis Factorial, Madrid, Cátedra.*
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992), *Agenda 21, Capítulo 18, Río de Janeiro, UNESCO/PNUMA.*
- Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, CIAMA (1992), *Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible, Dublín, 1992.*
- Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce (2001), *El agua: una de las claves del desarrollo sostenible, Bonn, UNESCO/PNUMA.*
- Crespo Alberto y Roger Mattos (2000), *Gestión del agua en Bolivia, La Paz, Gobierno de Bolivia.*
- Crichton, D. (1999), "The Risk Triangle" en Ingleton, J (edit.), *Natural Disaster Management, Londres, Tudor Rose.*
- Crouch, E. A. C. y R. Wilson, (1982), *Risk/Benefit Analysis, Cambridge, Ballinger.*
- Cunningham, Barton (1977), "Approaches to the Evaluation of Organizational Effectiveness" en *The Academy of Management Review, Vol. 2, No. 3, Julio, pp. 463-474.*
- Davis, Ian (2003), *The Effectiveness of Current Tools for the Identification, Measurement, Analysis and Synthesis of Vulnerability and Disaster Risk, Manizales, IADB-ECLAC-IDEA.*
- Dean, Mitchell (1999), "Risk, calculable and incalculable" en Lupton, Deborah (edit), *Risk and Sociocultural Theory: New Directions and Perspectives, Cambridge University Press, Cambridge.*
- Denhardt, Robert B. (1995), *Public Administration: an Action Orientation, Forth Worth, Harcourt Brace Collage Publishers.*
- _____ (1984), *Theories of Public Organization, Pacific Grove, Cole Publishing Company.*
- De Sadeleer, Nicolas (2002), *Environmental Law Principles From Political Slogans to Legal Rules, Oxford, Oxford University Press.*
- División de Medio Ambiente y Desarrollo (1998), *Ordenamiento político-institucional para la Gestión del agua, Santiago, CEPAL, LC/R.1779.*
- División de Medio Ambiente y Desarrollo (1995), *Planes y Marcos Regulatorios para la gestión integrada de cuencas, Santiago, CEPAL, LC/R.1487.*
- Douglas, Mary (1966), *Purity and Danger: an Analysis of Concepts of Pollution and Taboo, Londres, Routledge & Kegan Paul.*
- _____ (1985), *Risk Acceptability According to the Social Sciences, Nueva York, Sage Foundation.*
- _____ (1992), *Risk and Blame: Essays in Cultural Theory, Londres, Routledge.*

- Douglas, Mary y Aaron Wildavsky (1982), *Risk and Culture: an Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*, Berkeley, University of California Press.
- Dourojeanni, Axel, Jouravlev, Andrei y Guillermo, Chávez (2002), *Gestión de aguas a nivel de cuencas: teoría y práctica*, Serie de recursos naturales e infraestructura No. 47, Santiago, CEPAL.
- Dourojeanni, Axel (2002), *Dilemas para mejorar la gestión del agua en América Latina y el Caribe*, Santiago, CEPAL/Conferencia Internacional de Organismos de Cuenca.
- Dourojeanni, Axel y Andrei, Jouravlev (2001), *Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua: Desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el Capítulo 18 del Programa 21*, Santiago, CEPAL, LC/L.1660-P.
- Dourojeanni, Axel y Andrei, Jouravlev (1999), *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*, Santiago, CEPAL, LR/R.1948.
- Duncan, Robert B. (1973), "Multiple Decision-Making Structures in Adapting to Environment Uncertainty: The Impact on Organizational Effectiveness", en *Human Relations*, Vol. 26, pp. 273-291.
- European Environment Agency [EEA] (2009), *Urban waste water treatment: Assessment Report*. Copenhagen, Dinamarca. EEA/OECD.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) (2004): *Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*, Ginebra, EIRD.
- FAO (1996), *Climate and Food Security*, Roma; World Food Summit.
- FAO (2002), *World Agriculture: Towards 2015-2030, Summary Report*, Roma, FAO.
- Falkenmark, Malin (1986), "Fresh waters as a factor in strategic policy and action", en Westing, Arthur H. (ed.), *Global Resources and International Conflict*, Oxford, Oxford University Press, pp. 85-113.
- FEA et al. (2006), *El agua en México: lo que todas y todos debemos saber*, México, FEA/CEMDA/Alianza Mexicana por una nueva cultura del agua.
- Fischhoff, Baruch et al., (1981), *Acceptable Risk*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Fischhoff, Baruch et al., (1977), "Knowing with Certainty: The Appropriateness of Extreme Confidence" en *Journal of Experimental Psychology*, No. 3, pp. 552-564.
- Fischhoff, Baruch et al. (1982), "The Experienced Utility of Expected Utility Approaches" en Feather, N. (edit.), *Expectations and Actions: Expectancy-Value Models in Psychology*, Nueva Jersey, Lawrence Erlbaum.
- Foster M.J. y A.R. Lock (1990), "Factoring Effectiveness Factors", en *The Journal of the Operational Research Society*, en Vol. 41, No. 2, Febrero, pp. 111-117.
- Friedlander, Frank y H. Pickle (1968), "Components of Effectiveness in Small Organizations", en *Administrative Science Quarterly*, Vol. 13, pp. 289-304.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) (2007), *Sequías*, Madrid, FECYT.
- Galindo Cáceres, Jesús (1998) (comp.), *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación*, México, Addison Wesley Longman.
- GEMS/Water (1991), *Water Quality*, Londres, Earthwatch/WHO/UNEP.
- Georgopoulos, Basil S. y Arnold S. Tannenbaum (1957), "A Study of Organizational Effectiveness", en *American Sociological Review*, Vol. 22, pp. 534-540.
- Gibson, James L. et al. (1973), *Organizations : Structure, Process, Behavior*, Dallas, BPI.
- Giddens, Anthony (1990), *The Consequences of Modernity*, Cambridge, Cambridge Polity Press.
- Gleick, Peter (1990), "Environment, Resources, and International Security and Politics" en Arnett (ed.), *Science and International Security: Responding to a Changing World*, Washington, American Association for the Advancement of Science, pp. 501-523.
- Gleick, Peter, H. (1993), "Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security", en *International Security*, Vol. 18, No. 1, pp. 79-112.
- Gleick Peters, N.E. y M. Maybeck, (2000), "Water quality degradation effects on freshwater availability: Impacts of human activities, *International Water Resources Association*", *Water International*, Vol. 25, No. 2, pp. 185-193.
- Global Water Partnership (GWP) (2006), *La audacia de los pequeños pasos: Diez años de Global Water Partnership*, Suecia, GWP.
- Global Water Partnership (GWP) y Comité de Consejo Técnico (TAC) (2000), *Manejo Integrado de Recursos Hídricos, Background papers No. 4*, Estocolmo, GWP-TAC.
- Guttman, N.B., (1998): *Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index*. *Journal of American Water Resources Association*. Vol. 34. Pp. 113-121.
- Hacking, Ian (2001), *¿La construcción social de qué?*, Paidós, Barcelona.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007), "Summary for Policymakers". En: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press, Pp. 7-22.
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC), (1999): *Vulnerability and Capacity Assessment, An International Federation Guide*, Suiza, IFRC.

- Internacional Panel on Climate Change - IPCC, (2001), *Climate Change 2001: Síntesis Report, A Contribution of Working Groups*, Cambridge, University Cambridge Press.
- International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) (2004), *Living with risk - A global review of disaster reduction initiatives*, Geneva, UN-ISDR.
- Italian Ministry of Foreign Affairs and Italian Ministry for the Environment and Territory (2006), *Environmental Vulnerability, Monitoring and Governance of Risk Prevention Systems in the Water Sector*, Roma, IPALMO.
- International Water Management Institute [IWMI] y Food and Agriculture Organization [FAO] (2007), *Agua para la alimentación, agua para la vida: una evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura*. Londres-Sterling. David Molden/IWMI/FAO.
- Jasanoff, Sheila (1995), "Procedural Choices in Regulatory Science", en *Technology in Society*, No. 17, pp. 279-293.
- Jouravlev, Andrei (2003), *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 66, Santiago, CEPAL.
- Kasperson, Roger (1983), "Acceptability of Human Risk", en *Environmental Health Perspectives* No. 52, pp. 15-20.
- Kasperson, Roger (1995), *Regions at Risk*, UNU Studies on Critical Environment Regions, Tokyo, United Nations University Press.
- Katz, Daniel y Robert L. Kahn (1966), *The Social Psychology of Organizations*, Nueva York, John Wiley and Sons.
- Kerr, R. (1993), "El Niño metamorphosis throws forecast", en *Science*, No. 262, pp. 656-657.
- Kim, J. y C.W. Mueller (1978), *An Introduction to Factor Analysis: What it is and how to do it*, Beverly Hills, Sage.
- Krimsky, Seldom (1984), "Epistemic Considerations on the Value of Folk-Wisdom in Science and Technology", en *Policy Studies Review*, No. 3, pp. 349-373.
- Krimsky, Seldom y Dominic, Golding (edit.) (1992), *Social Theories of Risk*, Praeger, Londres.
- Krimsky, Seldom (1992), "The Role of Theory in Risk Studies" en Krimsky, Seldom y Dominic, Golding (edit.), *Social Theories of Risk*, Londres, Praeger.
- Lane, Jan.Erik (1995), *The Public Sector: Concepts, Models and Approaches*, Londres, SAGE Publications.
- Lavell, Alan (2004), *Mapping Vulnerability, Disasters, Development, and People*, Londres, Earthscan.
- _____ (2003), *Approaches to the construction of risk indicators at different spatial or territorial scales and the mayor components of indicator systems: conceptual basis, risks construction processes and practical implications*, Manizales, Institute of Environmental Studies/IDB-ECLAC.IES Programme.
- Lawrence, Paul R. y Jay Lorsch (1967), *Organization and Environment*, Boston, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University.
- Leibenstein, Havey (1966), "Allocative Efficiency vs. 'X-Efficiency'", en *American Economic Review*, Nashville, American Economic Association, 56, Jun. pp. 392-413.
- Lenton, R. (2004), *Water and climate variability: development impacts and coping strategies*, *Water Science and Technology*, Vol 49, No. 7, pp. 14-24.
- Lowi, Theodore (2000), "American Business, public policy, case-studies, and political theory", en Aguilar Villanueva, Luis (comp.) *La hechura de las políticas: Colección de Antologías*, México, Porrúa, pp. 89-117.
- Lowi, Miriam (1993), "Transboundary Resource Disputes: The Case of West Bank Water", en *International Security*, Vol. 18, No. 1, pp. 113-138.
- Luján, José Luis y José, López (2000), *Ciencia y política del riesgo*, Madrid, Alianza Editorial.
- Luhmann, Niklas (1992), *Sociología del riesgo*, México, Universidad Iberoamericana.
- Lupton, Deborah (1999), *Risk and sociocultural theory: New directions and perspectives*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Merryfield, William (2006), "Changes to ENSO under CO2 Doubling in a Multimodel Ensemble". En *Journal of Climate*, Vol. 19. Pp. 4009-2027.
- Milaré, Edis (1998) "Principios fundamentales de derecho del ambiente", en *Revista de Tribunales*, Vol. 756, p. 60-70.
- Mott, Paul (1972), *The Characteristics of Effective Organizations*, Nueva York, Harper and Row.
- Munda, G. (2003), *A Social Multi-Criterion Model*, Manizales, Institute of Environmental Studies/IDB-ECLAC-IES Programme.
- Negandhi, Anant R. y Bernard Reimann (1973), "Task Environment, Decentralization and Organizational Effectiveness", en *Human Relations*, Vol. 26, pp. 203-214.
- Nicholson, Walter (2000), *Teoría Microeconómica: Principios básicos y aplicaciones*, Madrid, Mc Graw Hill.
- OCDE y CEPAL (2005), *Evaluaciones del desempeño ambiental de la gestión del agua*, Santiago, OCDE/CEPAL.
- _____ (2003), *Improving Water Management: Recent OECD Experience*, Paris, OCDE.
- _____ (1987), *Pricing of Water Services*, OCDE.
- Óliver-Smith, A. (1998), "Global Changes and the Definition of Disaster", en Quarantelli, E. (ed.), *What is a disaster?*, Londres, Routledge.

