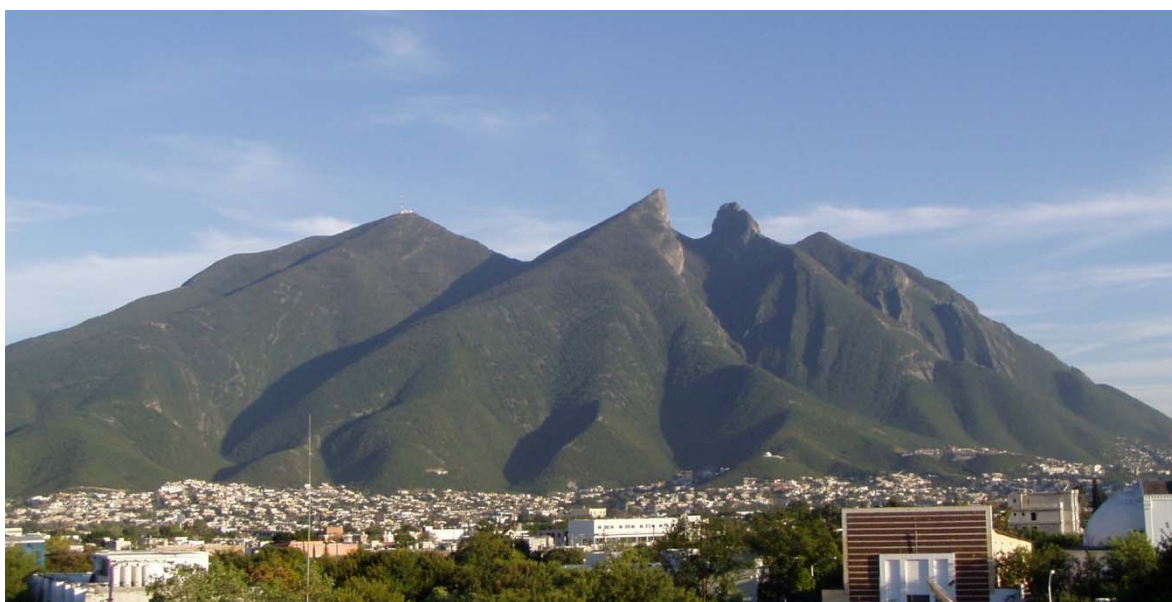


Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía

Ciudad de Monterrey, N. L.



Organismo de Cuenca
Río Bravo

Diciembre 2014

Contenido

0. GRUPO TÉCNICO DIRECTIVO	1
1. PRESENTACIÓN	2
2. OBJETIVOS DEL PROGRAMA	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. ANTECEDENTES.....	4
3.1. ¿Qué es la Sequía?.....	4
3.2. Marco legal e institucional de la gestión urbana del agua en Monterrey.....	6
3.2.1 Programa Nacional Hídrico 2014-2018.....	7
3.2.2 Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE)	7
3.2.3 Legislación local	9
3.2.4 Organismos y entidades relacionadas con la prevención y mitigación de la sequía para el uso público urbano	12
4. CARACTERIZACIÓN DE LA CIUDAD Y SU SISTEMA DE AGUA SELECCIONADA Y SU ENTORNO	13
4.1. Ubicación y delimitación geográfica.....	13
4.2. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM).....	14
5. ANÁLISIS DE LAS SEQUÍAS HISTÓRICAS.....	17
5.1. Sequías en Nuevo León.....	18
5.2. Efectos de las sequías en áreas urbanas	20
6. ANÁLISIS DE LA DEMANDA	21
6.1. Características de la demanda	22
6.2. Programa de sectorización	22
6.3. Estimación de la dotación de agua potable	23
6.4. Eficacia del servicio	25
6.5. Incremento de tarifas.....	27
6.6. Proyección de la población y la demanda de agua	28
7. ANÁLISIS DE LA OFERTA	31
7.1. Fuentes de abastecimiento.....	31
7.2. Asignaciones de aguas nacionales.....	34
7.3. Disponibilidad de agua en las fuentes de abastecimiento	35
7.4. Medición del agua	37
8. VULNERABILIDAD A LAS SEQUÍAS.....	38

9. INDICADORES DE SEQUÍAS	40
9.1. Indicadores regionales.....	40
9.1.1 Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)	40
9.1.2 Índice de Escurrimiento Estandarizado (SDI) o Índice Hidrológico de Sequía	40
9.1.3 Índice de Estado	41
9.2. Indicadores para la Zona Metropolitana de Monterrey.....	44
9.2.1 Umbrales de la sequía	45
10. MEDIDAS PARA ATENDER LAS SEQUÍAS	55
10.1. Antes de la sequía: prevención	55
10.2. Durante la sequía: mitigación	56
10.3. Clasificación de las medidas	57
11. PROGRAMA DETALLADO DE ACCIONES	61
11.1. Programa para medidas de prevención (Estratégicas)	61
11.2. Programa para medidas de mitigación (Tácticas o Emergencias).....	64
11.3.1 Primera etapa: Sequía Moderada.	64
11.3.2 Segunda etapa: Sequía Severa	64
11.3.3 Tercera etapa: Sequía Extrema.....	66
11.3.4 Cuarta etapa: Sequía Excepcional.....	66
11.3.5 Sanciones y medidas de vigilancia y control	67
12. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA.....	68
13. DECLARACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE LA SEQUÍA.....	71
13.1. Monitor de Sequía en México	71
13.2. Monitor de sequía urbana	72
14. SEGUIMIENTO, REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA.....	73
15. CONCLUSIONES.....	74
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

0. Grupo Técnico Directivo

Considerando lo planteado en el marco teórico para la ‘Formulación del PMPMS’, una parte importante para la implementación efectiva y apropiada del programa, es la estructuración de la organización social e institucional que permita diseñar, aplicar y coordinar las estrategias para afrontar las sequías, mediante la creación de un Grupo Técnico Directivo (GTD) que, a su vez organizado en grupos de trabajo, permita dar seguimiento, evaluar y pronosticar las condiciones de desarrollo del fenómeno, y con ello, las respuestas más adecuadas ante las diversas fases de su gravedad; Esto enfocado al ámbito de la zona urbana atendida por el servicio de agua potable unidad de planeación y operación.

Para afrontar exitosamente la sequía debe haber una figura organizativa orientada exclusivamente hacia ese fin, el GTD. En este esquema deben intervenir principalmente el o los Organismos Operadores que atienden la zona urbana, las autoridades del agua (CONAGUA, la Comisión Estatal del Agua u organismo similar)) en su ámbito de competencia, así como de otras dependencias e instituciones y los representantes de los sectores usuarios. Cada persona integrante de este grupo debe tener asignadas determinadas responsabilidades, adecuadas a su perfil, experiencia, capacidad y origen, y todos en conjunto deben aportar, integrar y analizar la información, de tal suerte que el resultado sea congruente, oportuno y útil para atender y afrontar los problemas que el fenómeno trae consigo.

En la siguiente tabla 0.1 se presenta una propuesta de los participantes del GTD, en él se presentan diversas instituciones y sectores que pueden integrarlo, al inicio se marcan los participantes que van a integrar el primer documento del PMPMS. La dinámica legal o política puede modificar este esquema, sin embargo debe prevalecer el espíritu de funcionalidad para constituirlo y que cumpla el fin al que está destinado el GTD.

Tabla 0.1 Propuesta de los participantes del GTD

Institución	Nombre	PMPMS
Conagua OCRB	M. en C. Amalio Cardona Rodríguez	Sí
Conagua OCRB	M. en C. Doroteo Treviño	Sí
SADM-Sistema de Aguas de Monterrey	Ing. Ramón Morga	Si
SADM-Sistema de Aguas de Monterrey	Ing. María Hilaria Ortiz Peña	Si
SADM-Sistema de Aguas de Monterrey	Ing. Francisco Javier Sáenz	Si
ITESM – Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Dr. Aldo Iván Ramírez Orozco	
UANL – Universidad Autónoma de Nuevo León	Dr. Víctor Hugo Guerra Cobián	
IANL – Instituto del Agua de Nuevo León	Ing. Humberto Vela del Bosque	

Este grupo inicial debe de realizar la gestión correspondiente con las instituciones funcionales y administrativas para que pueda ser llevado cabo el programa. Sobre todo gestiones a nivel legal para establecer las bases para su implementación legal y garantizar la participación de todos los organismos necesarios.

1. Presentación

La recurrencia de fenómenos climatológicos adversos repercute negativamente en los diferentes sectores sociales y económicos del país, y en los sectores más vulnerables, como son los habitantes de las poblaciones marginadas y los productores del campo. La sequía es uno de los fenómenos naturales más complejos y que afecta a más personas en el mundo. Además de sus efectos directos en la producción, la sequía puede perturbar el abastecimiento de agua para consumo humano, obligar a las poblaciones a emigrar e incluso, en casos extremos, puede causar hambrunas y muerte de personas. A diferencia de otros fenómenos naturales cuyos impactos son locales y de corto plazo, las sequías abarcan grandes áreas geográficas y sus consecuencias pueden prevalecer por varios años, con un efecto negativo en la calidad de vida y en el desarrollo de las poblaciones afectadas.

En las últimas décadas, debido a la importancia que se le ha dado al estudio de los fenómenos del calentamiento global y del cambio climático, se han analizado con gran atención los cambios que se pueden presentar en los climas globales y locales, especialmente en los puntos críticos del ciclo hidrológico.

Con respecto a la sequía, sus impactos dependen directamente de la vulnerabilidad y de la habilidad de las comunidades y los gobiernos para enfrentar el fenómeno, lo que a su vez está influido por las condiciones socioeconómicas, productivas y de calidad de recursos de las poblaciones.

Como consecuencia de las sequías de los últimos años en el país, el gobierno federal puso en marcha el PRONACOSE (Programa Nacional Contra la Sequía). A través de este programa, en la Etapa 1, se elaboró el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) para cada uno de los 26 Consejos de Cuenca del país. En esta Etapa 2, con base en los resultados anteriores se propone realizar el programa para 26 ciudades del país.

De ahí el interés del presente documento, denominado “PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA (PMPMS) EN LA CIUDAD DE MONTERREY, NUEVO LEÓN”, el cual tiene como propósito contribuir a minimizar los impactos sociales, económicos y ambientales de eventuales situaciones de sequía en el marco territorial del Área Metropolitana de la ciudad de Monterrey, mediante un programa que establece los procedimientos para, de manera preventiva, enfrentar las sequías en el entorno urbano de esta ciudad y proponiendo una serie de medidas preventivas y estratégicas de mitigación y de respuesta a la sequía, que permitan, mediante una gestión apropiada de este riesgo, reducir sus efectos en la población, en la salud y la economías de ciudad.

2. Objetivos del programa

2.1. Objetivo general

Explicar la presencia y las características de las sequías en la zona urbana de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, con el fin de identificar y establecer las medidas preventivas y de mitigación de las mismas de manera específica para esta ciudad. Y a su vez, para promover la participación informada de la población y reducir la vulnerabilidad ante este fenómeno.

2.2. Objetivos específicos

Preparar un programa para enfrentar adecuadamente las sequías, en las tres etapas antes, durante y posterior al evento. Donde se señalen las acciones que se deben ejecutar y quién las debe realizar.

Integrar un sistema de alertamiento confiable y oportuno para monitorear continuamente las condiciones meteorológicas e hidrológicas, que determinan la posible presencia de una sequía para preparar a la población y actuar oportunamente ante este fenómeno.

Mantener informada a la población acerca del fenómeno de la sequía, sus etapas y sus posibles consecuencias.

Establecer las medidas preventivas y de mitigación que deberán realizarse durante todas las etapas de la sequía, las instituciones involucradas y los mecanismos de acción.

3. Antecedentes

3.1. ¿Qué es la Sequía?

Una sequía es la disminución en el valor esperado del volumen almacenado en -acuíferos, lagos o embalses artificiales- o del escurrimiento en ríos, para una determinada época del año. Las causas se deben a i) una menor cantidad de la precipitación pluvial, ii) un retraso en la ocurrencia de la precipitación pluvial, o a iii) una combinación de ambas causas naturales.

La precipitación pluvial se relaciona con la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera regional (determinada por la temperatura del aire), combinada con el flujo ascendente de la masa de aire que contiene el vapor de agua. Si estos factores combinados no soportan los volúmenes de precipitación suficientes para alcanzar la superficie terrestre, el resultado es una sequía. Esto puede ser provocado por una gran cantidad de luz solar reflejada y por una prevalencia superior a la media de sistemas de alta presión, vientos soplando masas de aire continental en lugar de oceánicas, y por las secuencias de zonas de alta presión derivadas de condiciones que impiden o restringen el desarrollo de tormentas o lluvias sobre una región determinada. Los ciclos oceánicos y atmosféricos -tales como las ondas del Este, los huracanes, los nortes, las vaguadas y el avance de la Zona de Convergencia Intertropical, entre otros- establecen a la sequía como una característica normal y recurrente del clima de las zonas áridas y semiáridas de México.

Por lo general, una sequía es un período prolongado en que una región experimenta una deficiencia en el suministro de agua, ya sea atmosférica o proveniente de aguas superficiales y subterráneas. Una sequía puede durar meses o años, o puede ser declarada después de un retraso en el inicio de la temporada de lluvias de tan solo 15 días. Por lo general, una sequía ocurre cuando una región recibe constantemente precipitaciones inferiores a la media estadística. Aunque una sequía puede persistir durante varios años, incluso una sequía corta e intensa puede causar daños significativos al ambiente y a la economía local. Mientras una sequía persiste, las condiciones del entorno empeoran gradualmente y su impacto en la población local aumenta progresivamente.

Las sequías pueden tener consecuencias significativas en el medio ambiente, la agricultura, la salud, la economía y en aspectos sociales, de acuerdo con su vulnerabilidad. Por ejemplo, los agricultores de subsistencia están más propensos a migrar durante una sequía, porque no tienen otras fuentes de alimentos. Las áreas con poblaciones que dependen como fuente principal de alimentos locales son más vulnerables a la hambruna.

La sequía también puede deteriorar la calidad del agua porque un escurrimiento menor reduce la capacidad de dilución de contaminantes y aumenta la contaminación de fuentes de agua subsecuentes. Las consecuencias más comunes de la sequía incluyen:

- Disminución de la producción agrícola o de sus rendimientos y de la capacidad de carga de las áreas de agostadero para el ganado,
- Zonas polvorientas, signo propio de la erosión, que degradan aún más el paisaje,
- Tormentas de polvo, cuando la sequía impacta un área que sufre la desertificación y la erosión,
- Hambrunas debidas a la falta de agua para el riego,
- Daños a los hábitat, que afectan tanto a la fauna terrestre como a la acuática,
- Hambre, falta de alimentos por la falta oportuna de lluvias en cultivos de temporal y o agua para riego.
- Desnutrición, malnutrición, deshidratación y enfermedades relacionadas con la falta de agua y alimentos,
- Migraciones masivas, lo que resulta en el desplazamiento interno e incluso en refugiados internacionales,
- Reducción en la generación de energía hidroeléctrica, debido a la reducción del flujo de agua a través de las presas,
- El racionamiento de agua para los usuarios comerciales, industriales y residenciales,
- La migración de serpientes, que se traduce en mordeduras de serpientes,
- Malestar social,
- Lucha por los recursos naturales, incluyendo el agua y los alimentos, y
- Los incendios forestales se incrementan durante las épocas de sequía e incluso la muerte de personas.

Si bien en la actualidad las personas pueden mitigar con eficacia la mayor parte del impacto de la sequía a través de la irrigación y la rotación de cultivos, la omisión para desarrollar estrategias adecuadas de prevención y mitigación de las sequías conlleva un costo humano grave, exacerbado por las cada vez mayores densidades de población.

No obstante, debe hacerse notar que las actividades humanas pueden detonar directamente factores que deterioran la capacidad de la tierra para capturar y retener el agua, como el subsoleo exagerado, el riego excesivo, la deforestación y la erosión. Aunque estas acciones tienden a ser relativamente aisladas en su ámbito de aplicación, se conjetura que las actividades que impactan en el cambio climático global provocarán sequías con un impacto sustancial en la agricultura. En general, se estima que el calentamiento global producirá un aumento en la precipitación mundial, debido a que un incremento en la temperatura del aire atmosférico puede contener un volumen superior de agua y, en consecuencia, provocar una mayor precipitación pluvial. El equilibrio global del clima indica que a la par con la disminución de precipitación en algunas zonas, las inundaciones y la erosión se incrementarán en otras. Paradójicamente, algunas propuestas de solución al calentamiento global que se centran en las técnicas más activas -por ejemplo, el manejo de la radiación solar mediante el uso de un parasol-, también pueden llevar consigo un aumento en la probabilidad de una sequía.

Sequía meteorológica

La sequía meteorológica ocurre cuando la precipitación acumulada en cierto periodo de tiempo es más baja que la del promedio de las precipitaciones registradas en un lapso igual al periodo seleccionado.

Sequía hidrológica

La sequía hidrológica se presenta cuando los escurrimientos superficiales son menores a los escurrimientos medios mensuales que se han registrado en el cauce.

Sequía agrícola

La sequía agrícola es la que afecta la producción de cultivos o la ecología de varios hábitats. Sin embargo, esta condición también puede surgir con independencia de cualquier cambio en las cantidades de precipitación, cuando las condiciones del suelo y la erosión provocada por las actividades agrícolas mal planificadas causan un déficit de agua disponible para los cultivos. En este sentido, la sequía agrícola puede ser causada por un periodo prolongado de precipitación por debajo de la media -sequía verdadera- o por intervenciones antropogénicas inadecuadas, lo cual constituye una “sequía operativa”.

Sequía operativa

Asimismo, suele referirse como “sequía operativa” a las actuaciones inapropiadas de los proveedores del servicio público domiciliario de agua potable cuando no se pueden satisfacer las necesidades de los usuarios debido a que la demanda excede el suministro de las fuentes de abastecimiento disponibles, lo cual tampoco es una sequía verdadera, sino una planeación deficiente.

Sequía Socioeconómica

Otra clasificación de la sequía identifica a la “sequía socioeconómica” cuando la cantidad de agua disponible afecta a la economía de la población. Huelga decir que esta tipología es un tanto redundante, ya que casi todas las sequías que se manifiestan plenamente afectan la economía de la población.

3.2. Marco legal e institucional de la gestión urbana del agua en Monterrey

Conforme al artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las entidades federativas deben adoptar, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre, o las delegaciones políticas sólo en el caso del Distrito Federal. El municipio, a su vez, debe ser gobernado por un ayuntamiento de elección popular directa, integrado por un presidente municipal y el número de regidores y síndicos que la ley determine.

Los municipios están investidos de personalidad jurídica y manejan su patrimonio conforme a la ley. Los ayuntamientos tienen facultades para aprobar, de acuerdo con las leyes en materia municipal que deben expedir las legislaturas de los estados, los bandos de policía y gobierno, así como los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas de observancia general dentro de sus respectivas jurisdicciones, de tal manera que organicen la administración pública municipal, regulen las materias, procedimientos, funciones y servicios públicos de su competencia y aseguren la participación ciudadana y vecinal.

Los municipios tienen a su cargo, entre otras, las funciones y servicios públicos de agua potable, drenaje [pluvial], alcantarillado [sanitario], tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

Sin perjuicio de su competencia constitucional, en el desempeño de las funciones o la prestación de los servicios a su cargo, los municipios deben observar lo dispuesto por las leyes federales y estatales.

Los municipios, previo acuerdo entre sus ayuntamientos, pueden coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan. En este caso y tratándose de la asociación de municipios de dos o más entidades federativas, deben contar con la aprobación de las legislaturas de las entidades federativas respectivas. Asimismo, cuando a juicio del ayuntamiento respectivo sea necesario, podrán celebrar convenios con el estado para que éste, de manera directa o a través del organismo correspondiente, se haga cargo en forma temporal de algunos de ellos, o bien se presten o ejerzan coordinadamente por el estado y el propio municipio.

3.2.1 Programa Nacional Hídrico 2014-2018

El objetivo 2 del Programa Nacional Hídrico 2014-2018 es incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.