- Petrick, Michel (1968), "The Supreme Court and Authority Acceptance", en *Western Policy*, No. 21, pp. 5-19.
- Pool, Robert (1997), *Beyond Engineering: How Society Shapes Technology*, Nueva York, Oxford University Press.
- Price, James L. (1972), "The Study of Organizational Effectiveness", en *Sociological Quarterly*, Vol. 13, pp. 3-15.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2005), "Indicadores GEO", en *Anuario GEO 2004-2005: Generalidades sobre nuestro cambiante entorno*, Nairobi, Programa GEO/PNUMA, p. 86-94.
- Rayner, Steve (1992), "Cultural Theory and Risk Analysis", en Krimsky, Sheldon y Dominic, Golding (edit.), *Social Theories of Risk*, Londres, Praeger.
- Renn, Ortwin (1992), "Concepts of Risk: A Classification", en Krimsky, Sheldon y Dominic, Golding (edit.), *Social Theories of Risk*, Londres, Praeger.
- Revista Tecnología Ambiental: Información Especializada en Ecología y Medio Ambiente (2006), IV Foro Mundial del Agua, Edición Especial, Año nueve.
- Rogers, Meter (2002), *Water governance*, Brasil, BID.
- Ruiz Dueñas, Jorge (1990), *Metodología de evaluación de la empresa pública: eficacia y eficiencia*, México, UAM
- Rummel, R.J. (1970), *Applied Factor Analysis*, Evanston, Northwestern University Press.
- Satterthwaite, David. (1998), "Ciudades sustentables o ciudades que contribuyen al desarrollo sustentable", en *Estudios Demográficos y Urbanos*, México, COLMEX, vol. 13, núm. 37, pp. 5-46.
- Schult, R. (2001), *Investigating the Social World: The Process and Practice of Research*, Nueva York, Pine Forge Press.
- Schwarz, Michiel y Michel Thompson (1990), *Divided We Stand: Redefining Politics, Technology and Social Choice*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Shrader-Frechette, K.S. (1985), *Risk Analysis and Scientific Method: Methodological and Ethical Problems with Evaluating Societal Hazards*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company.
- Simon, Herbert Alexander (1983), *Models of bounded rationality*, Cambridge, MIT.
- Slovic, Paul (1992), "Perception of Risk: Reflections on the Psychometric", en Krimsky, Sheldon y Dominic, Golding (edit.), *Social Theories of Risk*, Londres, Praeger.
- Smith, Keith (1992), *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*, Londres, Routledge.
- Solanes, Miguel y Andrei Jouravlev (2005), *Integrando economía, legislación y administración en la gestión del agua y sus servicios en América Latina y el Caribe*, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 101, Santiago, CEPAL.
- Spellman, Frank R. (2008), *The Science of Water: Concepts and Applications*, CRC Press-Taylor & Francis Group. Boca Raton-London-New York.
- Starr, Chauncey (1969), "Social Benefit versus Technological Risk: What is Our Society Willing to Pay for Safety?" en *Science*, No. 165, pp. 1232-1238.
- Steers, Richard M. (1975), "Problems in the Measurement of Organizational Effectiveness" en *Administrative Science Quarterly*, Vol. 20, No. 4, pp. 546-558.
- Stiglitz, Joseph E. (1988), *La economía del Sector Público*, Barcelona, Antoni Bosh.
- Stockholm Environment Institute (SEI) (1997), *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World-Water Future Assessment of Long-Range Patterns and Problems*, Estocolmo, SEI.
- Suez (2006), *Acción local*, París, Suez/SPDA, LA.1362.
- Tate, Donald M. (1994), "Principles of Water Use Efficiency", en *Seminar on Efficient Water Use*, México, UNESCO.
- Thywissen, Katharina (2006), *Components of Risk: A Comparative Glossary*, Bornheim, UNU-EHS.
- Turner, B. L. et al. (2003), "A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science", en *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, Vol. 100, No. 14.
- United Nations Development Programme – UNDP (2004), *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*, Washington, John S. Swift Company.
- UNESCO (2000), *Solving the Puzzle: The ecosystem approach and biosphere reserves*, París, UNESCO.
- Van Meter, Donald y Carl, Van Horn (1993), "El proceso de implementación de las políticas: Un marco conceptual", en Aguilar Villanueva, Luis (comp.), *La implementación de las políticas*, México, Porrúa, pp. 97-146.
- Varis, Olli (2003), "Escasez de agua y vulnerabilidad", en Ávila, Patricia (comp.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI*, Michoacán, El Colegio de Michoacán/IMATA/Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente.
- Valles, Miguel S. (1997), *Técnicas Cualitativas de investigación social: reflexión metodológica y práctica profesional*, Madrid, Editorial Síntesis.
- Villagrán, Juan Carlos (2006), *Vulnerability Assessment in the Context of Disaster-Risk: A Conceptual and Methodological Review*, Bonn, UNU-EHS.
- ____ (2001), *La naturaleza de los riesgos, un enfoque conceptual*, Guatemala, Aportes para el Desarrollo Sostenible/CIMDEN.

- Webb, Ronald J. (1974), "Organizational Effectiveness and the Voluntary Organization", en *Academy of Management Journal*, Vol. 17, pp. 663-667.
- WHO-UNICEF (2000), *Global Water Supply Sanitation Assessment 2000 Report*, Nueva York, WHO/UNICEF.
- WHO (2004), *Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment*, Geneva, WHO.
- Wiesner Durán, Eduardo (1998), *La efectividad de las políticas públicas en Colombia: un análisis neoinstitucional*, Bogotá, Tercer Mundo Editores.
- Wilches-Chaux, Gustavo (1993), "La vulnerabilidad global", en *Los desastres no son naturales*, en Maskrey, Andrew (comp.), *Los desastres no son naturales*, Bogotá, LA RED/ITDG.
- Wilson, Richard (1984), "Risk and Their Acceptability" en *Science, Technology and Human Values*, Vol, 9, No. 2, Londres, Sage.
- World Water Assessment Program [WWAP] (2001), *El Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos: Al servicio del desarrollo, el fortalecimiento de capacidades y el medio ambiente*. París. UNESCO/WWAP.
- _____ (2003), *Water for People, Water for Life: The United Nations World Water Development Report*, Washington, WWAP/UN/UNESCO.
- _____ (2006), *Water a shared responsibility, The United Nations World Water Development Report*, Paris, WWAO, UNESCO, Berghahn Books.
- World Water Council [WWC] y Conagua (2006), *IV Foro Mundial del Agua. Documentos Temáticos: Ejes temáticos y perspectivas transversales*, México, WWC/Conagua.
- _____ (2006a), *IV Foro Mundial del Agua. Agua para el crecimiento y el desarrollo, Documento Temático, Eje Temático 1*, México, WWC/Conagua, p. 5-43.
- _____ (2006b), *IV Foro Mundial del Agua. Implementación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), Documento Temático, Eje Temático 2*, México, WWC/Conagua, p. 55 - 76.
- _____ (2006c), *IV Foro Mundial del Agua. Agua y saneamiento para todos, Documento Temático, Eje Temático 3*, México, WWC/Conagua, p. 87 - 141.
- _____ (2006d), *IV Foro Mundial del Agua. Agua para la alimentación y el medio ambiente, Documento Temático, Eje Temático 4*, México, WWC/Conagua, p. 147 - 159.
- _____ (2006e), *IV Foro Mundial del Agua. Manejo de Riesgos, Documento Temático, Eje Temático 5*, México, WWC/Conagua, p. 163-225.
- _____ (2006f), *IV Foro Mundial del Agua. Establecimiento de metas, monitoreo y evaluación de la instrumentación, Documento Temático, México, WWC/Conagua, p. 333-367.*
- World Resources Institute (WRI) et al. (1997), *Freshwater trends: Will future needs be meet?*, World Resources 1996-1997, *The urban environment*, World Resources Institute, United Nations Environment Programme, United Nations Development Programme and World Bank.
- Young, Gordon, et al. (2006), *Establecimiento de Metas, Monitoreo y Evaluación de la Instrumentación, IV Foro Mundial del Agua, Documento del eje temático 2*, WWC/CONAGUA.
- Young, Gordon, Dooge, James y John Rodda (1994), *Global Water Resources Issues*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Zammuto, Raymond (1984), "A Comparison of Multiple Constituency Models of Organizational Effectiveness" en *The Academy of Management Review*, Vol. 9, No. 4, Octubre, pp. 606-616.

Capítulo 2. Historia de los riesgos relacionados con el agua en la capital del país y las obras hidráulicas para resolverlos

- Academia de la Investigación Científica, et al., (1995), *El agua y la Ciudad de México: Abastecimiento y drenaje, calidad, salud pública, uso eficiente, marco jurídico e institucional*, México, Academia de la Investigación Científica.
- Aguilar, Adrián Guillermo (2000), "Localización Geográfica de la Cuenca", en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 31-37.
- Birrichaga Gardida, Diana (1998), "Las empresas de agua potable en México", en Suárez Cortez, Blanca Estela (coord.), *Historia de los usos del agua en México: Oligarquías, empresas y ayuntamientos, 1840-1940*, México, CNA/CIESAS/IMTA, pp. 183-225.
- Calderón Mólgora, César G (2002), *Unidad didáctica para la aplicación de la NOM-003-Ecol-1997, que establece los límites permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público*, IMTA/Semarnat/Conagua
- Camacho Pichardo, Gloria (1998), "Proyectos hidráulico en las lagunas del Alto Lerma", en Suárez Cortez, Blanca Estela (coord.), *Historia de los usos del agua en México: Oligarquías, empresas y ayuntamientos, 1840-1940*, México, CNA/CIESAS/IMTA, pp. 273-279.

- Chávez, Mónica (1994), "La ciudad de agua: los aztecas", en *El agua en el México Antiguo*, Salvat, México, pp. 59-79.
- Conagua (2008a), *Estadísticas del Agua en México 2008*, México. Gobierno Federal/Semarnat/Conagua.
- Conagua (2008b), *Se publican para consulta pública las normas oficiales mexicanas 014 y 015 para regular la recarga e infiltración artificial de agua a los acuíferos*, Comunicado de Prensa 145-08, México, Conagua/Semarnat, pp. 1-2.
- Conagua y Semarnat (2006), *Hacia una estrategia de manejo sustentable del agua en el Valle de México y su zona metropolitana*, Conagua/Semarnat/WWC, México.
- Conagua y Semarnat (2003), *Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala*, México, Conagua/Semarnat.
- _____ (1997), *Sistema Cutzamala: Agua para millones de mexicanos*, México, Conagua
- Conolly, Priscilla (1997), *El contratista de Don Porfirio: Obras públicas, deuda y desarrollo desigual*, México, FCE/ Colegio de Michoacán/UAM.
- Department of Health and Senior Services (2003) *Communicable Disease Service Manual, Chapter 3. Vibriosis (Non V. Cholerae)*, New Jersey, New Jersey Department of Health and Senior Services Pp. 1-6.
- DGCOH (1995), *Plan Maestro de Drenaje*, DGCOH-DDF, México.
- Escalante, Violeta et al., (2002), *Valoración del Mercado para el reúso del agua residual tratada: Informe final*, Cuernavaca, IMTA/Conagua.
- Espinosa Pineda, Gabriel (1996), *El embrujo del lago: El sistema lacustre de la cuenca de México en la cosmovisión mexicana*, México, UNAM.
- Esteller, Ma. Vicenta (2000), *Capítulo 14. Reutilización de las aguas residuales en México*. En Antón, Danilo y Carlos Díaz Delgado (Edit.), *Sequía en un mundo de agua*, San José/Toluca, CIRA-UAEM/ Piriguazú.
- Ezcurra, Ezequiel (1990), *De las chinampas a la megalópolis: El medio ambiente en la Cuenca de México*, FCE, México.
- Frías, Manuel (2000), "Abastecimiento de agua para la Cuenca del Valle de México", en Mazari, Marcos (comp.), *Dualidad población-agua: Inicio del tercer milenio*, México, El Colegio Nacional, pp. 41-86.
- Gamboa de Buen, Jorge (1994), *Ciudad de México: una visión*, México, FCE.
- Garza, Gustavo (2000), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF.
- Gayón Córdova, María (2000), "Servicios públicos en el siglo XIX", en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 131-136.
- GDF (2007), *Código Financiero del Distrito Federal*, México, GDF.
- _____ (2000a), *Sistemas de drenaje*, en: <http://www.df.gob.mx/secretarias/obras/cuaderno/drenaje.html> [consultado en febrero, 2007]
- _____ (2000b), *Aguas residuales*, en: <http://www.df.gob.mx/secretarias/obras/cuaderno/aguaresidual.html> [consultado en febrero, 2007]
- _____ (1997), *Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal*, México, GDF.
- GEM (2004), *El agua como eje del desarrollo*, Toluca, GEM.
- Gutiérrez de MacGregor, Ma. Teresa et al. (2005), "La Cuenca de México y sus cambios demográfico-espaciales", en *Temas Selectos de Geografía de México*, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM, Num. 50, México, UNAM/Facultad de Geografía, pp. 77-91.
- INEGI (2004), *Censo Económico 2004: Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua*, Aguascalientes, INEGI.
- _____ (2003), *Anuario Estadístico del Distrito Federal*, Aguascalientes, INEGI.
- _____ (2002), *Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002*, Aguascalientes, INEGI.
- _____ (2000), *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*, Aguascalientes, INEGI.
- Izazola, Haydee (2001), "Agua y sustentabilidad en la Ciudad de México", en *Estudios Demográficos y Urbanos*, Vol. 16, No. 1, pp. 285-320.
- Lemoine Villcaña, Ernesto (1978), *El Desagüe del Valle de México durante la época independiente*, México, UNAM.
- Lombardo de Ruiz, Sonia (2000), "Evolución de México-Tenochtitlán", en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 93-97.
- Lombardo de Ruiz, Sonia (2000), "La muy noble, insigne y muy leal e imperial Ciudad de México", en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 98-102.
- _____ (2000), "Institucionalización de la vida colonial, 1600-1750", en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 103-108.
- _____ (2000), "Gestión de la ciudad moderna en el siglo XVIII", en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 109-115.
- López Hernández, Ramón y Armando Ortiz Rendón (2004), "Agua residual tratada: Estímulos para el uso del agua residual tratada en el Distrito Federal" en Martínez Omaña, Ma. Concepción, *Gestión del agua en el Distrito Federal: retos y propuestas*, México, PUEC/UNAM