Para ello la estrategia 2.1 Proteger e incrementar la resiliencia de la población y áreas productivas en zonas de riesgo de inundación o sequía, en particular propone implementar el Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), y la estrategia 2.2 Reducir la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático o variabilidad climática, propone específicamente incrementar la participación y corresponsabilidad de estados y municipios para acciones de prevención y mitigación de los efectos de la variabilidad climática.

3.2.2 Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE)

En enero de 2013, la Conagua dio a conocer el proyecto de implementación del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), que tiene como elementos base la observación y registro de la sequía y la elaboración de programas por cuencas y usuarios para afrontar sequías.

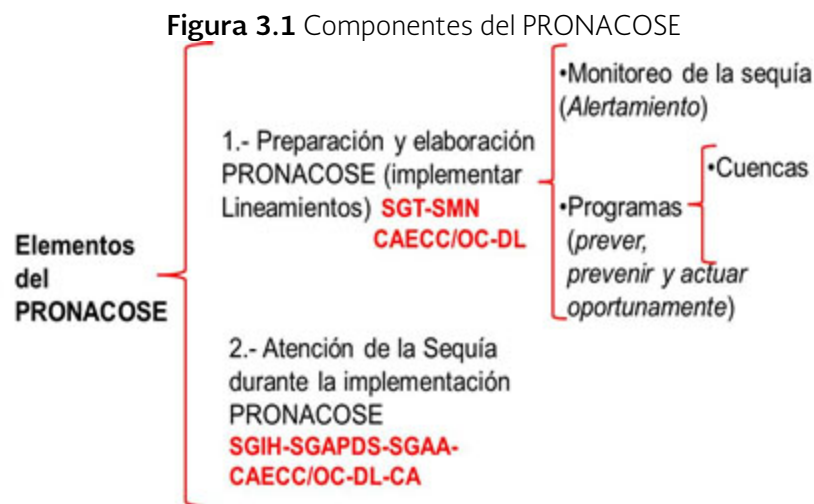
El PRONACOSE tiene su origen en la sección 2.4, dedicada al desarrollo sustentable, del Pacto por México una serie de compromisos hechos por todas las fuerzas políticas del país al comienzo de la presente administración pública federal. Específicamente, el compromiso 52 Replantear el Manejo Hídrico del País indica que “Se atenderán de manera prioritaria y oportuna las sequías que afectan el norte y centro del país. Se impulsará el agua de mar como fuente de abastecimiento con plantas desalinizadoras. Para llevar a cabo todo lo anterior, se impulsará la aprobación de la nueva Ley de Agua Potable y Saneamiento y reformar [sic] la Ley de Aguas Nacionales”.

El PRONACOSE consiste en la atención, seguimiento, mitigación y prevención del fenómeno recurrente de la sequía en el territorio nacional. Su objetivo es la elaboración de instrumentos aprobados por los Consejos de Cuenca que permitan la gestión integrada de los recursos hídricos bajo los efectos de este fenómeno natural, en torno a un nuevo enfoque proactivo y preventivo.

El gobierno federal administra el PRONACOSE a través de la Comisión Nacional del Agua y lo instrumenta mediante un grupo de instituciones que incluye a universidades públicas, centros de investigación y organismos de gobierno, además de especialistas nacionales e internacionales en la materia.

El PRONACOSE consiste en dos componentes:

1. Elaborar los programas de medidas para prevenir y afrontar las sequías en el ámbito de cuencas o grupos de cuenca, y
2. Ejecutar las acciones para mitigar las sequías existentes.



El primer componente contiene, a su vez, dos partes.

- I. Alertamiento de la sequía. Para esto, se requiere desarrollar los indicadores de la condición de la sequía y publicarlos en la página de internet de la Conagua, y
- II. Programas de medidas para prevenir y afrontar sequías en cuencas o grupos de cuencas. Esta actividad requiere elaborar para cada uno de los 26 Consejos de Cuenca un Programa de medidas para prevenir y mitigar la sequía en cuencas y los programas para los usuarios de las aguas nacionales. La Conagua brindará apoyo a través de sus 13 Organismos de Cuenca.

La coordinación de la formulación de los programas se llevó a cabo a través de un convenio de colaboración con una universidad reconocida en el tema, misma que coordinará a once grupos de investigadores o universidades y al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Con respecto al segundo componente se pretende crear dos comités:

- I. Comité Interinstitucional para la Atención de la Sequía, conformado por la Presidencia de la República, Conagua, Conafor, y las secretarías de Economía, Educación Pública, Energía, Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Salud, Defensa Nacional, Desarrollo Social, Gobernación y Turismo
- II. Comité de Expertos.

El comité interinstitucional dará seguimiento a las acciones que realicen todas las dependencias del gobierno federal ante la eventual ocurrencia de una sequía. Se buscará la convergencia de programas institucionales federales existentes para la atención de las sequías en las dependencias mencionadas. El comité de expertos tendrá la función de evaluar el avance del Programa Nacional contra la Sequía y emitir recomendaciones.

Durante 2013 se elaboraron 26 Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, uno para cada Consejo de Cuenca, en coordinación con algunas instituciones de investigación.

Como segunda etapa, durante 2014 se ha planeado elaborar los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía para 26 ciudades del país entre las que se encuentran por ejemplo: Chihuahua, Chihuahua, Monterrey, Nuevo León, Cuernavaca, Morelos y Puebla, Puebla.

3.2.3 Legislación local

Ni la Ley de Agua Potable y Saneamiento para el Estado de Nuevo León (publicada en el Periódico Oficial del Estado el 3 de octubre de 1997 y reformada por última vez el 24 diciembre de 2010); el Reglamento para la Prestación de los Servicios de Agua y Drenaje (expedido por el Ejecutivo del Estado, y publicado en el número 68 del Periódico Oficial del Estado el 24 de agosto de 1966 y reformado por última vez el 15 de mayo de 2003); el Plan Estatal de Desarrollo 2010-2015; el Programa Sectorial de Desarrollo Social 2010-2015, ni la Ley que Crea la Institución Pública Descentralizada “Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey” (publicada en el Periódico Oficial del Estado el 9 de mayo de 1956 y reformada por última vez el 14 abril 2014) aluden a las acciones que deben tomarse en caso de una sequía, ni a los preparativos que deben hacerse para afrontarla en manera tal que se minimicen sus efectos.

No obstante, el 7 de enero de 2002, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey elaboró un Plan de Contingencia ante Condiciones de Sequía. Su propósito es provocar una reacción conjunta y coordinada de las instancias de la administración pública relacionadas con la provisión de los servicios de agua potable y los usuarios de los mismos ante las condiciones temporales de una sequía, para inducir la conservación y recuperación de las fuentes de abastecimiento de agua y garantizar la mayor continuidad posible en la disposición de la misma a fin de asegurar la calidad de vida de los usuarios del servicio, procurando el menor riesgo a la salud pública y menor impacto a las actividades productivas vinculadas al uso y aprovechamiento del agua.

El plan está diseñado para que SADM regule los usos del agua durante los periodos de sequía, clasificándolos como esenciales -doméstico, hospitalario, centros de asistencia,

extinción de incendios y protección de la salud, bienestar y seguridad públicos (sanitario, centros educativos y servicios públicos urbanos)- y no esenciales en todo el estado de Nuevo León, pero particularmente en el área metropolitana de Monterrey, donde habita el 85% de la población de la entidad. Tanto la declaratoria del inicio de las etapas de la sequía, así como su terminación están a cargo de un Comité de Contingencia, integrado por personal de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

El Plan considera cuatro etapas: condiciones moderadas de escasez de agua, condiciones severas de escasez de agua, condiciones críticas de escasez de agua y condiciones de emergencia de escasez de agua. Esta información se divulga a la comunidad por medio de radio, prensa, televisión, boletines, volantes o a través de las facturas. Adicionalmente, se notifican al gobernador del estado, los presidentes municipales, los departamentos de bomberos, las unidades de protección civil, los departamentos de seguridad pública y los centros hospitalarios, asistenciales y de educación preescolar, escolar y hasta media superior.

En la primera etapa, condiciones moderadas de escasez de agua, se busca alcanzar por actos de conciencia y sentido de responsabilidad de los usuarios hasta un 10% de reducción voluntaria en la demanda diaria de agua. No obstante, se recomienda a los usuarios revisar las fugas en sus domicilios; se promueve el uso de aditamentos ahorradores en llaves, regaderas y sanitarios, así como el uso de agua residual tratada en la industria y en el riego de áreas verdes, y se solicita que el riego de jardines se limite a dos días a la semana. En la segunda etapa, condiciones severas de escasez de agua, se imponen restricciones generales obligatorias para reducir hasta el 15% del consumo de agua diario; adicionalmente, el lavado de infraestructura con agua potable se considera no esencial y, por tanto, queda prohibido, así como el llenado de albercas y la operación de fuentes ornamentales, y se restringe el lavado de automóviles y el riego de áreas verdes y jardines a dos días a la semana.

En la tercera etapa, condiciones críticas de escasez de agua, se establecen restricciones generales obligatorias para reducir hasta el 20% del consumo de agua diario; adicional al lavado de infraestructura con agua potable, llenado de albercas y la operación de fuentes ornamentales, se prohíbe el lavado de automóviles y se restringe el riego de áreas verdes y jardines a un día a la semana. En la cuarta etapa, condiciones de emergencia de escasez de agua, se emiten restricciones generales obligatorias para reducir hasta el 30% del consumo de agua diario; en adición a la prohibición de lavar infraestructura, vehículos automotores, llenar albercas y operar fuentes ornamentales con agua potable, se restringe el abasto a 16 horas diarias, se suspende la instalación de nuevos servicios y se prohíbe el riego de áreas verdes y jardines. En la Tabla 3.1 se resumen estas restricciones.

Cuando las condiciones son normales no existen restricciones para reducir el consumo de agua; sin embargo, su uso debe estar autorizado, ya que, conforme a la fracción II del artículo 57 de la Ley de Agua Potable y Saneamiento, las personas que emplean el agua potable en usos no autorizados cometen infracción y están sujetos a sanciones.

Asimismo, aunque en la primera etapa, condiciones moderadas de escasez de agua, se presentan las restricciones como voluntarias, de hecho no lo son, ya que el propio Plan de Contingencia ante Condiciones de Sequía indica en su sección de sanciones y medidas de vigilancia y control que, ante el incumplimiento de las restricciones “voluntarias”, se emitirá un exhorto escrito y una amonestación para contribuir a la conservación del agua y a la buena práctica del Plan y, en caso de reincidencia, se hará una clausura temporal y parcial de la toma, conforme al artículo 57 fracción II, 58 fracción I, 59 y 60 de la Ley de Agua Potable y Saneamiento. Los usos restringidos y prohibidos de las etapas segunda, tercera y cuarta se consideran usos no autorizados y, por tanto, sujetos a sanciones administrativas.

Tabla 3.1 Restricciones de uso del agua para las distintas etapas de una sequía

Etapas de la sequía	Restricciones
Anormalmente seco	Sin restricciones, pero el uso del agua debe estar autorizado para no incurrir en una infracción
Sequía Moderada	10% de reducción voluntaria en la demanda diaria de agua; se recomienda a los usuarios revisar las fugas en sus domicilios; se promueve el uso de aditamentos ahorradores en llaves, regaderas y sanitarios, así como el uso de agua residual tratada en la industria y en el riego de áreas verdes, y se solicita que el riego de jardines se limite a dos días a la semana
Sequía Severa	15% de reducción obligatoria en la demanda diaria de agua; se prohíbe el lavado de infraestructura con agua potable, el llenado de albercas y la operación de fuentes ornamentales, y se restringe el lavado de automóviles y el riego de áreas verdes y jardines a dos días a la semana
Sequía Extrema	20% de reducción obligatoria en la demanda diaria de agua; se prohíbe el lavado de infraestructura, el llenado de albercas, la operación de fuentes ornamentales y el lavado de automóviles con agua potable, y se restringe el lavado de automóviles y el riego de áreas verdes y jardines a un día a la semana
Sequía Excepcional	30% de reducción obligatoria en la demanda diaria de agua; se prohíbe el lavado de infraestructura, el llenado de albercas, la operación de fuentes ornamentales y el lavado de automóviles con agua potable, y se restringe el abasto a 16 horas diarias, se suspende la instalación de nuevos servicios y se prohíbe el riego de áreas verdes y jardines

Fuente: Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, 2002

Por otra parte, para que se hacer efectiva la restricción en la demanda diaria de agua es necesario realizar mediciones diarias, ya que si el recibo es bimestral no se podría hacer cumplir la restricción. De hecho, la fracción XVI del artículo séptimo de los Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía (Conagua, 2012 c) indican la necesidad de modificar los sistemas y bases de datos electrónicos de los usuarios de las aguas nacionales para uso público urbano, de manera que durante la sequía los reportes y facturación a los consumidores se pueda realizar de manera mensual. Incluso en este último caso, no sería posible hacer cumplir la restricción en la demanda diaria de agua sin mediciones mensuales.

3.2.4 Organismos y entidades relacionadas con la prevención y mitigación de la sequía para el uso público urbano

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey es la entidad responsable de prestar los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como el tratamiento de las aguas residuales municipales en todo el estado de Nuevo León. En consecuencia, cuando la Conagua emita la declaratoria de sequía severa, conforme a los Lineamientos específicos para ello (Conagua, 2012 c), SADM deberá ejecutar las acciones previstas en una actualización de su Plan de Contingencia ante Condiciones de Sequía.

La razón para actualizar el Plan de Contingencia ante Condiciones de Sequía de SADM es que los Lineamientos de Conagua (2012 c) prevén condiciones distintas para emitir la declaratoria de sequía y estipulan restricciones en el uso del agua diferentes a las previstas por SADM, según se muestra en la Tabla 3.2.

Conforme al artículo 4º de los Lineamientos (Conagua 2012 c), la Comisión Nacional del Agua determinará que una o varias cuencas hidrológicas o acuíferos se encuentran ante la presencia de una sequía severa emitiendo un “Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía”, en el cual precisará la extensión territorial de la afectación, así como las medidas para afrontar el fenómeno. La Conagua dará por concluida la vigencia del Acuerdo mediante la expedición de otro Acuerdo, en el que señalará que ha dejado de surtir los efectos la sequía severa ante la población.

Tabla 3.2 Comparación de las restricciones de Conagua y SADM para el uso del agua en las distintas etapas de una sequía

Etapa de la sequía		Declaratoria		Restricciones	
Conagua	SADM	Conagua	SADM	Conagua	SADM
Anormalmente seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Moderada	Moderada	S < 80%	S < 64%	10-15%, voluntario	10%, “voluntario”
Severa	Severa	S < 65%	S < 53%	15-25%, obligatorio	15%, obligatorio
Extrema	Crítica	S < 40%	S < 46%	25-40%, obligatorio	20%, obligatorio
Excepcional	Emergencia	S < 25%	S < 40%	> 40%, obligatorio	30%, obligatorio

S: Almacenamiento en un conjunto de presas

Previo a que la Conagua emita un Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía, los usuarios podrán implementar las medidas preventivas a fin de prepararse para afrontar una sequía. Cuando la Conagua emita un Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía, los usuarios de las aguas nacionales deberán instrumentar al menos las medidas de mitigación establecidas en los Lineamientos (Conagua, 2012 c) a efecto de hacer un uso eficiente del agua durante la contingencia; no obstante, los asignatarios podrán tomar medidas adicionales a las indicadas en ese instrumento.

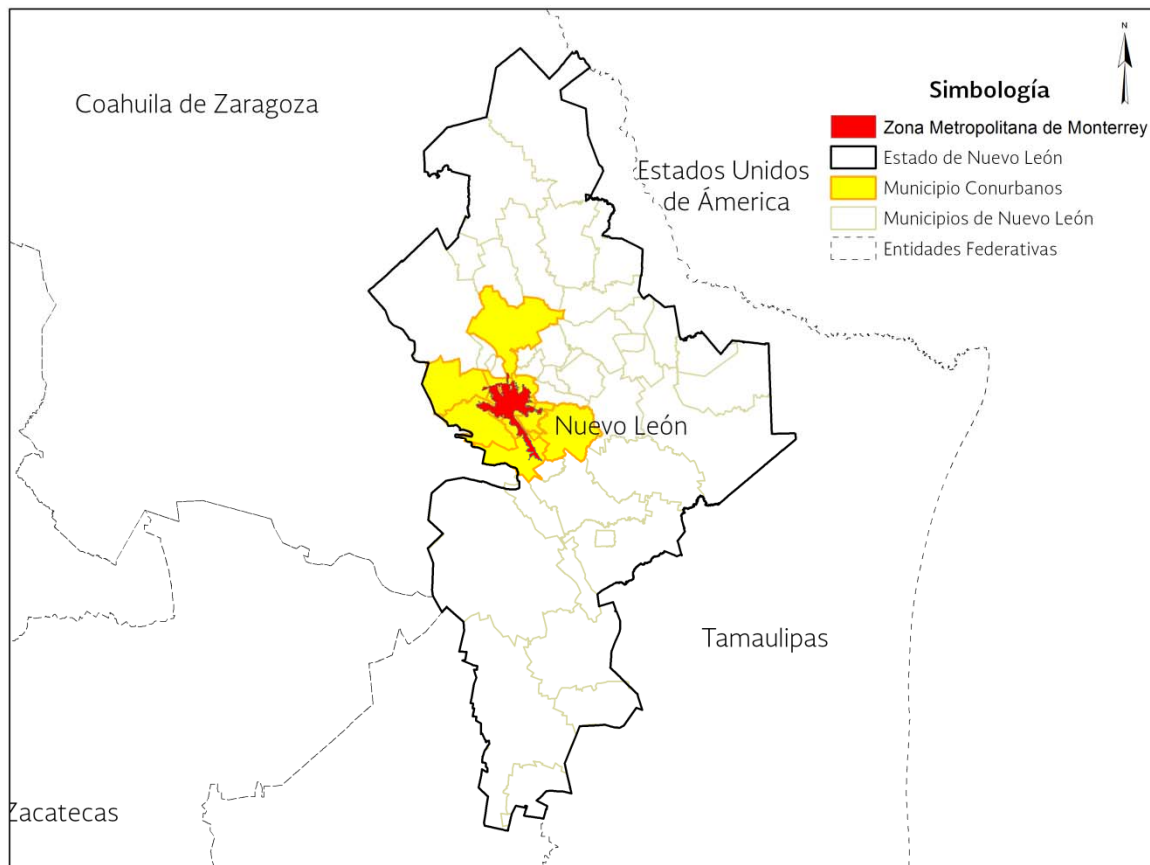
4. Caracterización de la ciudad y su sistema de agua seleccionada y su entorno

4.1. Ubicación y delimitación geográfica

Monterrey es una de las ciudades más desarrolladas de México, con un centro de negocios, industrial y económico muy importante. Es una de las ciudades con mejor calidad de vida en México e Hispanoamérica. Se le denomina La Capital Industrial de México, ya que en 2011 tuvo un Producto Interno Bruto de 699,134.825 mil millones de pesos, con 145,755.1 pesos de ingreso per cápita; el 47.8% de sus unidades económicas corresponden al comercio, 39.3% a servicios y el 9.8% a manufacturas (INEGI, 2012). Por otra parte, el centro de Monterrey tiene un déficit enorme de áreas verdes y árboles, y la ciudad tiene poco menos de la mitad de lo recomendado para los estándares internacionales.

El área metropolitana de la ciudad de Monterrey es un conjunto de trece municipios - Apodaca, Cadereyta Jiménez, Carmen, García, San Pedro Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina y Santiago- que abarcan 6,794 km² y mantienen un alto grado de integración socioeconómica.

Figura 4.1 Localización de la Zona Metropolitana



En la prestación de servicios al público -por empresas públicas o privadas- debe observarse que la condición metropolitana de un área no aniquila la normativa local, ya que los estados y los municipios tienen funciones y atribuciones distribuidas por la Constitución, además de que las leyes federales y estatales, así como los reglamentos municipales, desarrollan aún más la manera en que se presta un servicio en un lugar específico. La dimensión metropolitana se refiere a un fenómeno nuevo que no existía cuando se redactó la Constitución y que no se ha abordado en las múltiples enmiendas que sufre cada año. Por tanto, la ausencia de una base constitucional que organice la atención de este fenómeno ha conducido a convenios de coordinación entre municipios o entre entidades federativas que resultan útiles hasta donde llega la buena voluntad, y a partir de ahí las iniciativas se estancan y se acumulan los problemas porque no existe una autoridad que pueda tomar decisiones que incumben y afectan a toda la zona metropolitana.