- Márquez, Morfín (1994), *La desigualdad ante la muerte en la Ciudad de México: el tifo y el cólera*, México, Siglo XXI.
- Mazari-Hiriart, Marisa et al. (2005), *Longitudinal Study of Microbial Diversity and Seasonality in the Mexico City Metropolitan Area Water Supply System*, en *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 71, No. 9, September 2005, p. 5129 – 5137.
- Mazari, Marcos (1996), *Agua vs población*, México, El Colegio Nacional.
- Mazari Menzer, Marcos (1996), *La Isla de los Perros*, El Colegio Nacional, México.
- Mazari, Marcos y Jesús Alberro (1990), “Hundimientos de la Ciudad de México”, en Jesús Kumate y Marcos Mazari (coords.), *Problemas de la Cuenca de México*, México, El Colegio Nacional.
- Merino, Hector (2000), “El sistema hidráulico de la Ciudad de México”, en Gustavo Garza (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo Milenio*, México, El Colegio de México/Gobierno del Distrito Federal.
- Meyer, Lorenzo (1991), *Su majestad británica contra la Revolución Mexicana, 1900-1950*, COLMEX, México.
- Morales, María Dolores (2000), “Expansión urbanística entre 1858 y 1910”, en Garza, Gustavo (coord.), *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*, México, COLMEX/GDF, pp. 116-123.
- Musset, Alain (1996), “De Tlálóc a Hipócrates: El agua y la organización del espacio en la Cuenca de México, Siglos XVI-XVIII”, en Tortolero Villaseñor, Alejandro (coord.), *Tierra, agua y bosques: Historia y medio ambiente en el México central*, Instituto Mora/Universidad de Guadalajara/Potrerrillos.
- _____, (1992), *El agua en el Valle de México, siglos XVI-XVIII*, México, CEMCA.
- Perló Cohen, Manuel (1999), *El paradigma porfiriano: Historia del desagüe del valle de México*, México, UNAM/ Editorial Porrúa.
- Perló Cohen, Manuel y Arsenio Ernesto González Reynoso (2005), *¿Guerra por el agua en el Valle de México?: Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*, México, PUEC/UNAM/Friedrich Ebert Stiftung.
- Ramírez, Carlos (1990), “El agua en la Cuenca de México”, en Kumate, Jesús y Marcos, Mazari (coords.), *Problemas de la Cuenca de México*, México, El Colegio Nacional, pp.61-80.
- Rodríguez Kuri, Ariel (1996), *La experiencia olvidada. El ayuntamiento de México: política y gobierno, 1876-1912*, UAM-Azcapotzalco/COLMEX, México.
- Ramos, Alejandro (2009), “Arman 6 tratadoras de agua”, en *Periódico Reforma*, 8 de marzo de 2009, p. 4.
- Rodríguez Kuri, Ariel (1993), “D.F.: la gestión del agua, un viejo dilema”, *Ciudades*, No. 11, pp. 31-35.
- Romero Lankao, Patricia (1994), “Ciudad Ley Federal de Derechos (LFD)”, *Diario Oficial Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*, *Diario Oficial de México: Problemas socioambientales en la gestión del agua*, en Yúnez-Naude, Antonio (comp.), *Medio ambiente: Problemas y soluciones*, México, UAM-Xochimilco.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) (1969), “Influencia de los pozos artesianos en el hundimiento de la Ciudad de México”, en Nabor Carrillo, *El hundimiento de la Ciudad de México y Proyecto de Texcoco*, México, SHCP.
- Sedesol (2003), *Revisión y actualización del Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (POZMCM): Propuesta de alcances técnico*, México, Sedesol, Pp. 1-12.
- Semarnat (2008), *Volumen de recarga y extracción de acuíferos sobreexplotados: Compendio 2008*. México, Semarnat/Conagua-Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Semarnat (2006), *Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) 2006*, México, Semarnat.
- Semarnat y Conagua (2003), *Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala*. México, Semarnat y Conagua.
- Simón, Joel (1997), *México en Riesgo: Un medio ambiente al borde del abismo*, México, Editorial Diana.
- SMA (2000), *Estudio para la recarga del acuífero en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. Resumen Ejecutivo*, México, SMA.
- Suárez Cortes, Blanca Estela (coord.) (1998), *Historia de los usos del agua en México. Oligarquía, empresas y ayuntamientos (1840-1940)*, México, CIESAS/IMTA.
- Tortolero Villaseñor, Alejandro (2000), *El agua y su historia*, México, Siglo XXI.

Capítulo 3. Responsabilidades, estrategias y acciones: la doble racionalidad en la gestión

- Conagua y Semarnat (2003), *Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala*, México, Conagua/Semarnat.
- Perló Cohen, Manuel (1999), *El paradigma porfiriano: Historia del desagüe del valle de México*, México, UNAM/ Editorial Porrúa.
- Tortolero Villaseñor, Alejandro (2000), *El agua y su historia*, México, Siglo XXI.

1. Leyes, reglamentos y normas

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, última reforma 2006 de la Federación (1981), última reforma en 2006*

Ley de Aguas Nacionales (LAN), Diario Oficial de la Federación (1992), última reforma en 2004
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (RLAN), Diario Oficial de la Federación (1992), última reforma de la Federación (1988), última reforma 2006.
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Diario Oficial de la Federación (1988), última reforma 2006.
Estatuto de Gobierno del Distrito Federal (EGDF), Diario Oficial (1994), última reforma 2006
Oficial del Distrito Federal (2003), Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal (LODF), Diario Oficial de la Federación (1998), última reforma 2007.
Ley de Aguas del Distrito Federal (LADF), Gaceta última reforma en 2006.
Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal (RSADDF), Diario Oficial de la Federación (1990), última reforma 1997.
Ley Ambiental del Distrito Federal (LAMDF), Gaceta Oficial del Distrito Federal (2000), última reforma en 2004.
Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal (LAMDF), Gaceta Oficial del Distrito Federal (2000), última reforma en 2004.
Código Financiero del Distrito Federal (CFDF), Gobierno del Distrito Federal, Secretaría de Finanzas (2007).
Ley General de Protección Civil (LGPC), Diario Oficial de la Federación (2000), última reforma, 2006.
Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación (RISEGOB), Diario Oficial de la Federación (2000), última reforma, 2006.
Ley de Protección Civil para el Distrito Federal (LPCDF), Gaceta Oficial del Distrito Federal (2002).
Reglamento de la Ley de Protección Civil del Distrito Federal (RLPCDF), Gaceta Oficial del Distrito Federal (2002).

2. Planes y programas

Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2007).
Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2001).
Programa Nacional Hidrico 2007-2012, Conagua (2007).
Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, Conagua (2001).
Programa Hidráulico de la Región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, 2001-2006, Conagua (2001).
Programa Nacional de Protección Civil 2007-2012, Líneas estratégicas de acción, Segob (2007).
Programa Nacional de Protección Civil 2001-2006, Segob (2001).
Programa General de Protección Civil para el Distrito Federal 2007-2012, Líneas estratégicas de acción, Segob-DF (2007).
Programa General de Protección Civil para el Distrito Federal 1998-2000, DGPC (1998)
Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010, DDF/CADF/DGCOH (1995)
Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1994-2010, DGCOH (1997).

3. Referencias Hemerográficas

Asamblea Legislativa del Gobierno del Distrito Federal (2005), Necesario programa de atención emergente ante posible colapso del drenaje profundo, en Boletín de la Asamblea Legislativa del Gobierno del Distrito Federal, 11 de marzo de 2005, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: http://martha.org.mx/aldf/boletines/c_drenaje.htm]
Bolaños, Ángel (2007), Ebrard: el drenaje profundo del DF, una prioridad de mi gobierno, en La Jornada en línea, 27 de junio de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: <http://www.jornada.unam.mx/2007/06/27/index.php?section=capital&article=036n1cap>]
Delgado, Martha (2005), La crisis del drenaje profundo, en El Reforma, 10 de abril de 2005, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: http://martha.org.mx/aldf/articulos/articulos/c_crisisdrenaje.htm]
Durán, Manuel (2007), Urgen a Calderón a invertir en drenaje, en El Reforma, 13 de septiembre de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: <http://www.agua.org.mx/content/view/2540/89/>]
Enciso, Angélica (2007), Luege acusa al GDF de utilizar en otra cosa recursos para el desazolve, en La Jornada en línea, 5 de julio de 2007, pp. 1-5 [Consultada el 7 de agosto de 2009: <http://www.jornada.unam.mx/2007/07/05/index.php?section=politica&article=018n1pol>]
Lagunas, Icela y Ella Grajeda (2007), Entra el túnel en coma profundo, en El Universal en línea, 5 de septiembre de 2007, pp. 1-3 [Consultada el 15 octubre de 2007: <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/86465.html>]
Gómez, Nayeli (2007), Sistema hidráulico de la ciudad confronta a la CNA y al GDF, en La Crónica, 27 de agosto de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 7 de agosto de 2009:

- <http://www.planetaazul.com.mx/www/2007/08/27/sistema-hidraulico-de-la-ciudad-confronta-a-la-cna-y-al-gdf/>
- Gómez, Nayeli (2007a), *Admiten que el drenaje profundo está a su límite*, en *La Crónica*, 24 de agosto de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 7 de agosto de 2009: http://cronica.com.mx/nota.php/notaImprimir.php?id_notas=319048]
- Martínez Gómez, Lorenzo (2007), *El drenaje profundo... el factor corrosión*, en *La Crónica*, 25 de julio de 2007, pp. 1-3 [Consultada el 15 octubre de 2007: http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_notas=313847]
- Mejía, Francisco (2008), *Desde 1995 alertaron del alto riesgo*, en *Milenio en línea*, 16 de noviembre de 2008, pp. 1-2 [Consultada el 7 de agosto de 2009: <http://impreso.milenio.com/node/7081752>]
- Mejía, Francisco (2007a), *El Drenaje Profundo, una amenaza permanente*, en *Milenio en línea*, 14 de septiembre de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: <http://www.milenio.com/mexico/milenio/nota.asp?id=548518&sec=29>]
- Mejía, Francisco (2007b), *La reparación del Drenaje Profundo será hasta 2008*, en *Milenio en línea*, 28 de agosto de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 7 de agosto de 2009: <http://www.milenio.com/mexico/milenio/nota.asp?id=543050>]
- Mejía, Francisco (2007c), *Historia anunciada: Drenaje Profundo*, en *Milenio en línea*, 28 de junio de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: <http://www.iingen.unam.mx/Lists/El%20IIUNAM%20en%20prensa/DispForm.aspx?ID=14>]
- Páramo, Arturo (2007), *Van ocho episodios críticos en el drenaje*, en *El Excelsior*, 1 de septiembre de 2007, pp. 1 [Consultada el 15 octubre de 2007: <http://noticiasdelagua.blogspot.com/2007/09/urgen-caldern-invertir-en-drenaje.html>]
- Peralta, Leonardo (2009), *Ciudad bajo las aguas*, *Revista Quo*, 26 de marzo de 2009, pp. 62-68.
- Roldán, Nayeli (2007), *Luege pide ayuda de la iniciativa privada*, en *Milenio en línea*, 4 de octubre de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 7 de agosto de 2009: <http://noticiasdelagua.blogspot.com/2007/10/luege-pide-ayuda-de-la-iniciativa.html>]
- Téllez Cortés, Cecilia (2007), *El riesgo de que truene el drenaje profundo es "muy alto"; el centro y el oriente del DF se inundarían 5 metros*, en *La Crónica*, 10 de julio de 2007, pp. 1-2 [Consultada el 15 octubre de 2007: http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_notas=311156]

Capítulo 4. Evaluación de los riesgos generados por la gestión del agua en el Distrito Federal

- American Society for Testing and Materials (ASTM) (1985), Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book, Washington, ASTM.*
- Ayala Caicedo, F. (2002), Riesgos Naturales, Ed. Ariel, Barcelona.*
- Blaikie, P. (1995), Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres, La Red, Panamá.*
- Beck, U. (1998), La sociedad del riesgo global, Ed. Paidós, Barcelona.*
- Burton, I. (1968), "The quality of the environment: a review", en The Geographical Review, Nueva York, Vol. 58, pp. 472- 481.*
- Burton, I., Kates, R. y White, G. (1978), The Environment as Hazard, Oxford, University Press.*
- Calvo García-Torrel, F. (1984), La Geografía de los riesgos, Geocrítica No. 54, Universidad de Barcelona. Barcelona.*
- Cenpared y Segob (2006), Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos hidrometeorológicos, México, Cenapred/Sinaproc.*
- Collins C., Lyne P. y J. Grange (1995), Microbiological Methods, Butterworth Heinemann, Londres.*
- Conagua (2006), Inventario Nacional de Plantas Potabilizadoras, México, Conagua/Semarnat.*
- Conagua (2006a), Estadísticas del agua, México, Conagua/Semarnat.*
- Conagua (2008), Estadísticas del agua, México, Conagua/Semarnat.*
- EPA (Environmental Protection Agency) (1998), National Primary Drinking Water Regulations; Disinfectants and Disinfection Byproducts; Proposed Rule, Washington, EPA.*
- (1994), National Primary Drinking Water Regulations; Disinfectants and Disinfection Byproducts; Proposed Rule, Washington, EPA.*
- INEGI (2009), Estadísticas a propósito del Día Mundial del Medio Ambiente: Datos del Distrito Federal, México, INEGI.*
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales y Agenda Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (2006), Inundaciones Fluviales y Mapas de Amenazas: Recomendaciones técnicas para su elaboración, Managua, COSUDE/INETER.*
- Kumar Mishra, Surendra y Vijay P. Singh (2003), Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology, Water Science and Technology Library, Kluwer Academic Publishers, Holanda.*

- Lynch J. y N. Poole (Eds) (1980), "Water pollution and its prevention", en *Microbial Ecology: A conceptual approach*, Londres, Brackwell Scientific Publications, pp. 226-245.
- Malilay, Josephine (2000), "Inundaciones", en Noji, Eric K (Ed), *Impacto de los desastres en la salud pública*, Washington, D.C., Organización Panamericana de la Salud, pp. 287-302.
- Metcalf, T.G. et al. (1995), "Environmental virology: From detection of virus in sewage and water by isolation to identification by molecular biology - A trip over 50 years". *Annual Review of Microbiology*, Núm. 49, pp. 461-487.
- National Research Council, *Academia de la Investigación Científica y Academia Nacional de Ingeniería* (1995), *El suministro de agua en la Ciudad de México: Mejorando la sustentabilidad*, México, Academia de la Investigación Científica y Academia Nacional de Ingeniería.
- Organización Mundial de la Salud (1984), *Guías para la calidad del agua potable*, Tomo I, Washington, D.C., Organización Mundial de la Salud.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2006), *Hospitales seguros ante inundaciones*, Serie Mitigación de Desastres, Washington, OPS.
- Prestby, J. et al. (1990), "Benefits, costs, incentive management and participation in voluntary organizations: a means to understanding and promoting empowerment", en *American Journal of Community Psychology*, Vol. 18, No. 1, pp. 117-149.
- Prieto Bolívar, Carlos Jaime (2004), *El agua: sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación*, Bogotá, Ecoe Ediciones.
- Rodrigo, A. et al. (2005), "Virus entéricos en alimentos: incidencia y métodos de control", en *Seguridad alimentaria*, abril-junio, 2007, pp. 82-86.
- Rose, J.B., et al. (1991), "Survey of potable water supplies for *Cryptosporidium* and *Giardia*", en *Environmental Science and Technology*, Vol 6, No. 256, pp. 1303-1310.
- Majewski, W. (2006), "Measures and solutions for flood management Local case", en Van Alphen, Jos et al. (Eds.), *Floods, from Defence to Management*, Londrés, Taylor and Francis Group.
- World Health Organization (WHO). *Guidelines for drinking-water quality: recommendations. Volume 1. 3rd ed.* Geneva: WHO.
- Zimmerman, M. y J. Rappaport (1998): "Citizen participation, perceived control, and psychological empowerment", en *American Journal of Community Psychology*, Vol. 6, No. 5, pp. 725-751.

Agebs	<i>Áreas Geoestadísticas Básicas</i>
BID	<i>Banco Interamericano de Desarrollo</i>
CADAM	<i>Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana</i>
CCA	<i>Consejos Consultivos del Agua</i>
CCVM	<i>Consejo de Cuenca del Valle de México</i>
Cenapred	<i>Centro Nacional de Prevención de Desastres</i>
CEPAL	<i>Comisión Económica para América Latina y el Caribe</i>
CGPC	<i>Coordinación General de Protección Civil</i>
Cisen	<i>Centro de Investigación y Seguridad Nacional</i>
CNPC	<i>Consejo Nacional para la Protección Civil</i>
COLMEX	<i>El Colegio de México</i>
Conagua	<i>Comisión Nacional del Agua</i>
CMUSA	<i>Comité Mexicano para el Uso Sustentable del Agua</i>
DF	<i>Distrito Federal</i>
DGFND	<i>Dirección General para el Fondo de Desastres Naturales</i>
DGPC-DF	<i>Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal</i>
EIRD	<i>Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)</i>
IAF	<i>Índice de Amenazas Físicas</i>
IBS	<i>Índice de Bienestar Social</i>
ICA	<i>Índice de Eficacia para Garantizar la Calidad del Agua</i>
ICE	<i>Índice de Capacidades Económicas</i>
IED	<i>Índice de Eficacia en el Servicio de Drenaje</i>
IEDF	<i>Instituto Electoral del Distrito Federal</i>
IEGA	<i>Índice de Eficacia en la Gestión del Agua</i>
IES	<i>Índice de Eficacia en el Suministro de Agua</i>
IMTA	<i>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua</i>
INE	<i>Instituto Nacional de Ecología</i>
IPN	<i>Instituto Politécnico Nacional</i>
IRPA	<i>Índice de Representación Política y Atención Gubernamental</i>
JGDF	<i>Jefe de Gobierno del Distrito Federal</i>
NOM	<i>Normas Oficiales Mexicanas</i>
OCAVM	<i>Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México</i>
OMS	<i>Organización Mundial de la Salud</i>
PAI	<i>Plan de Acción Inmediata</i>
PGPCDF	<i>Programa General de Protección Civil del Distrito Federal</i>
PHN	<i>Programa Hídrico Nacional</i>
PMAP	<i>Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal</i>
PMD	<i>Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México</i>
PND	<i>Plan Nacional de Desarrollo</i>
PNPC	<i>Programa Nacional de Protección Civil</i>
PNUMA	<i>Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente</i>
RCAL	<i>Índice de Riesgos por el Incumplimiento de los Estándares de Calidad del Agua</i>
RCB	<i>Análisis Riesgo-Costo-Beneficio</i>
RDREN	<i>Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Prestación del Servicio de Drenaje</i>
RIGA	<i>Índice de Riesgos por la Ineficacia en la Gestión del Agua</i>
RSUM	<i>Índice de Riesgos por la Ineficacia en el Suministro de Agua</i>
SACM	<i>Sistema de Aguas de la Ciudad de México</i>
Sedesol	<i>Secretaría de Desarrollo Social</i>
Segob	<i>Secretaría de Gobernación</i>
Semarnat	<i>Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales</i>
SIG	<i>Sistema de Información Geográfico</i>
Sinaproc	<i>Sistema Nacional de Protección Civil</i>
SGM	<i>Servicio Geológico Mexicano</i>
SMN	<i>Servicio Meteorológico Nacional</i>
SPCDF	<i>Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal</i>
UAM	<i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>
UDPC	<i>Unidades Delegacionales de Protección Civil</i>
UNAM	<i>Universidad Nacional Autónoma de México</i>
VIGA	<i>Índice de Vulnerabilidad ante la Ineficacia en la Gestión del Agua</i>
ZMCM	<i>Zona Metropolitana del Valle de México</i>

Anexo I. Información estadística

Cuadro A. Dotación¹ y consumo promedio total por habitante en el DF

Delegación	Dotación total (l/hab/día)	Consumo 2000 (l/hab/día)		Dotación total (l/hab/día)	Consumo 2005 (l/hab/día)	
		Total	Doméstico		Total	Doméstico
Azcapotzalco	323	211.29	143.33	342	228.68	161.44
Gustavo A. Madero	347	202.37	152.74	362	218.33	170.66
Alvaro Obregón	431	238.30	204.98	349	181.44	151.82
Benito Juárez	463	296.60	170.49	477	302.97	181.46
Cuajimalpa	686	297.95	263.86	657	359.38	331.58
Cuauhtémoc	491	330.49	143.26	340	201.46	71.67
Miguel Hidalgo	491	320.33	308.95	509	332.32	320.52
Iztacalco	318	203.53	138.37	333	218.57	154.96
Iztapalapa	269	179.10	139.13	242	161.96	127.33
Venustiano Carranza	329	223.28	135.04	348	239.32	150.74
Coyoacán	317	210.35	179.94	331	219.23	189.85
Magdalena Contreras	460	344.95	181.85	434	331.01	188.52
Tlalpan	286	197.35	174.98	167	95.57	76.90
Tláhuac	247	172.20	137.08	198	144.18	120.01
Milpa Alta	343	186.43	149.15	258	151.72	127.31
Xochimilco	270	184.60	154.18	153	90.57	68.72
Distrito Federal	351	223.13	164.55	317	200.01	149.72

¹ Volumen de agua por habitante, incluyendo lo que consumen en la realización de sus actividades, así como la cantidad perdida en las fugas.
Fuente: SACM, 2008.

Cuadro B. Acceso al servicio de agua en el DF por delegación

Delegación	Viviendas totales	Acceso a la red pública			Acceso por acarreo			No disponen de agua			
		Total	Dentro vivienda	Dentro predio	Total	Llave pública hidrante	Otra vivienda	Total	Pipas y otras	Pozo, río o arroyo	No especifica
Alvaro Obregón	178 647	97.29	90.01	7.29	0.61	0.50	0.11	0.67	0.54	0.12	1.43
Azcapotzalco	111 064	98.28	92.68	5.60	0.46	0.42	0.04	0.05	0.05	0.01	1.21
Benito Juárez	114 636	98.98	98.33	0.65	0.06	0.04	0.02	0.01	0.00	0.01	0.96
Coyoacán	167 157	98.46	91.14	7.33	0.22	0.18	0.04	0.04	0.03	0.01	1.28
Cuajimalpa de Morelos	41 419	95.53	79.48	16.06	1.46	0.91	0.55	1.55	0.94	0.61	1.46
Cuauhtémoc	149 755	98.69	96.49	2.20	0.29	0.23	0.05	0.02	0.01	0.01	1.01
Gustavo A. Madero	297 909	98.55	88.08	10.47	0.28	0.22	0.06	0.24	0.23	0.01	0.92
Iztacalco	99 802	98.89	92.06	6.83	0.15	0.09	0.07	0.03	0.03	0.00	0.93
Iztapalapa	433 493	98.02	81.34	16.68	0.35	0.25	0.10	0.80	0.79	0.01	0.83
Magdalena Contreras	57 801	94.57	80.49	14.08	1.45	1.15	0.30	3.26	0.57	2.70	0.72
Miguel Hidalgo	98 868	99.15	94.76	4.39	0.14	0.10	0.04	0.01	0.01	0.01	0.70
Milpa Alta	26 563	87.01	52.70	34.31	4.07	1.91	2.15	8.43	8.03	0.39	0.50
Tláhuac	82 246	97.67	76.01	21.65	0.72	0.29	0.43	1.20	1.14	0.06	0.42
Tlalpan	148 864	90.03	72.14	17.89	0.82	0.55	0.27	7.90	7.58	0.32	1.25
Venustiano Carranza	114 14	98.71	93.13	5.58	0.20	0.17	0.03	0.01	0.01	0.00	1.09
Xochimilco	92 713	89.79	64.87	24.92	3.08	2.20	0.88	6.65	6.07	0.58	0.48

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Distrito Federal y Anuarios Estadísticos de las delegaciones, 2005-2007.