De esta manera se podría considerar la idoneidad de establecer autoridades metropolitanas. En algunos países existe la autoridad metropolitana del transporte o la autoridad metropolitana del agua, pero no en México. Esta autoridad podría tener la atribución de tomar decisiones en el nivel más alto para aquellas cuestiones que son de orden general, que implican políticas básicas en relación al tema específico de un servicio. Esto no quiere decir que el servicio mismo tenga que ser prestado por esa autoridad, ya que lo pueden hacer los organismos operadores de agua potable y saneamiento municipales o intermunicipales, pueden persistir los convenios de coordinación -pero con una base jurídica distinta, con la posibilidad de hacerse cumplir- o desarrollarse esquemas de participación o asociaciones público privadas en diversas modalidades y escalas.

A diferencia de Las Vegas, Nevada, por ejemplo, Monterrey, Nuevo León, no creció por el puro esfuerzo humano en una naturaleza desértica. Según Manuel Payno -en un artículo de 1844 denominado Monterrey, Capital del Departamento de Nuevo León y publicado en el periódico El Museo Mexicano- Monterrey era en aquel entonces un vergel, con agua en abundancia y una copiosa vegetación desde el cerro de La Silla hasta el de La Mitra.

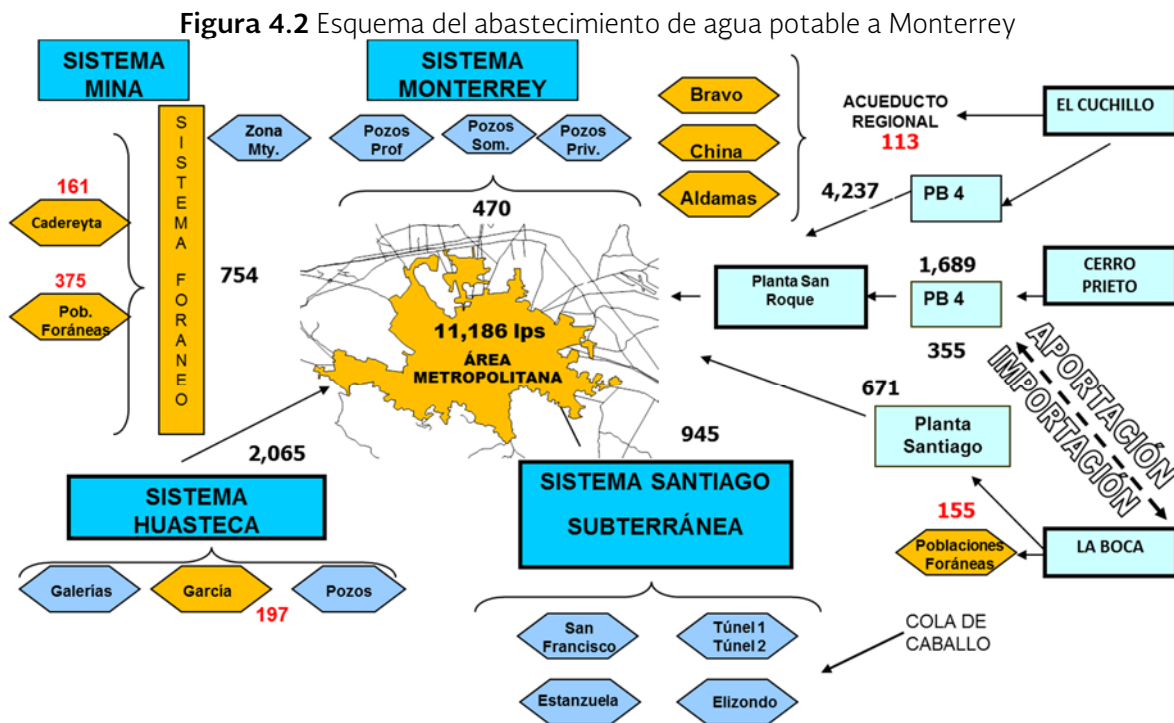
Aunado al clima extremoso de Monterrey, la deforestación y el crecimiento sostenido de la zona urbana contribuyeron a que se extinguiera ese vergel.

4.2. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM)

En 1906 se inicia la modernización en la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado sanitario, drenaje pluvial y el tratamiento de las aguas residuales municipales. Ya desde el siglo anterior, en 1878, se había hecho un esfuerzo para llevar el agua a los hogares regiomontanos con la acequia de Las Quintas, desde el cerro del Obispado hasta la plaza principal.

En 1909 se construye una galería filtrante en el lecho del río Santa Catarina y se aprovecha el agua del manantial La Estanzuela. Hacia 1950 se construyeron los socavones de San Francisco y Cola de Caballo y se desarrollaron los sistemas La Huasteca y Mina. En 1960 se erigió la presa La Boca y en la década de 1970 se construyeron los pozos profundos para la extracción de agua a gran escala. En los 1980's se construyó el Sistema Linares-Monterrey, que incluye la presa Cerro Prieto y el acueducto Linares-Monterrey, de 133 km de longitud. Ya en los 1990's se construyó el

Sistema China–Monterrey, consistente de la presa El Cuchillo y el acueducto China-Monterrey, de 102 km de longitud. En la figura 4.2 se muestra un esquema del sistema de abastecimiento de agua al área metropolitana de Monterrey.



Hoy en día, la provisión de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como de los servicios públicos municipales de drenaje pluvial y tratamiento de las aguas residuales está a cargo de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM), institución pública descentralizada del gobierno del estado de Nuevo León, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Los antecedentes de SADM se remontan a 1906, al otorgarse una concesión para que esa empresa privada construyera un sistema de agua potable y alcantarillado sanitario, planeado para dar servicio a 200 mil habitantes. Posteriormente, en 1945 el gobierno del estado de Nuevo León adquirió la compañía, y en 1956 se expidió la ley que creó a Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey como institución pública descentralizada del gobierno del estado de Nuevo León, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuyo fin -en un principio a la ciudad de Monterrey y sus municipios circundantes- fue prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento.

En 1971 se concibe el proyecto Monterrey I y se construye la planta potabilizadora La Boca, tres estaciones de bombeo, redes primarias de agua y drenaje, y los tanques Obispado Alto, Loma Larga I y La Silla I. En 1976 se inicia el proyecto Monterrey II, con el que se realizó la ampliación de los tanques Topo Chico, Loma Larga y Altamira; se incorporaron las estaciones de bombeo Topo Chico-Penal; comenzaron a operar los acueductos Mina II, Santiago II y Estanzuela, y se construyeron diferentes tanques secundarios y redes primarias de agua potable, alcantarillado sanitario y drenaje pluvial.

En 1980 comenzó el proyecto Monterrey III, al auspicio del cual se construyó la presa Cerro Prieto, el acueducto Linares-Monterrey y la potabilizadora San Roque. Asimismo, se incorporó el Anillo de Transferencia I y se construyeron 95 kilómetros de redes de distribución y reposición de ramales.

En 1990 se inició el proyecto Monterrey IV, a través del cual se construyó la presa El Cuchillo y el acueducto Cuchillo-Monterrey. Se incorporaron cinco estaciones de bombeo y la segunda etapa del primer Anillo de Transferencia. Se realizó la ampliación del tanque San Roque y la inauguración de 19 estaciones de bombeo; se tendieron 145 kilómetros de redes de distribución y se repusieron 130 kilómetros de ramales de colectores, y se construyeron tres plantas de tratamiento de aguas residuales.

En 1995 el Congreso de Nuevo León le asignó a SADM la responsabilidad de ofrecer sus servicios a todos los municipios del estado, y finiquitó el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Nuevo León (Sisteleón).

En 2009 comenzó el proyecto Monterrey V, con el que se construyó un segundo Anillo de Transferencia, de 73 kilómetros de longitud; 6 estaciones de bombeo, y una ampliación de 28 kilómetros y 7 tanques de almacenamiento a la red de distribución. Asimismo, se ampliaron las plantas de tratamiento Norte, Noreste, Pesquería y Dulces Nombres, y se construyeron las plantas de tratamiento de Cadereyta y Zuazua.

Finalmente, en 2010 dio inicio el proyecto Monterrey VI, concebido para asegurar el suministro de agua potable durante los próximos 30 años. Para este fin, la Comisión Nacional del Agua asignó al estado de Nuevo León un volumen de 473.04 hm³/año, equivalente a un caudal continuo de 15 m³/s, de las aguas nacionales que escurren en la cuenca del río Pánuco.