Cuadro C. Plantas de potabilización y tratamiento en el DF

Plantas potabilizadoras				Plantas de tratamiento						
Delegación	Total	Capac*	V.potabilizado*	Delegación	Total	1río	2río	3río	Capac*	V. tratado*
Iztacalco	2	50.9	47.7	Azcapotzalco	1	0	0	1	25	21
Iztapalapa	24	1965.2	1567.7	Coyoacán	2	0	2	0	460	300
Magdalena Contreras	1	178.2	161.5	G.A. Madero	2	0	2	0	585	269
Tláhuac	2	475.2	95.4	Iztacalco	2	0	1	1	243	179
Venustiano Carranza	1	41.6	37.4	Iztapalapa	1	0	0	1	4000	2000
Xochimilco	5	207.9	189.3	Milpa Alta	2	1	1	0	90	60
Distrito Federal	35	2 919	2 099	Alvaro Obregón	1	0	0	1	560	280
				Tláhuac	5	1	3	1	550	243
				Tlalpan	6	1	5	0	76.5	39
				Xochimilco	2	0	1	1	176	118
				Cuauhtémoc	1	0	1	0	22	18
				Miguel Hidalgo	3	0	3	0	245	114
				Distrito Federal	28	3	19	6	7032.5	3641

*Litros/segundo
Fuente: Conagua (2006), Inventario Nacional de Plantas Potabilizadoras.
SACM, 2008.

Cuadro D. Calidad del agua en el DF

Delegación	Cumplimiento de NOM		Cloro residual		A. bacteriológico		Delegación	Cumplimiento de NOM		Cloro residual		A. bacteriológico	
	Lecturas	%Satisf ¹	Lecturas	% Satisf ²	Lecturas	%Satisf ¹		Lecturas	%Satisf ¹	Lecturas	%Satisf ²	Lecturas	%Satisf ²
Alvaro Obregón	2 094	100	1 498	88	Iztapalapa	5 001	95	3 482	82				
Azcapotzalco	2 241	100	1 573	89	Magdalena Contreras	1 362	100	948	91				
Benito Juárez	1 349	100	924	84	Miguel Hidalgo	1 360	99	942	92				
Coyoacán	1 823	99	2 280	95	Milpa Alta	613	100	450	92				
Cuajimalpa	1 347	96	1 022	89	Tláhuac	1 595	97	1 125	86				
Cuauhtémoc	1 122	99	779	85	Tlalpan	1 455	95	1 110	91				
Guatavo A. Madero	2 879	99	1 968	90	Venustiano Carranza	1 594	98	1 072	89				
Iztacalco	1 300	94	812	80	Xochimilco	1 996	97	1 438	90				
					Total	29 131	98	21 423	88				

Fuente: Dirección Técnica SACM, 2007.
*Muestras recolectadas en pozos, tanques, rebombes, plantas potabilizadoras, agua en bloque, garzas, estaciones de medición, plantas cloradoras, manantiales, trifurcaciones y red secundaria de distribución.

Cuadro E. Principales causas de mortalidad en el DF

Grupo de enfermedad	Tasa ¹	Tipo de enfermedad	Ord	Defun	Tasa ¹	Enfermedades infecciosas intestinales		
Crónico-degenerativas	489.2	Del corazón	1	10 062	114.1	Enfermedad	Muertes	Prop
Infecto-contagiosas	62.2	Diabetes Mellitus	2	8 270	93.8	Diarrea/gastroenteritis	262	93.6
Lesiones	40.57	Tumores Malignos	3	6 759	76.7	Enteritis Salmonella	6	2.1
Mortalidad Total¹	565.9	Infecciosas-intestinales	19	280	3.2	Clostridium perfringens	5	1.8
Mortalidad Infantil²	20	Infecciones respiratorias	20	272	3.1	Fiebre tifoidea	2	0.7
¹ Tasa/100 000 habitantes						Total	280	100.0
² Tasa/10 000 nacidos vivos						Total	280	100.0

Fuente: SSDF/INEGI, 2005.

Cuadro F. Principales causas de mortalidad por grupo de edad en el DF

Mayores de 65 años			Menores de 4 años		
Enfermedad	Orden	Prop	Enfermedad	Orden	Prop
Diabetes mellitus	1		Enfermedades infecciosas intestinales	1	9.7
Enfermedades isquémicas del corazón	2	48.9	Infecciones respiratorias agudas bajas	2	8.9
Enfermedades cerebro-vasculares	3		Malformaciones congénitas del corazón	3	7.7
Enfermedades pulmonares- obstructivas	4		Accidentes de tráfico de vehículo de motor	4	1.3
Enfermedades hipertensivas	5		Ahogamiento	5	1.1
Enfermedades infecciosas intestinales	20	0.6			

Fuente: SSDF, 2007.

Cuadro G. Mortalidad total e infantil en el DF

Delegaciones	Mortalidad total ¹		Mortalidad infantil ²			Defunciones y mortalidad por enfermedades gastrointestinales		
	2000	2005	2000	2003	2005	Total	Proporción	Tasa ¹
DF	522.3	565.9	20	19.03	20	280	100.0	3.2
Azcapotzalco	580.7	655.1	16.9	21.29	16.9	12	4.3	2.8
Coyoacán	480.5	530.9	14.2	14.4	14.2	15	5.4	2.4
Cuajimalpa	403.8	488.0	26.8	16.09	26.8	2	0.7	1.2
Gustavo A. Madero	556.0	599.9	19.8	18.11	19.8	37	13.2	3.1
Iztacalco	569.6	609.8	20.3	15.88	20.3	21	7.5	5.3
Iztapalapa	405.8	452.3	22.1	17.51	22.1	64	22.9	3.5
Magdalena Contreras	471.8	501.6	14.8	19.49	14.8	3	1.1	1.3
Milpa Alta	455.8	470.7	25.9	24.42	25.9	1	0.4	0.9
Alvaro Obregón	486.3	519.5	21.9	17.69	21.9	19	6.8	2.7
Tláhuac	359.6	433.4	24.4	21.15	24.4	8	2.9	2.3
Tlalpan	384.4	442.6	19.6	19.19	19.6	25	8.9	4.1
Xochimilco	415.9	489.0	22.6	22.61	22.6	15	5.4	3.7
Benito Juárez	755.6	795.5	11.1	12.57	11.1	13	4.6	3.7
Cuauhtémoc	812.9	808.7	20.5	33.12	20.5	14	5.0	2.7
Miguel Hidalgo	725.8	736.5	25	21.79	25	15	5.4	4.2
Venustiano Carranza	640.8	666.2	18.5	19.53	18.5	15	5.4	3.4

¹Tasa por 100 000 habitantes ²Tasa por 10 000 menores
Fuente: SSDF(2007) e INEGI (2005).

Cuadro H. Acceso al servicio de drenaje en el DF

Delegación	Viviendas totales	Disponen de drenaje						No dispone de drenaje
		Total	Red pública	Otra forma acceso	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río o lago	
Alvaro Obregón	178 647	98.40	93.66	4.74	2.13	2.28	0.33	0.19
Azcapotzalco	111 064	98.60	98.46	0.14	0.08	0.03	0.03	0.20
Benito Juárez	114 636	98.83	98.67	0.16	0.09	0.05	0.02	0.08
Coyoacán	167 157	98.48	93.14	5.34	4.16	1.15	0.03	0.17
Cuajimalpa de Morelos	41 419	97.92	89.54	8.38	6.13	1.63	0.62	0.62
Cuauhtémoc	149 755	98.68	98.54	0.14	0.08	0.03	0.02	0.26
Gustavo A. Madero	297 909	98.56	98.14	0.42	0.10	0.27	0.06	0.47
Iztacalco	99 802	98.99	98.85	0.14	0.07	0.04	0.04	0.10
Iztapalapa	433 493	98.87	98.02	0.86	0.73	0.08	0.04	0.27
Magdalena Contreras	57 801	97.68	89.89	7.79	4.51	3.11	0.17	1.62
Miguel Hidalgo	98 868	99.16	98.93	0.23	0.14	0.06	0.02	0.12
Milpa Alta	26 563	96.40	67.34	29.06	27.72	1.28	0.06	3.03
Tláhuac	82 246	98.89	91.60	7.29	7.08	0.11	0.11	0.68
Tlalpan	148 864	98.15	63.34	34.81	33.62	1.11	0.07	0.53
Venustiano Carranza	114 514	98.67	98.51	0.16	0.07	0.04	0.04	0.23
Xochimilco	92 713	97.32	73.38	23.94	23.65	0.19	0.09	2.17

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Distrito Federal y Anuarios Estadísticos de las delegaciones, 2005-2007.

Cuadro I. Matriz de cargas de los componentes del modelo IEGA

Variable	IES		IED		ICA	
	Cargas	Variable	Cargas	Variable	Cargas	Variable
CONSCAP	0.03240	DRPUB	0.50141	MORTINF	-0.12889	
ACCAGV	0.50838	ENCHVIAL	-0.02773	MORTGAS	-0.0887	
REDAG	0.50886	ENCHCOL	-0.04640	PCOLORO	0.60687	
FUGAS	-0.02484	INFRD	0.50010	ABAC	0.61705	
Total de la varianza explicada en cada factor						
	75.60		80.96		60.94	

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Cuadro J. Hacinamiento en el DF

Delegaciones	Población (miles)	Proporción	Tasa Crecimiento ¹	Viviendas (miles)	Proporción	Ocupantes/Vivienda
Alvaro Obregón	706.6	8.1	0.6	178.6	8.06	3.87
Azcapotzalco	425.3	4.9	-0.7	111.1	5.01	3.72
Benito Juárez	355.0	4.1	-0.3	114.6	5.17	2.89
Coyoacán	628.1	7.2	-0.4	167.2	7.55	3.61
Cuajimalpa	173.6	2.0	3.0	41.4	1.87	4.13
Cuauhtémoc	521.3	6.0	0.2	149.8	6.76	3.24
Gustavo A. Madero	1 193.2	13.7	-0.7	297.9	13.45	3.88
Iztacalco	395.0	4.5	-0.8	99.8	4.50	3.84
Iztapalapa	1 820.9	20.9	0.5	433.5	19.57	4.09
Magdalena Contreras	228.9	2.6	0.6	57.8	2.61	3.90
Miguel Hidalgo	353.5	4.1	0.1	98.9	4.46	3.32
Milpa Alta	115.9	1.3	4.0	26.6	1.20	4.31
Tláhuac	344.1	3.9	2.7	82.2	3.71	4.11
Tlalpan	607.5	7.0	0.9	148.9	6.72	3.91
Venustiano Carranza	447.5	5.1	-0.7	114.5	5.17	3.72
Xochimilco	404.5	4.6	1.9	92.7	4.18	4.15
Distrito Federal	8 720.9	100	0.3	2 215.5	100.0	3.79

¹ La tasa de crecimiento poblacional comprende el periodo 2000-2005.

Fuente: INEGI (2005), II Censo de Población.

_____ (2000), XII Censo de Población y Vivienda.

Cuadro K. Recursos humanos y materiales para los servicios de salud en el DF

Recursos Humanos		Recursos Materiales		Recursos Económicos	
Médicos/1000 usuarios	3.9	Camas /10 mil usuarios	34.2	Gasto público per cápita	5 011.5
Paramédicos/1000 usuarios	6.7	Consultorios/ 10 mil usuarios	11.2	Porcentaje del GP	11.8
Enfermeras/ 1000 usuarios	5.6	Quirófanos/ 10 mil usuarios	1.3		

Fuente: Sistema Nacional de Salud. Boletín de Información Estadística, Recursos y Servicios, 2006SS, 2006.

Cuadro L. Acceso a los servicios de salud en el DF

Delegaciones	Población Total	Derechohabiente por tipo de institución							
		Dchohab ¹	No Dchohab	IMSS	ISSSTE	Pemex, Sedena, y Semar	Seg Pop	Inst priv ²	Otra inst ³
Alvaro Obregón	706 567	56.79	40.57	66.04	16.67	2.08	4.26	13.54	0.14
Azcapotzalco	425 298	64.65	31.99	73.05	16.18	5.24	2.69	4.20	0.51
Benito Juárez	355 017	64.22	27.81	62.62	20.71	1.62	1.17	20.14	0.12
Coyoacán	628 063	59.51	36.25	60.93	25.21	1.52	2.91	13.11	0.16
Cuajimalpa	173 625	54.39	41.46	54.56	13.66	1.56	6.62	26.29	0.23
Cuauhtémoc	521 348	53.09	39.33	66.85	23.71	1.74	2.13	8.86	0.25
Gustavo A. Madero	1 193 161	56.39	40.90	70.19	19.88	1.42	5.38	4.73	0.52
Iztacalco	395 025	55.52	41.06	68.65	23.53	1.52	3.71	4.37	0.39
Iztapalapa	1 820 888	47.21	50.52	66.97	22.75	2.00	4.86	4.45	0.45
Magdalena Contreras	228 927	56.46	41.77	62.21	19.76	2.04	6.24	12.21	0.13
Miguel Hidalgo	353 534	61.85	30.73	61.24	15.21	6.72	1.71	17.91	0.31
Milpa Alta	115 895	32.19	66.14	37.96	51.53	2.76	5.47	2.88	0.35
Tláhuac	344 106	47.76	50.12	60.57	28.81	1.87	6.13	3.72	0.48
Tlalpan	607 545	50.57	44.99	58.22	25.58	3.94	3.01	12.96	0.11
Venustiano Carranza	447 459	52.35	42.41	67.33	25.47	1.35	3.62	4.33	0.44
Xochimilco	404 458	45.31	51.01	53.55	37.48	1.86	2.62	6.44	0.23
Distrito Federal	8 720 916	53.61	42.65	64.90	22.34	2.32	3.91	8.85	0.33

¹ La suma de los derechohabientes en todas las instituciones puede ser mayor al total, ya que algunos pertenecen a más de una.