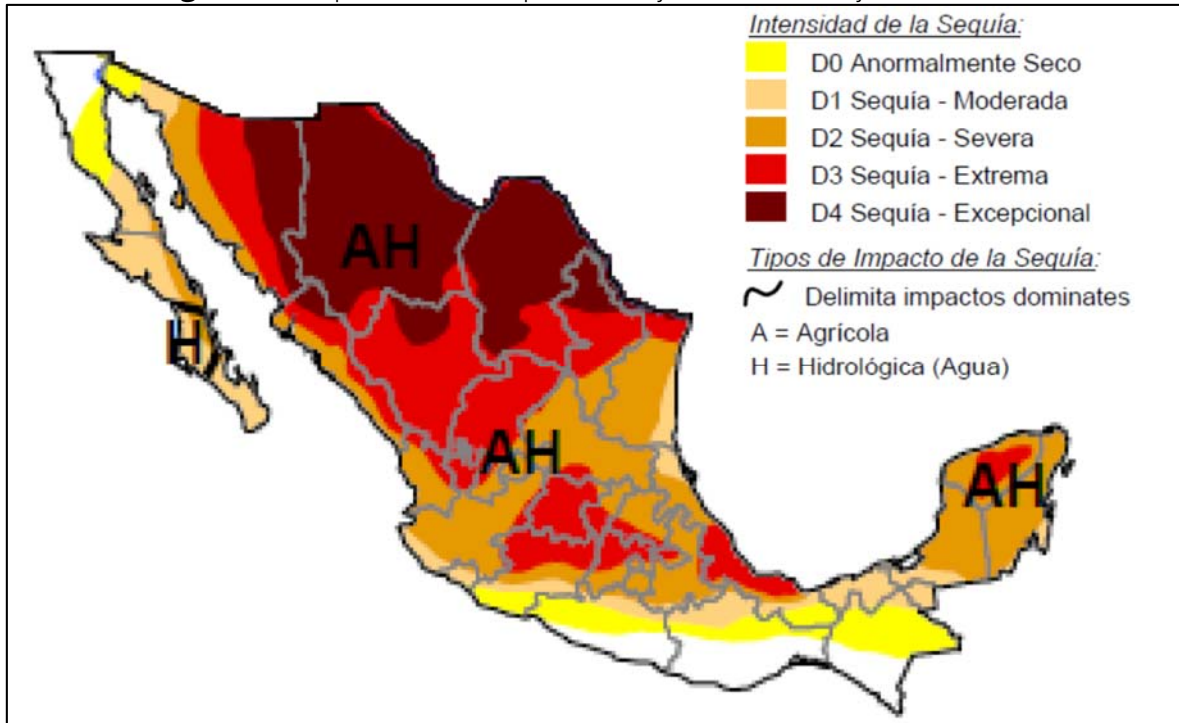
Actualmente, el 55 por ciento del suministro de agua al área metropolitana de Monterrey proviene de las presas El Cuchillo, Cerro Prieto y La Boca, y el restante 45 por ciento proviene de distintos sistemas de pozos y galerías subterráneas, como los de Mina y La Huasteca. Aunque el estado actual de estas fuentes de abastecimiento es satisfactorio, los estudios de planeación prospectiva indican que se requiere incorporar una nueva fuente de abastecimiento hacia el año 2015.

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey presta los servicios de agua potable, drenaje sanitario y saneamiento a 1 millón 400 mil tomas domiciliarias, de las que se benefician 4.5 millones de habitantes en 51 municipios de Nuevo León.

5. Análisis de las sequías históricas

Nuevo León ha sufrido sequías severas durante los periodos 1948-1954, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996. En 2009 se presentó en México la segunda peor sequía en 60 años y en 2011 el 86% del territorio nacional registró la peor sequía de las últimas siete décadas, Figura 5.1.

Figura 5.1 Sequías durante el período de junio de 2010 a junio de 2012



En el año agrícola 2010-2011, los principales cultivos en 2.7 millones de hectáreas resultaron siniestradas, y la Conagua emitió la declaratoria de emergencia por desastre natural en 1 mil 174 municipios. 19 de las 32 entidades federativas sufrieron los efectos de la peor sequía en décadas. Asimismo, 64 de las 174 áreas naturales protegidas en México, estuvieron en riesgo por la sequía, considerada como la peor en los últimos 70 años, y fue uno de los peores años en cuanto a incendios forestales.

El INEGI estimó que las pérdidas en México por la peor sequía en 70 años equivalen al 10% del Producto Interno Bruto, y calculó que alrededor de 48 millones de personas padecen las consecuencias de la sequía en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, siendo un problema que afecta a cuatro de cada cinco hectáreas. Esta sequía se atribuye en su mayor parte a la variabilidad climática normal.

Se colige que los efectos del cambio climático se sumarán a los causados por la variabilidad climática normal, dando como resultado que esta clase de escenarios se presente cada vez con mayor frecuencia, duración y severidad y, por tanto, que despierte mayor interés en los investigadores y que el Estado desarrolle políticas públicas adecuadas para atenderlos.

5.1. Sequías en Nuevo León

Nuevo León, al igual que muchos estados norteros, se ve sistemáticamente afectado por sequías, con el agravante de que, por ubicarse geográficamente en la zona semiárida del país, la población es altamente vulnerable a la escasez de agua. En la Tabla 5.1 se presenta un resumen de los eventos de sequía, falta de agua, escasez de lluvia y ondas cálidas que han afectado al estado de Nuevo León entre 1868 y 1996.

Tabla 5.1 Sequías históricas en Nuevo León

Año	Mes	Características	Efectos
1868	Mayo-julio	Sequía	Pérdida de las cosechas. Los precios del maíz y el zacate se encarecen
1886-1887	Octubre-julio	Sequía continua desde octubre de 1886	Campos secos. Pérdidas de ganado mayor y menor. Aumento en el precio del maíz y del frijol
1889	Enero-julio	Falta de agua	Se secan las norias. Pérdida de las cosechas de maíz y frijol. La gente emigra hacia el río Conchos y el río Norte
1891		Escasez de lluvia	Malas cosechas. Milpas raquílicas. Muerte de ganado
1892		Sequía extraordinaria	No hay cosecha. La población padece hambre. Mortandad de ganado
1894	Enero-julio	Sequía	Campos áridos. Hay hambre entre la población
1897		Falta absoluta de lluvias	Malas cosechas de trigo
1905	Agosto-septiembre	Falta de agua	Disminuyeron las cosechas de maíz, frijol y cebada
1906	Mayo-agosto	Exceso de calor. Ausencia de lluvias	Se perdió la cosecha de frutas
1907	Enero-septiembre	Casi no llueve desde el año pasado	Cosechas de maíz y frijol escasas por falta de agua. Las fuentes y los arroyos se secan. Se dice que la sequía no tiene precedente
1909	Agosto	Escasez de lluvias	Presas y arroyos secos
1917	Noviembre	Persiste la sequía desde hace meses	En caso de que lleguen las lluvias se asegura abundante cosecha
1923	Agosto	Pocas lluvias	Cosechas pobres
1925	Junio	Intensa sequía en la sierra	Temor de los agricultores. Incendios en los bosques
1927	Junio	Prolongada sequía que azota el norte del país desde hace ocho meses	Se calcula que han muerto más de 15,000 reses por falta de agua en todo el norte del país. El ganado se lleva a EUA donde se vende a precios ínfimos
1932	Junio	Terrible sequía azota el norte del país	Se cree que la cosecha será escasa
1935	Mayo	Intensa sequía	Se sufren pérdidas considerables en ganado. Hay solicitud al gobierno para que perfore norias. Se afectan los cultivos
1937	Julio	Terrible sequía	Se pierden las siembras de temporal. Los

Año	Mes	Características	Efectos
		azota el estado durante varios meses	campesinos le exigen al presidente de la República que se construyan presas. El ganado se afecta seriamente. Hay crisis económica al elevarse los precios y perderse los empleos
1943	Agosto	Sequía generalizada	En el norte se teme por las cosechas. Se ha debido trasladar al ganado. En el resto del país las lluvias y siembras son escasas
1950-1953	Agosto-Diciembre	Intensa sequía que afecta al norte y que se prolonga desde hace seis años	Las presas están secas. El ganado muere de sed. Grandes pérdidas económicas en la ganadería y la agricultura
1960	Junio	Intensa sequía	Peligran los cultivos y la ganadería. De no llover se prevé en Nuevo León la emigración de miles de campesinos
1962	Agosto	Prolongada sequía desde hace cuatro meses	81 personas mueren en Nuevo León. Grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura (maíz, algodón, frijol y bosques entre los más afectados)
1972	Julio	Sequía y onda cálida	Mueren 100 niños en Nuevo León por deshidratación y más de 200 están hospitalizados
1975	Abril	La sequía se prolonga desde hace un año	Mueren cerca de 400 mil reses en Nuevo León
1977	Agosto	Intensa sequía	Pérdida de cosechas. Se desploma el precio del ganado. Se dejan de sembrar más de 25 mil hectáreas de cultivos en el estado
1993-1995		Sequía	Grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura. Trigo y maíz, los cultivos más afectados
1996		Intensa sequía	Se dejan de sembrar más de 43 mil hectáreas de cultivos básicos y se siniestran 23 mil hectáreas más, con una pérdida económica superior a los 134 millones de pesos. Se pierden en total 1,013 cabezas de ganado bovino, caprino y equino

Fuente: Ortega-Gaucin, 2012

Como se observa en la Tabla 5.1 los eventos de sequía y fenómenos asociados en Nuevo León son recurrentes, pero sus efectos reales desde los puntos de vista económico, social y ambiental son difíciles de cuantificar porque se carece de información relativa a su ocurrencia. En el análisis de sequías, mientras más antiguo sea el episodio, menos abundante y confiable es la información. Los datos de las características y los efectos de cada de sequía de la Tabla 5.1 son muy genéricos porque las fuentes originales son periódicos de cada época.

Lo que sí es posible observar con claridad es que uno de los sectores más vulnerables ante la escasez de agua debida a una sequía es el sector agropecuario. La sequía es, sin lugar a dudas, una de las mayores aflicciones para la agricultura en Nuevo León, donde la lluvia apenas es suficiente para producir una cosecha de temporal durante el verano. Asimismo, la sequía significa falta de agua y alimento para el ganado, lo que trae como consecuencia la desnutrición, enfermedades y, en condiciones extremas, la muerte de los animales.

5.2. Efectos de las sequías en áreas urbanas

En la Tabla 5.1 se observa que los efectos de la sequía en la población, además de las pérdidas económicas asociadas, provocan emigraciones, hambre y muerte de la población (1889, 1892, 1894, 1960, 1962 y 1972). Los efectos de la sequía en la población guardan una relación estrecha con el desarrollo económico y tecnológico alcanzado en el momento del incidente: la única manera de mitigar los efectos de una sequía es transportando más agua incluso para los daños ambientales y cubrir las pérdidas económicas. No obstante, en la actualidad existen todavía muchas poblaciones rurales en el estado que son altamente vulnerables a la sequía debido a los altos grados de marginación en que se encuentran.

Aunque no es posible prever con precisión los impactos de una sequía en el futuro, el conocimiento, análisis y comprensión de las sequías históricas registradas y de sus efectos, son útiles para anticipar los impactos de las sequías subsecuentes y prepararse a fin de afrontarlas de manera apropiada.

6. Análisis de la demanda

La prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento en todo el estado de Nuevo León, que provee la institución pública descentralizada denominada Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, comprende:

- Agua potable y alcantarillado sanitario,
- Reparación de problemas en el alcantarillado sanitario,
- Elaboración de proyectos,
- Supervisión de los nuevos fraccionamientos (infraestructura y redes domiciliarias),
- Servicios de laboratorio (medición, muestreo y análisis de aguas),
- Venta de agua residual tratada,
- Control de descargas de aguas residuales,
- Cobro por descarga de aguas negras, y
- Venta de agua no potable.