² Comprende a la población que cuenta con un seguro para acceder a los servicios médicos en instituciones privadas.

Fuente: INEGI (2005), II Censo de Población e INEGI (2006), Anuario Estadístico del Distrito Federal.

Cuadro M. Condiciones materiales de las viviendas en el DF

Entidad	Viviendas particulares	Piso de tierra	Recubrimiento	Paredes no durables ²	Paredes durables	Techo ligeros ¹	Techo durables
Distrito Federal	2 287 189	0.98	99.02	1.33	98.67	12.62	87.38
Alvaro Obregón	182 119	0.78	99.22	1.04	98.96	12.97	87.03
Azcapotzalco	114 074	0.32	99.68	0.90	99.10	12.06	87.94
Benito Juárez	122 176	0.19	99.81	0.27	99.73	2.10	97.90
Coyoacán	173 318	0.39	99.61	0.47	99.53	7.46	92.54
Cuajimalpa	41 948	1.62	98.38	2.52	97.48	21.83	78.17
Cuauhtémoc	160 309	0.18	99.82	0.86	99.14	2.85	97.15
Gustavo A. Madero	304 169	0.70	99.30	1.18	98.82	11.71	88.29
Iztacalco	102 658	0.51	99.49	0.72	99.28	13.60	86.40
Iztapalapa	441 334	1.29	98.71	1.51	98.49	16.05	83.95
Magdalena Contreras	58 505	2.17	97.83	2.70	97.30	24.25	75.75
Miguel Hidalgo	106 005	0.23	99.77	0.77	99.23	8.60	91.40
Milpa Alta	26 859	5.99	94.01	4.31	95.69	29.29	70.71
Tláhuac	83 707	1.78	98.22	1.35	98.65	17.11	82.89
Tlalpan	154 005	1.44	98.56	1.96	98.04	17.72	82.28
Venustiano Carranza	120 107	0.33	99.67	0.81	99.19	7.46	92.54
Xochimilco	95 896	3.34	96.66	5.06	94.94	24.38	75.62

¹ Lámina de cartón, asbesto y metálica, palma, madera y teja.

² Carrizo, lámina de cartón, asbesto y metálica, y madera.

Fuente: INEGI (2007), Anuario Estadístico del Distrito Federal y Anuarios Estadísticos de las delegaciones.

Cuadro N. PIB por actividad económica en el DF

Sector económico	Total ¹	DF	Azc	Coy	Cuaj	GAM	Iztac	Iztap	MC	MAlta	ÁObreg	Tlah	Tlalp	Xoch	Bjuarez	Cuauh	M Hgo	VCarr
Total	1 470.30	100	5.2	4.3	1.9	2.6	3.3	4.2	1.2	0.0	9.5	0.3	4.4	1.1	9.5	28.3	21.6	2.5
21. Minería	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
22. Electricidad, agua y gas	74.94	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	14.8	0.0
23. Construcción	32.73	2.2	0.4	2.4	0.9	1.1	0.4	0.7	0.4	0.0	1.8	0.5	2.6	1.2	7.3	0.9	3.5	0.3
31-33. Ind. Manufacturera	255.41	17.4	69.6	47.3	4.7	41.5	43.0	48.4	1.8	38.4	10.0	36.0	10.4	70.9	8.5	4.7	10.4	14.5
43. Comercio al por mayor	96.10	6.5	10.0	3.4	5.6	10.6	5.6	18.0	0.9	4.3	9.1	30.3	3.2	4.0	8.1	3.1	7.6	4.3
46. Comercio al por menor	82.38	5.6	4.1	9.9	9.8	15.6	4.4	13.2	2.3	31.0	3.4	16.5	5.9	9.0	7.6	4.1	3.3	11.2
48-9. Transporte y almacenamiento	108.97	7.4	8.9	1.8	0.5	10.5	5.3	2.6	0.1	0.0	1.9	1.9	14.1	0.3	10.6	6.0	7.1	49.3
51. Información medios masivos	201.64	13.7	0.9	6.5	29.7	0.6	0.3	0.7	0.9	0.0	9.9	1.0	19.1	0.0	4.5	31.3	7.6	1.3
52. S. financieros y seguros	336.24	22.9	0.5	13.4	16.0	0.1	0.0	4.8	81.7	0.0	39.7	0.4	27.4	0.3	31.0	36.4	11.8	0.3
53. S. inmobiliarios y de alquiler	21.63	1.5	0.2	1.4	3.9	0.9	4.4	0.5	0.4	1.3	1.2	0.5	2.0	0.4	1.7	0.6	2.6	1.5
54. S. prof. científicos y técnicos	57.13	3.9	0.4	2.6	2.8	1.9	0.6	0.6	0.7	0.9	6.9	1.4	1.6	0.7	6.7	2.5	7.0	0.7
55. S. corporativos y empresas	56.97	3.9	0.0	0.1	3.2	0.1	1.2	0.0	0.4	0.6	4.8	0.4	0.6	3.1	0.2	0.1	14.8	1.3
56. S. apoyo a negocios	53.52	3.6	1.9	2.5	16.1	3.1	2.0	2.7	1.3	2.2	4.1	1.4	2.3	2.4	5.9	1.7	5.2	7.1
61. S. educativos	21.19	1.4	1.0	1.8	3.0	4.3	0.8	1.8	0.0	0.0	2.5	0.0	5.1	0.0	2.0	0.7	0.5	0.5
62. S. de salud y asistencia	12.09	0.8	0.1	0.8	0.3	1.3	0.2	0.5	6.5	1.7	1.0	1.3	1.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.5
72. S. alojamiento y prep. alimentos	31.45	2.1	1.0	2.7	2.3	4.7	2.3	2.8	1.4	8.7	1.5	3.8	2.3	1.7	2.5	2.0	1.7	5.0
81. Otros servicios	21.20	1.4	0.9	2.4	0.8	3.7	1.3	2.4	1.0	10.6	1.7	4.3	1.0	1.5	2.2	1.2	0.9	2.0

¹ Billones de pesos

Fuente: Censo económico, 2004.

Cuadro O. PEA, PO y PEI en el DF

Delegaciones	Inserción laboral			Situación laboral			PO por Actividad Económica		
	12 y más	PEA	PEI	PEA	PO	Desocupados	1rias	2rias	3rias
Alvaro Obregón	532 780	55.32	44.24	294 720	98.33	1.67	0.27	20.98	74.88
Azcapotzalco	349 312	53.47	46.30	186 766	98.16	1.84	0.40	25.02	71.33
Benito Juárez	300 811	58.94	40.80	177 287	98.42	1.58	0.27	12.01	84.67
Coyoacán	516 084	55.79	43.68	287 911	98.13	1.87	0.35	17.73	78.60
Cuajimalpa	111 000	55.63	44.08	61 752	98.61	1.39	1.07	22.47	72.74
Cuauhtémoc	412 113	57.54	42.02	237 117	98.43	1.57	0.21	13.35	83.26
Gustavo A. Madero	965 558	52.46	47.32	506 521	98.17	1.83	0.20	23.22	73.54
Iztacalco	321 958	54.55	45.10	175 618	98.26	1.74	0.19	20.87	75.72
Iztapalapa	1 331 752	53.84	45.80	716 950	98.44	1.56	0.24	26.38	70.01
Magdalena Contreras	168 450	55.50	44.16	93 493	98.29	1.71	0.71	20.66	75.52
Miguel Hidalgo	284 506	56.48	43.14	160 675	98.66	1.34	0.25	16.66	79.38
Milpa Alta	69 917	51.64	48.09	36 108	98.60	1.40	14.45	20.03	63.53
Tláhuac	220 591	52.07	47.48	114 868	98.54	1.46	2.20	26.08	68.56
Tlalpan	448 012	55.49	44.23	248 599	98.35	1.65	1.31	19.63	76.28
Venustiano Carranza	364 346	53.82	45.80	196 107	98.33	1.67	0.16	17.42	79.47
Xochimilco	277 484	53.53	46.14	148 535	98.45	1.55	3.12	20.97	72.82
Distrito Federal	6 674 674	54.58	45.07	3 643 027	98.35	1.65	0.67	24.30	75.03

Fuente: INEGI (2005), II Conteo de Población e INEGI (2004), Censo económico, 2004.

Cuadro P. PEI y PO por tipo de actividad en el DF

Delegaciones	Población Económicamente Inactiva					Población ocupada por actividad					
	Total	Estudiante	Labores d/hogar	Jubilado o c/pension	Incapac	Total	Empleados y obreros	Jornalero o peón	Patrón	P/su cta	Familiar sin pago
Alvaro Obregón	235 717	30.20	39.70	5.70	0.81	289,812	75.48	0.59	3.43	17.22	0.85
Azcapotzalco	161 742	31.25	39.76	9.27	0.84	183,327	76.56	0.27	2.08	17.82	1.04
Benito Juárez	122 729	29.54	30.82	12.75	0.99	174,489	73.07	0.14	6.06	17.80	0.82
Coyoacán	225 438	35.06	37.62	8.77	0.77	282,523	74.22	0.38	3.98	18.22	1.15
Cuajimalpa	48 924	33.90	44.02	3.08	0.71	60,892	74.99	0.88	4.87	15.82	1.13
Cuauhtémoc	173 151	29.86	34.39	10.20	0.94	233,403	71.29	0.20	3.07	21.61	1.28
Gustavo A. Madero	456 860	30.64	41.61	7.20	0.83	497,236	73.04	0.47	2.17	20.85	1.33
Iztacalco	145 213	31.25	41.12	7.79	0.83	172,568	72.24	0.26	2.06	21.60	1.51
Iztapalapa	609 972	31.07	42.90	4.29	0.76	705,741	72.08	0.77	1.64	21.63	1.52
Magdalena Contreras	74 384	30.62	39.81	5.94	0.65	91,898	76.00	1.14	2.93	17.02	0.98
Miguel Hidalgo	122 740	29.42	33.02	8.89	0.85	158,522	74.70	0.24	5.77	16.09	0.76
Milpa Alta	33 620	31.31	46.05	2.54	0.55	35,603	54.93	7.02	1.16	29.45	4.42
Tláhuac	104 729	31.26	44.72	3.13	0.68	113,193	72.52	1.52	1.34	20.78	1.45
Tlalpan	198 173	34.75	38.21	5.28	0.74	244,509	73.33	1.43	3.54	18.38	1.31
Venustiano Carranza	166 859	29.61	39.54	8.26	0.87	192,829	72.16	0.24	2.17	21.73	1.30
Xochimilco	128 028	33.12	38.42	4.76	0.79	146,236	69.04	2.26	2.19	21.91	2.04
Distrito Federal	3 008 279	31.35	39.77	6.75	0.80	3,582,781	72.97	0.72	2.83	19.90	1.30

Fuente: INEGI (2005), II Conteo de Población e INEGI (2004), Censo económico, 2004.