Conforme al INEGI (2010), según se registra en el capítulo cuatro del presente documento, la zona metropolitana de Monterrey comprende trece municipios -Apodaca, Cadereyta Jiménez, Carmen, García, San Pedro Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina y Santiago- que abarcan 6,794 km² y mantienen un alto grado de integración socioeconómica. No obstante, para efectos de la prestación del servicio público domiciliario de agua potable, la condición metropolitana de Monterrey -esto es, la zona “hidropolitana”- incluye sólo nueve municipios: Apodaca, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García, Santa Catarina y el Parque Ciudad Industrial Mitras, ubicado en el municipio de García, Nuevo León, de acuerdo con el segundo párrafo del artículo 15 de la Ley de Agua Potable y Saneamiento para el Estado de Nuevo León (2010).

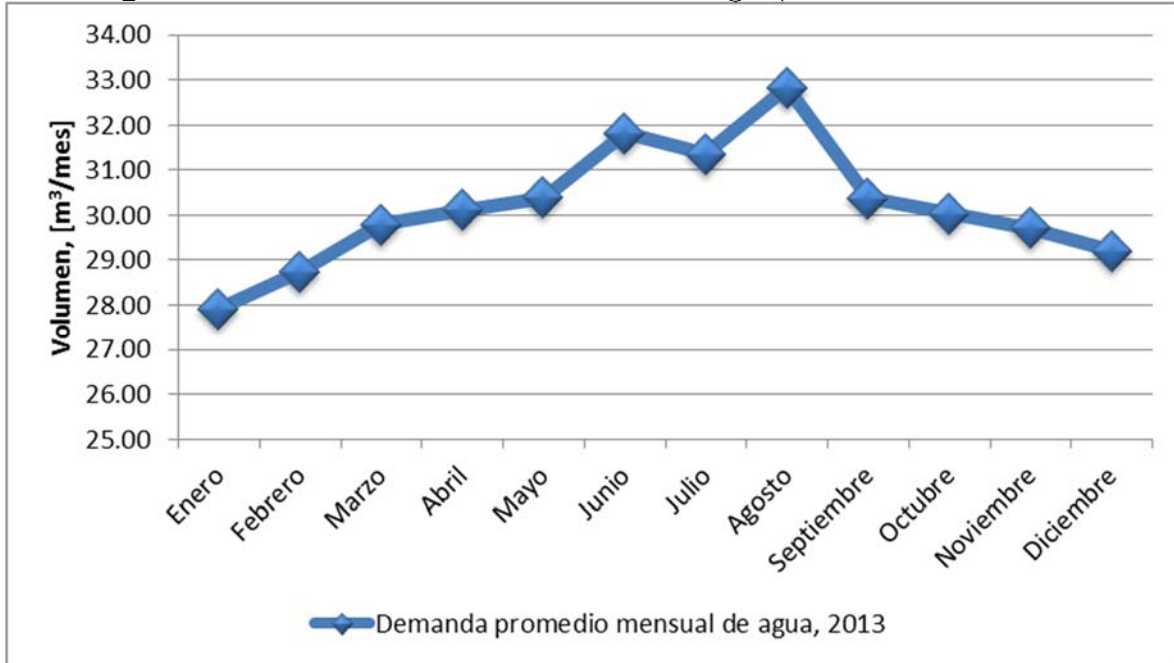
En consecuencia, los municipios “foráneos” son Abasolo, Agualeguas, Anáhuac, Aramberri, Allende, Bustamante, Cadereyta Jiménez, Carmen, Cerralvo, Ciénega de Flores, China, Dr. Arroyo, Dr. Coss, Dr. González, Galeana, García, General Bravo, General Terán, General Treviño, General Zaragoza, General Zuazua, Hidalgo, Higuera, Hualahuises, Iturbide, Lampazos de Naranjo, Linares, Los Ramones, Los Aldamas, Los Herreras, Marín, Melchor Ocampo, Mier y Noriega, Mina, Montemorelos, Parás, Pesquería, Rayones, Sabinas Hidalgo, Salinas Victoria, Santiago, Vallecillo y Villaldama.

Los tipos de usuarios de agua potable -con y sin drenaje; en la zona metropolitana y en los municipios “foráneos” (diferenciando a los usuarios en pequeñas cabeceras municipales, poblados y ejidos con alto, medio y bajo índice de marginalidad), así como una tarifa preferencial para personas mayores de 70 años, jubilados, pensionados, viudas y personas con capacidades diferentes- que considera Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey son doméstico, doméstico colectivo, comercial, molinos de nixtamal, industrial, instituciones de beneficencia pública y privada con reconocimiento oficial, y dependencias de gobierno y organismos públicos. Adicionalmente, existe otra categoría de usuarios de alcantarillado sanitario que incluye a quienes descargan al drenaje, usan las aguas residuales y para quienes aprovechan el agua no potable.

6.1. Características de la demanda

La demanda media de agua potable en el área metropolitana de Monterrey asciende a 362.27 hm³/año, y su distribución mensual se presenta en la figura 6.1.

Figura 6.1 Distribución mensual de la demanda de agua potable en el AMM, 2013



6.2. Programa de sectorización

La escasez de agua y su alto costo obligaron desde 1998 a la instrumentación de un Programa de Sectorización en el área metropolitana de Monterrey con el fin de reducir el agua no contabilizada. En aquel entonces se tenía del orden de 700 mil conexiones domiciliarias y se dividió la red de agua potable en sectores, aislados entre sí por el cierre de válvulas con una sola alimentación donde se instaló un macro medidor con el cual se compara el consumo de la zona contra el obtenido después de cerrar las llaves domiciliarias.

La red se dividió en 2,371 sectores, lo que permitió investigar la zona bajo estudio en el menor tiempo posible y tener un control más preciso del suministro de cada sector. En la actualidad, se tienen 1'255,487 cuentas activas, figura 6.2, cada una de ellas con un micro medidor instalado y en pleno funcionamiento. Debe enfatizarse que la mayor parte de las cuentas, 1'187,308, corresponde a tomas domiciliarias, según se observa en la figura 6.3.

Figura 6.2 Evolución del número de tomas en el AMM

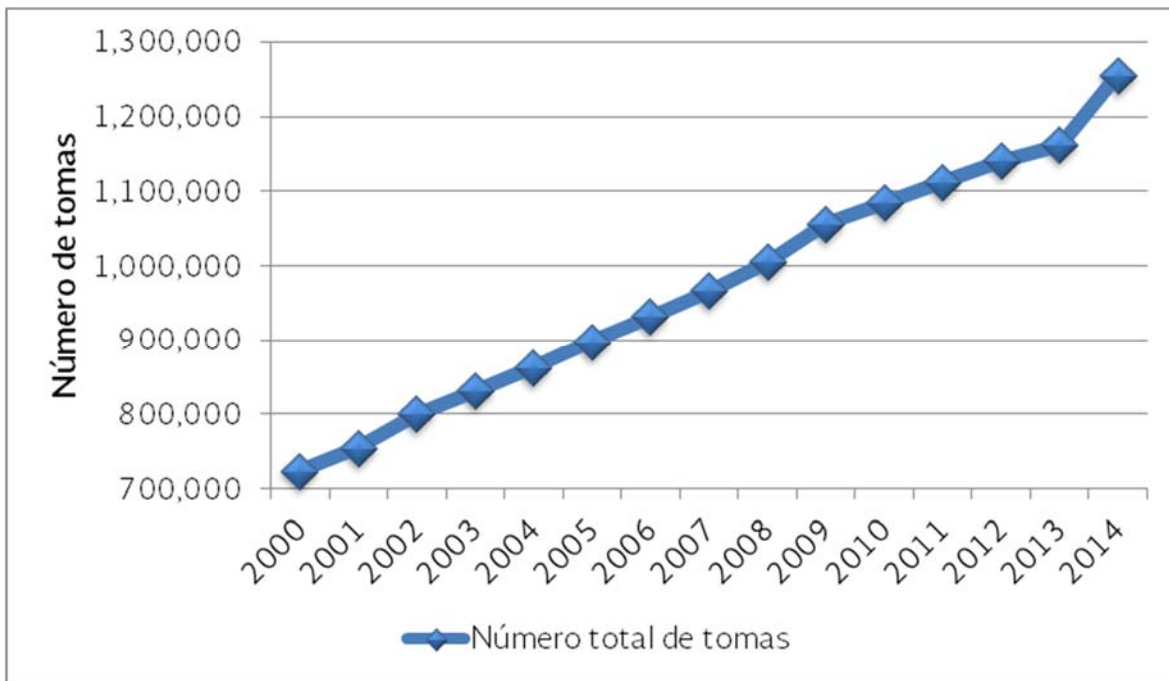
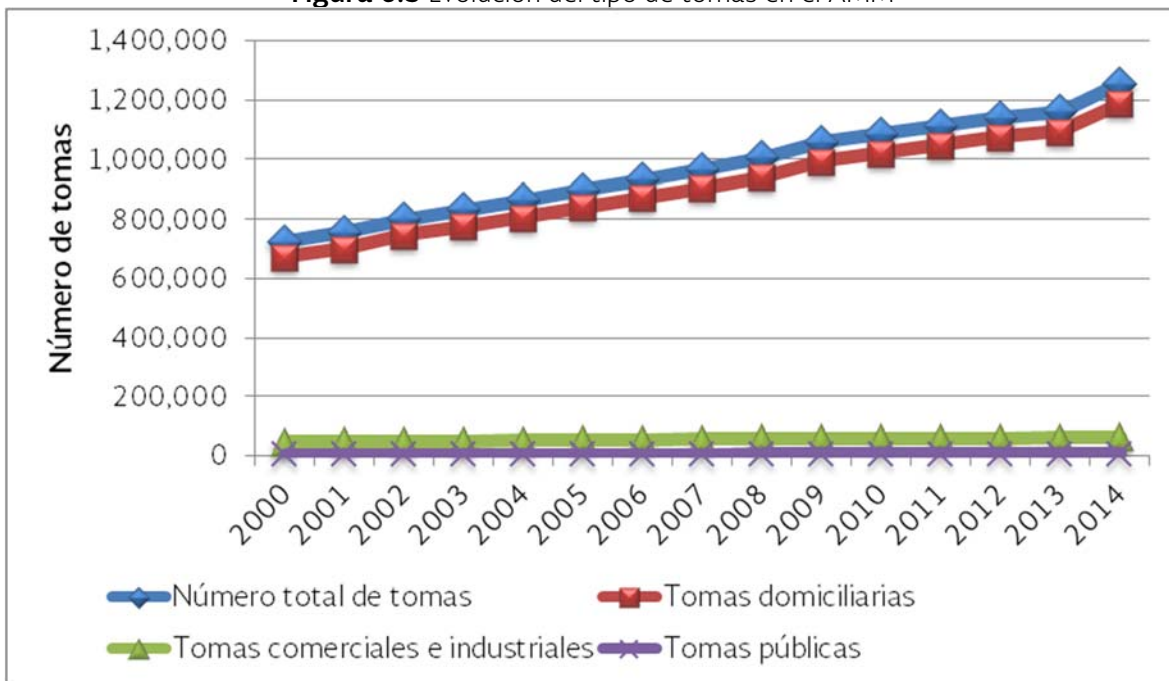