Cuadro Q. Elecciones de Jefe de Gobierno y Jefes delegacionales en el DF, 2006

Delegaciones	Padrón electoral	Prop DF	Vot total	Prop DF	Elección Jefe Gob			Elección Jefe Deleg			Abstn	Prop deleg	Prop DF
					PAN	PRI-PV	PRD-PT-CONV	PAN	PRI-PV	PRD-PT-CONV			
Alvaro Obregón	562 366	7.9	379 551	8.0	29.4	19.6	45.8	32.5	9.6	50.2	182 815	32.51	7.71
Azacapotalco	392 369	5.5	269 022	5.6	29.0	22.6	43.9	33.6	13.4	46.0	123 347	31.44	5.20
Benito Juárez	337 649	4.7	236 837	5.0	41.3	25.7	29.4	46.5	11.1	35.8	100 812	29.86	4.25
Coyoacán	550 633	7.7	391 056	8.2	29.7	23.1	43.3	30.4	11.7	50.1	159 577	28.98	6.73
Cuajimalpa	120 342	1.7	80 109	1.7	31.8	22.4	38.8	27.5	18.9	37.0	40 233	33.43	1.70
Cuauhtémoc	476 000	6.7	304 575	6.4	27.1	24.1	44.2	25.7	14.5	49.3	171 425	36.01	7.23
Gustavo A. Madero	1 044 695	14.6	685 497	14.4	26.1	20.7	48.5	23.0	12.2	54.8	359 198	34.38	15.14
Iztacalco	350 295	4.9	236 399	5.0	25.3	21.9	48.0	21.2	15.1	54.3	113 896	32.51	4.80
Iztapalapa	1 349 600	18.9	870 304	18.2	23.7	19.1	52.1	18.2	11.5	60.5	479 296	35.51	20.21
Magdalena Contreras	179 798	2.5	124 752	2.6	24.8	20.1	49.7	23.8	13.7	53.3	55 046	30.62	2.32
Miguel Hidalgo	310 877	4.4	208 328	4.4	37.4	23.5	35.0	43.1	14.1	36.1	102 549	32.99	4.32
Milpa Alta	76 269	1.1	50 079	1.0	15.6	26.0	52.8	15.3	30.0	45.1	26 190	34.34	1.10
Tláhuac	225 441	3.2	148 119	3.1	19.1	23.0	52.9	15.6	20.6	54.6	77 322	34.30	3.26
Tlalpan	475 544	6.7	329 654	6.9	26.6	21.2	47.8	26.5	11.2	53.3	145 890	30.68	6.15
Venustiano Carranza	406 293	5.7	266 623	5.6	27.1	22.9	44.9	23.8	13.5	52.0	139 670	34.38	5.89
Xochimilco	287 846	4.0	193 194	4.0	20.9	21.7	52.3	19.3	12.2	60.6	94 652	32.88	3.99
Distrito Federal	7 146 017	100	4 774 099	100	27.3	21.6	46.4	26.1	12.8	52.0	2 371 918	33.19	100

Fuente: Instituto Electoral del Distrito Federal, 2006.

Cuadro R. Matriz de cargas de los factores VIGA

VF		VS				VE		VP	
Variable	Cargas	Variable	Cargas	Variable	Cargas	Variable	Cargas	Variable	Cargas
PEND	0.32422	POC	0.24929	STV	0.13746	YCAP	0.44809	ORGSOC	-0.55118
LLUV	0.34434	SAGUA	0.21014	PAREDL	0.20740	PATRON	-0.32771	ORGPOL	-0.53918
SUELO	0.26971	SDREN	0.20605	TECHL	0.13289	SAL	0.33848	PARTVPT	-0.63156
HUND	-0.27132	SLUZ	0.16201	PISOTIE	0.24002	HRS	0.25907	CONCVOT	-0.22333
RNOENTUB	-0.02525	SGAS	0.15001	NDCHHAB	0.15885				
AINUND	-0.10491	ANALF	0.14997	PDISC	0.09423				
PRESAS	-0.11187	PRIMIN	0.12688	PVMAY	0.12721				
		SECIN	0.06775	PVMEN	0.25563				
		SRAD	0.06352						
Total de la varianza explicada en cada factor									
70.382		78.677				74.7053		68.020	
Total de la varianza explicada en el VIGA									
25.45		14.03				37.43		23.09	

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Anexo II. Matriz de correlaciones

Por medio de la matriz de correlaciones se identifica la relación que existe entre las diferentes variables que conforman los modelos IEGA y VIGA. Cada elemento de esta matriz (a_{ij}), conocido con el nombre de coeficiente de correlación (r), se expresa con un número entre -1 y 1. Conforme $|r|$ sea cercano a la unidad, la relación entre las variables analizadas será mayor: tendrá una asociación positiva cuando $0 < r \leq 1$ y negativa si $-1 \leq r < 0$. Por otro lado, cuando $r \approx 0$, la relación entre las variables tenderá a ser nula.

Matriz de correlación parte A

	PEND	LLUV	SUELO	HUND	RNENT	AINUN	PRESAS	CCAP	ADV	REDAG	FUG	MORTI	MORG	CLSAT	BACNS	DRP	REDRE	INUNV	ENCH
PEND	1.000	0.835	0.744	-0.668	-0.018	-0.557	0.032	-0.054	-0.481	-0.510	0.102	0.422	0.039	0.075	-0.019	-0.042	-0.055	0.143	0.080
LLUV	0.835	1.000	0.687	-0.630	0.007	0.096	0.080	0.009	-0.085	-0.125	0.099	-0.022	-0.016	-0.003	-0.004	-0.027	-0.042	0.331	0.348
SUELO	0.744	0.687	1.000	-0.653	0.027	0.602	0.063	-0.018	-0.260	-0.461	0.045	0.014	-0.044	-0.028	-0.015	-0.252	-0.427	0.011	0.098
HUND	-0.668	-0.630	-0.653	1.000	0.001	-0.596	-0.085	0.040	-0.172	-0.086	-0.245	0.090	-0.006	-0.006	0.051	-0.347	-0.432	-0.330	-0.184
RNENT	-0.018	0.007	0.027	0.001	1.000	-0.018	0.059	-0.017	0.048	0.032	-0.082	-0.016	-0.016	0.017	-0.002	0.053	0.052	0.045	0.218
AINULLU	-0.557	0.096	0.602	-0.596	-0.018	1.000	0.265	-0.039	-0.275	-0.266	0.002	-0.228	-0.553	-0.057	0.007	-0.085	-0.095	0.024	-0.016
PRESAS	0.032	0.080	0.063	-0.085	0.059	0.265	1.000	-0.008	0.022	0.014	-0.057	-0.058	0.045	0.019	0.019	0.027	0.024	-0.004	-0.093
CCAP	-0.054	0.009	-0.018	0.040	-0.017	-0.039	-0.008	1.000	0.023	0.361	-0.395	0.014	-0.022	-0.009	0.022	0.019	0.035	-0.028	-0.040
ADV	-0.481	-0.085	-0.260	-0.172	0.048	-0.275	0.022	0.023	1.000	0.928	-0.002	-0.480	-0.130	0.066	-0.050	0.671	0.675	-0.087	-0.051
REDAG	-0.510	-0.125	-0.461	-0.086	0.032	-0.266	0.014	0.361	0.928	1.000	-0.003	-0.443	-0.092	0.090	-0.032	0.579	0.601	-0.152	-0.172
FUG	0.102	0.099	0.045	-0.245	-0.082	0.002	-0.057	-0.395	-0.002	-0.003	1.000	0.034	0.293	0.053	0.016	-0.038	-0.043	0.020	0.329
MORTI	0.422	-0.022	0.014	0.090	-0.016	-0.228	-0.058	0.014	-0.480	-0.443	0.034	1.000	0.159	-0.063	-0.020	-0.194	-0.275	0.050	0.023
MORG	0.039	-0.016	-0.044	-0.006	-0.016	-0.553	0.045	-0.022	-0.130	-0.092	0.293	0.159	1.000	-0.036	-0.109	-0.494	-0.555	-0.012	-0.008
CLSAT	0.075	-0.003	-0.028	-0.006	0.017	-0.057	0.019	-0.009	0.066	0.090	0.053	-0.063	-0.036	1.000	0.335	0.034	0.039	-0.053	-0.073
BACNS	-0.019	-0.004	-0.015	0.051	-0.002	0.007	0.019	0.022	-0.050	-0.032	0.016	-0.020	-0.109	0.335	1.000	-0.020	-0.014	-0.027	-0.004
DRP	-0.042	-0.027	-0.252	-0.347	0.053	-0.085	0.027	0.019	0.671	0.579	-0.038	-0.194	-0.494	0.034	-0.020	1.000	0.989	0.129	-0.233
REDRE	-0.055	-0.042	-0.427	-0.432	0.052	-0.095	0.024	0.035	0.675	0.601	-0.043	-0.275	-0.555	0.039	-0.014	0.989	1.000	-0.340	-0.595
INUNV	0.143	0.331	0.011	-0.330	0.045	0.024	-0.004	-0.028	-0.087	-0.152	0.020	0.050	-0.012	-0.053	-0.027	0.129	-0.340	1.000	0.755
ENCH	0.080	0.348	0.098	-0.184	0.218	-0.016	-0.093	-0.040	-0.051	-0.172	0.329	0.023	-0.008	-0.073	-0.004	-0.233	-0.595	0.755	1.000
POBT	-0.017	-0.017	-0.027	0.003	-0.008	-0.014	-0.003	-0.008	0.042	0.038	0.328	-0.024	0.143	0.012	-0.031	0.023	0.021	0.019	0.014
POC	0.489	0.171	0.137	-0.012	-0.013	0.077	0.019	0.002	-0.315	-0.399	0.040	0.627	0.396	-0.076	-0.034	-0.067	-0.091	0.162	0.206
DISC	-0.108	-0.023	0.035	-0.083	0.051	0.041	-0.027	0.007	-0.366	-0.335	-0.023	-0.158	-0.061	0.027	0.001	-0.323	-0.316	-0.071	0.024
VMAY	-0.172	-0.057	-0.055	-0.140	0.038	-0.065	0.044	0.007	-0.606	-0.570	-0.087	-0.446	-0.025	0.088	-0.027	-0.393	-0.402	-0.149	-0.092
VMEN	0.245	0.081	0.092	0.078	-0.019	0.116	-0.062	-0.035	-0.576	-0.562	0.052	0.686	-0.031	-0.082	0.032	-0.388	-0.403	0.115	0.104
SAG	0.391	-0.016	0.066	0.131	-0.032	0.125	-0.026	-0.028	-0.409	-0.349	0.056	0.220	-0.039	-0.065	0.023	-0.387	-0.391	-0.056	0.035
SDREN	0.097	0.094	0.106	0.246	-0.046	0.105	-0.037	-0.005	-0.613	-0.650	0.051	0.353	-0.041	-0.064	0.037	-0.570	-0.573	0.031	0.053
LUZ	0.115	0.028	0.112	0.020	-0.003	0.057	-0.016	-0.027	-0.230	-0.217	0.020	0.165	-0.027	-0.027	-0.063	-0.195	-0.200	-0.013	0.014
SGAS	0.034	0.013	0.088	-0.008	0.009	0.048	-0.020	-0.034	-0.232	-0.184	-0.022	0.072	-0.046	-0.029	-0.015	-0.156	-0.156	-0.067	-0.035
ANALF	0.161	0.024	0.110	0.039	-0.027	0.120	-0.040	-0.045	-0.608	-0.567	0.014	0.492	0.058	-0.052	0.027	-0.302	-0.313	0.063	0.039
EPRIMIN	0.220	0.047	0.083	0.068	-0.040	0.145	-0.024	0.001	-0.695	-0.667	0.036	0.704	0.068	-0.036	0.031	-0.292	-0.304	0.126	0.054
ESECINC	0.218	0.051	0.139	-0.014	-0.008	0.080	-0.031	-0.041	-0.370	-0.357	0.022	0.357	0.058	-0.081	-0.036	-0.132	-0.141	0.059	0.050
NRAD	0.048	0.001	0.043	0.005	-0.044	0.015	0.034	-0.025	-0.410	-0.363	-0.004	-0.280	-0.015	0.002	0.010	-0.351	-0.341	0.022	-0.044
NTV	-0.026	-0.034	-0.008	0.057	-0.047	0.020	0.038	-0.002	-0.389	-0.336	-0.016	-0.281	-0.030	0.029	0.027	-0.402	-0.388	0.009	-0.053
PARL	0.264	0.117	0.159	-0.051	-0.021	0.109	0.009	-0.038	-0.371	-0.349	0.022	0.245	-0.029	-0.064	-0.048	-0.308	-0.215	0.045	0.035
TCL	0.431	0.118	0.160	0.052	-0.028	0.111	-0.064	-0.009	-0.731	-0.691	0.035	0.493	-0.061	-0.105	-0.003	-0.527	-0.439	0.121	0.085
PTIE	0.259	0.078	0.172	-0.054	-0.006	0.105	-0.020	-0.045	-0.279	-0.255	0.025	0.191	0.036	-0.068	-0.040	-0.369	-0.235	0.010	0.019
NDCH	0.473	0.137	0.239	0.060	-0.019	0.091	0.012	-0.010	-0.514	-0.452	0.035	0.464	0.047	-0.002	0.015	-0.422	-0.326	0.003	-0.008
NYCAP	0.288	0.018	0.043	0.097	-0.043	0.235	-0.012	-0.027	-0.730	-0.704	0.029	0.490	-0.043	-0.037	0.004	-0.453	-0.365	0.156	0.070
PATR	-0.039	0.002	-0.002	-0.050	0.002	-0.125	0.027	0.104	0.363	0.378	-0.008	-0.305	0.071	0.060	-0.034	0.087	0.106	-0.107	-0.122
M2SM	0.219	0.019	0.049	0.030	-0.044	0.084	-0.006	0.032	-0.418	-0.396	0.077	0.452	-0.025	-0.067	-0.018	-0.316	-0.225	0.075	0.055
ME40H	0.210	0.008	-0.029	-0.079	-0.049	-0.031	-0.005	0.086	0.388	0.365	0.250	-0.212	0.046	0.041	-0.002	0.360	0.258	-0.190	-0.447
ORGSOC	-0.100	-0.043	-0.037	-0.039	-0.025	-0.023	0.020	0.001	0.111	0.331	-0.041	-0.048	0.030	0.035	0.004	0.053	0.089	-0.391	-0.264
ORGPOL	-0.054	-0.017	-0.026	0.047	-0.015	0.007	-0.019	0.014	0.058	0.099	-0.022	-0.038	-0.007	-0.025	0.035	0.046	0.065	-0.219	-0.076
PARVOT	-0.102	0.180	0.090	-0.103	0.044	-0.088	-0.017	0.024	0.333	0.357	0.010	-0.360	-0.017	0.018	0.036	0.115	0.112	-0.014	0.072
CONCVOT	0.066	-0.012	0.020	0.062	-0.016	-0.026	-0.002	0.047	-0.067	0.109	-0.007	0.136	0.030	0.057	0.030	-0.080	-0.019	-0.539	-0.140

(Continúa)

Matriz de correlación parte B

	POBT	POC	DISC	VMAY	VMEN	SAG	SDREN	LUZ	SGAS	ANALF	EPRIN	ESEINC	NRAD	NTV	PARL	M2SM	ME40H	ORGSOC	ORGPOL	PARVOT	CONCVOT
PEND	-0.017	0.489	-0.108	-0.172	0.245	0.391	0.097	0.115	0.034	0.161	0.220	0.218	0.048	-0.026	0.264	0.219	0.210	-0.100	-0.054	-0.102	0.066
LLUV	-0.017	0.171	-0.023	-0.057	0.081	-0.016	0.094	0.028	0.013	0.024	0.047	0.051	0.001	-0.034	0.117	0.019	0.008	-0.043	-0.017	0.180	-0.012
SUELO	-0.027	0.137	0.035	-0.055	0.092	0.066	0.106	0.112	0.088	0.110	0.083	0.139	0.043	-0.008	0.159	0.049	-0.029	-0.037	-0.026	0.090	0.020
HUND	0.003	-0.012	-0.083	-0.140	0.078	0.131	0.246	0.020	-0.008	0.039	0.068	-0.014	0.005	0.057	-0.051	0.030	-0.079	-0.039	0.047	-0.103	0.062
RNENT	-0.008	-0.013	0.051	0.038	-0.019	-0.032	-0.046	-0.003	0.009	-0.027	-0.040	-0.008	-0.044	-0.047	-0.021	-0.044	-0.049	-0.025	-0.015	0.044	-0.016
AINULLU	-0.014	0.077	0.041	-0.065	0.116	0.125	0.105	0.057	0.048	0.120	0.145	0.080	0.015	0.020	0.109	0.084	-0.031	-0.023	0.007	-0.088	-0.026
PRESAS	-0.003	0.019	-0.027	0.044	-0.062	-0.026	-0.037	-0.016	-0.020	-0.040	-0.024	-0.031	0.034	0.038	0.009	-0.006	-0.005	0.020	-0.019	-0.017	-0.002
CCAP	-0.008	0.002	0.007	0.007	-0.035	-0.028	-0.005	-0.027	-0.034	-0.045	0.001	-0.041	-0.025	-0.002	-0.038	0.032	0.086	0.001	0.014	0.024	0.047
ADV	0.042	-0.315	-0.366	-0.606	-0.576	-0.409	-0.613	-0.230	-0.232	-0.608	-0.695	-0.370	-0.410	-0.389	-0.371	-0.418	0.388	0.111	0.058	0.333	-0.067
REDAG	0.038	-0.399	-0.335	-0.570	-0.562	-0.349	-0.650	-0.217	-0.184	-0.567	-0.667	-0.357	-0.363	-0.336	-0.349	-0.396	0.365	0.331	0.099	0.357	0.109
FUG	0.328	0.040	-0.023	-0.087	0.052	0.056	0.051	0.020	-0.022	0.014	0.036	0.022	-0.004	-0.016	0.022	0.077	0.250	-0.041	-0.022	0.010	-0.007
MORTI	0.024	0.627	0.158	0.446	0.686	0.220	0.353	0.165	0.072	0.492	0.704	0.357	-0.280	-0.281	0.245	0.452	-0.212	-0.048	-0.038	-0.360	0.136
MORG	0.143	0.396	0.061	0.247	0.308	-0.039	-0.041	-0.027	-0.046	0.058	0.068	0.058	-0.015	-0.030	-0.029	-0.025	0.046	0.030	-0.007	-0.017	0.030
CLSAT	0.012	-0.076	0.027	0.088	-0.082	-0.065	-0.064	-0.027	-0.029	-0.052	-0.036	-0.081	-0.002	-0.029	-0.064	-0.067	0.041	0.035	-0.025	0.018	0.057
BACNS	-0.031	-0.034	0.001	-0.027	0.032	0.023	0.037	-0.063	-0.015	0.027	0.031	-0.036	0.010	0.027	-0.048	-0.018	-0.002	0.004	0.035	0.036	0.030
DRP	0.023	-0.067	-0.323	-0.393	-0.388	-0.387	-0.570	-0.195	-0.156	-0.302	-0.292	-0.132	-0.351	-0.402	-0.308	-0.316	0.360	0.053	0.046	0.115	-0.080
REDRE	0.021	-0.091	-0.316	-0.402	-0.403	-0.391	-0.573	-0.200	-0.156	-0.313	-0.304	-0.141	-0.341	-0.388	-0.215	-0.225	0.258	0.089	0.065	0.112	-0.019
INUNV	0.019	0.162	-0.071	-0.149	0.115	-0.056	0.031	-0.013	-0.067	0.063	0.126	0.059	0.022	0.009	0.045	0.075	-0.190	-0.391	-0.219	-0.014	-0.539
ENCH	0.014	0.206	0.024	-0.092	0.104	0.035	0.053	0.014	-0.035	0.039	0.054	0.050	-0.044	-0.053	0.035	0.055	-0.447	-0.264	-0.076	0.072	-0.140
POBT	1.000	-0.004	-0.025	-0.038	0.006	-0.014	-0.018	-0.016	-0.033	-0.033	-0.053	-0.011	-0.018	-0.018	-0.017	-0.020	0.001	-0.008	-0.005	0.004	-0.005
POC	-0.004	1.000	0.549	0.085	0.930	0.155	0.284	0.650	0.595	0.930	0.749	0.348	-0.349	-0.443	0.144	0.468	-0.157	-0.227	-0.131	-0.183	-0.010
DISC	-0.025	0.549	1.000	0.604	-0.264	0.137	0.107	0.483	0.533	0.314	-0.108	0.034	0.099	-0.011	0.035	-0.148	0.251	0.069	0.056	0.132	-0.033
VMAY	-0.038	0.085	0.604	1.000	-0.656	-0.213	-0.289	-0.218	-0.020	0.141	0.434	0.299	0.139	0.124	0.249	-0.368	0.358	0.272	0.086	0.268	-0.060
VMEN	0.006	0.930	-0.264	-0.656	1.000	0.069	0.312	0.682	0.653	0.653	0.250	0.120	0.227	0.148	0.087	0.528	-0.226	-0.160	-0.061	-0.329	0.062
SAG	-0.014	0.155	0.137	0.229	0.069	1.000	0.587	0.157	0.159	0.227	0.290	0.114	0.052	0.054	0.199	0.248	-0.095	0.010	-0.030	-0.088	0.091
SDREN	-0.018	0.284	0.107	0.302	0.312	0.587	1.000	0.191	0.289	0.383	0.443	0.303	0.124	0.054	0.402	0.237	-0.122	0.015	-0.012	-0.143	0.047
LUZ	-0.016	0.650	0.483	0.081	0.682	0.157	0.191	1.000	0.732	0.545	0.097	0.409	0.436	0.230	0.419	0.165	-0.034	-0.018	-0.022	-0.162	0.033
SGAS	-0.033	0.595	0.533	0.138	0.653	0.159	0.289	0.732	1.000	0.583	0.113	0.519	0.451	0.154	0.603	0.102	0.048	0.141	0.023	-0.078	0.024
ANALF	-0.033	0.930	0.314	0.141	0.653	0.227	0.383	0.545	0.583	1.000	0.629	0.458	0.372	0.157	0.424	0.372	-0.226	-0.052	-0.049	-0.307	0.047
EPRIN	-0.053	0.749	-0.108	0.434	0.250	0.290	0.443	0.097	0.113	0.629	1.000	0.239	-0.015	-0.062	0.427	0.567	-0.329	-0.122	-0.069	-0.434	0.060
ESEINC	-0.011	0.348	0.034	0.299	0.120	0.114	0.303	0.409	0.519	0.458	0.239	1.000	0.548	0.019	0.800	0.313	-0.063	-0.090	-0.041	-0.295	-0.013
NRAD	-0.018	-0.349	0.099	0.139	0.227	0.052	0.124	0.436	0.451	0.372	-0.015	0.548	1.000	0.804	0.508	-0.042	-0.245	-0.031	-0.001	-0.132	-0.019
NTV	-0.018	-0.443	-0.011	0.124	0.148	0.054	0.054	0.230	0.154	0.157	-0.062	0.019	0.804	1.000	0.080	-0.112	-0.298	-0.009	0.009	-0.101	0.008
PARL	-0.017	0.144	0.035	0.249	0.087	0.199	0.402	0.419	0.603	0.424	0.200	0.800	0.508	0.080	1.000	0.282	-0.015	-0.044	-0.016	-0.286	-0.026
TCL	-0.036	0.479	-0.093	0.458	0.152	0.371	0.615	0.337	0.453	0.567	0.573	0.758	0.379	0.036	0.709	0.439	-0.196	-0.140	-0.064	-0.260	-0.002
PTIE	-0.010	0.146	0.054	0.208	0.079	0.152	0.328	0.437	0.564	0.412	0.100	0.934	0.580	0.069	0.828	0.257	0.040	-0.025	-0.020	-0.223	-0.020
NDCH	-0.057	0.604	-0.102	0.351	0.180	0.304	0.473	0.314	0.370	0.578	0.652	0.613	0.198	0.110	0.517	0.445	-0.243	0.027	-0.033	-0.261	0.094
NYCAP	-0.018	0.458	-0.250	-0.611	0.605	0.188	0.312	0.185	0.060	0.508	0.728	0.381	0.099	0.347	0.225	0.650	0.554	0.293	0.078	0.427	0.020
PATR	-0.003	-0.177	-0.044	0.330	-0.396	-0.071	-0.157	-0.107	-0.049	-0.245	-0.369	-0.248	-0.162	-0.129	-0.123	-0.259	0.119	0.160	0.011	0.204	0.037
M2SM	-0.020	0.468	-0.148	-0.368	0.528	0.248	0.237	0.165	0.102	0.372	0.567	0.313	-0.042	-0.112	0.282	1.000	-0.182	0.275	0.036	0.344	0.044
ME40H	0.001	-0.157	0.251	0.358	-0.226	-0.095	-0.122	-0.034	0.048	-0.226	-0.329	-0.063	-0.245	-0.298	-0.015	-0.182	1.000	0.094	0.041	0.279	0.018
ORGSOC	-0.008	-0.227	0.069	0.272	-0.160	0.010	0.015	-0.018	0.141	-0.052	-0.122	-0.090	-0.031	-0.009	-0.044	0.275	0.094	1.000	0.384	-0.005	0.302
ORGPOL	-0.005	-0.131	0.056	0.086	-0.061	-0.030	-0.012	-0.022	0.023	-0.049	-0.069	-0.041	-0.001	0.009	-0.016	0.036	0.041	0.384	1.000	-0.015	0.175
PARVOT	0.004	-0.183	0.132	0.268	-0.329	-0.088	-0.143	-0.162	-0.078	-0.307	-0.434	-0.295	-0.132	-0.101	-0.286	0.344	0.279	-0.005	-0.015	1.000	-0.129
CONCVOT	-0.005	-0.010	-0.033	-0.060	0.062	0.091	0.047	0.033	0.024	0.047	0.060	-0.013	-0.019	0.008	-0.026	0.044	-0.018	0.302	0.175	-0.129	1.000

Fuente: Elaboración con base en los resultados de los modelos IEGA y VIGA.