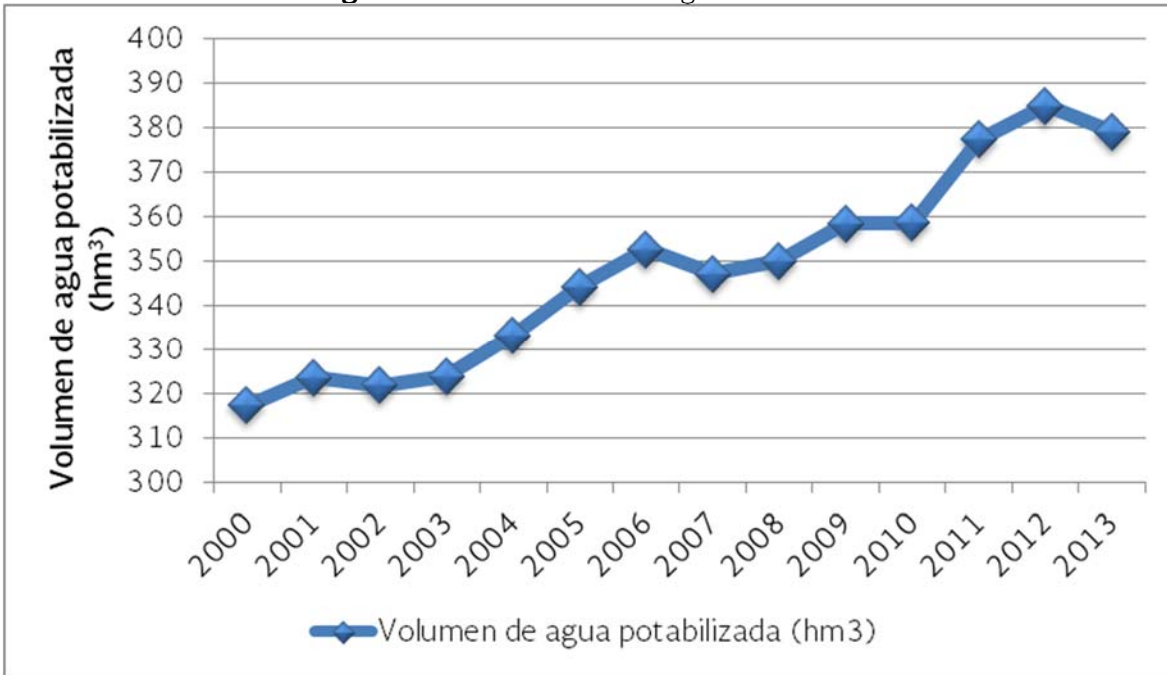
Figura 6.3 Evolución del tipo de tomas en el AMM



6.3. Estimación de la dotación de agua potable

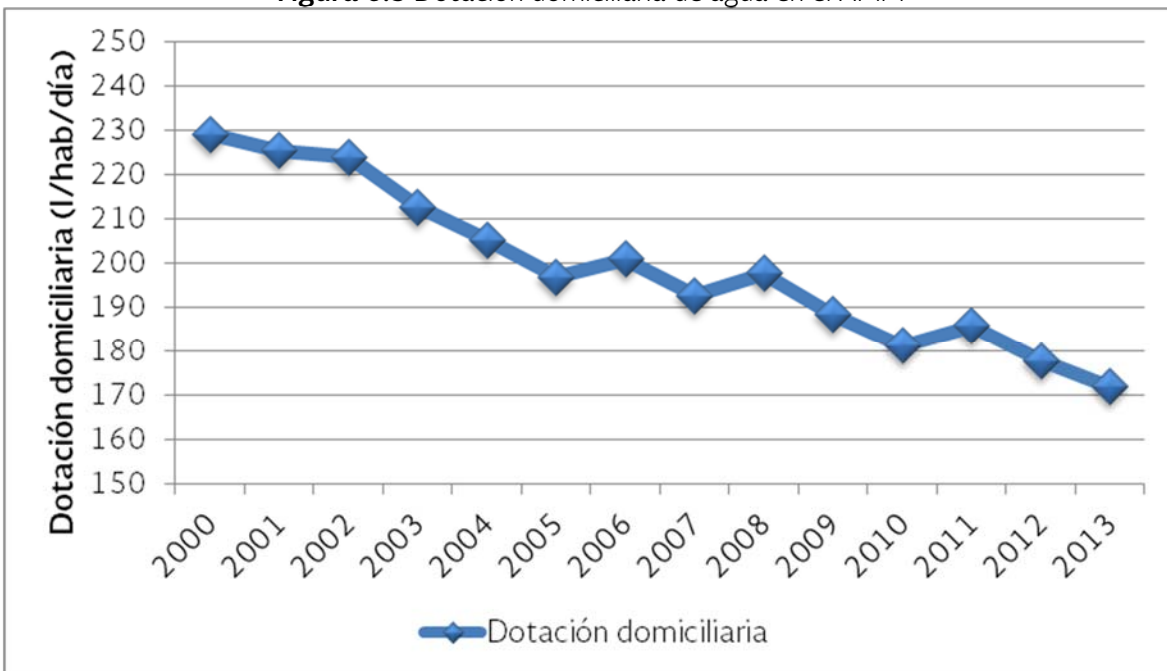
El volumen de agua potabilizada ha ido creciendo de manera sostenida, en paralelo al incremento de la población, conforme se visualiza en la figura 6.4.

Figura 6.4 Potabilización de agua en el AMM



Aceptando -de acuerdo con las estimaciones de INEGI y de CONAPO- que en cada vivienda habitan en promedio 3.8 personas, a partir del desarrollo del número de tomas domiciliarias, figura 6.3, y del volumen de agua potabilizada, figura 6.4, se puede estimar la evolución de la dotación domiciliar en el área metropolitana de Monterrey. El resultado se presenta en la figura 6.5.

Figura 6.5 Dotación domiciliar de agua en el AMM



6.4. Eficacia del servicio

Las acciones de sectorización han ayudado levemente a disminuir las fugas de agua, según se observa en el volumen de agua contabilizada, figura 6.6. Por otra parte, la diferencia entre el volumen de agua facturada y cobrada se mantiene en unos cuantos puntos porcentuales, conforme se puede apreciar en la figura 6.7. En la figura 6.8 se presenta el volumen de agua potabilizada, contabilizada y cobrada, y en la figura 6.9 las eficacias física, comercial y global. En esta última se observa que es más fácil mantener un cierto nivel de cobro que disminuir las fugas en la red de agua potable.

Figura 6.6 Volumen de agua potabilizada y contabilizada en el AMM

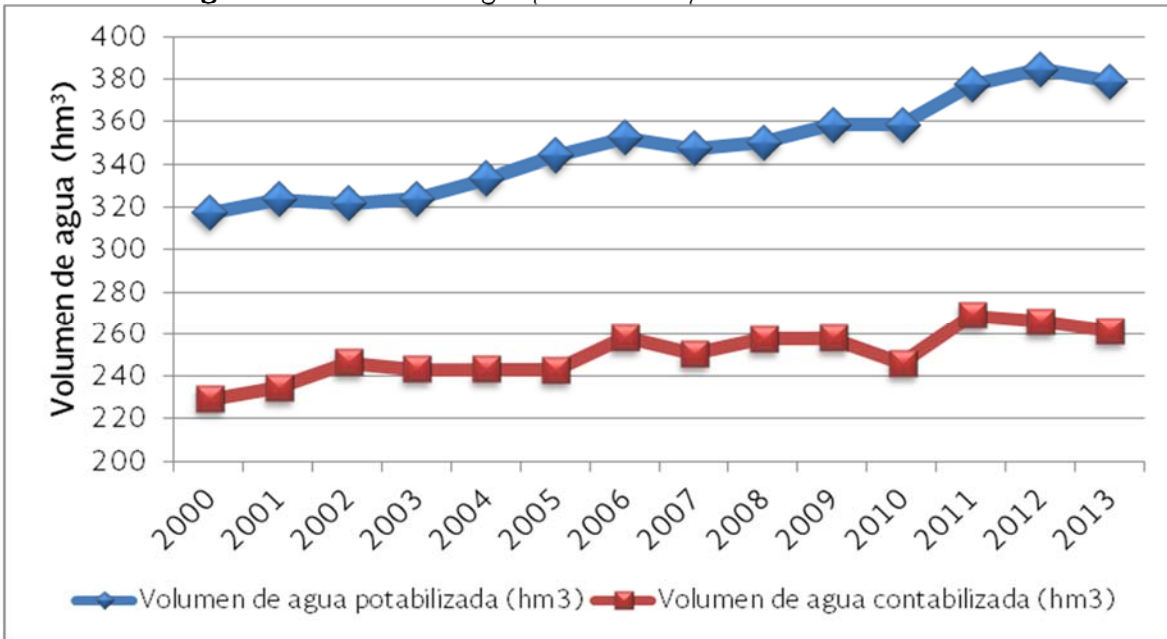


Figura 6.7 Volumen de agua facturada y cobrada en el AMM

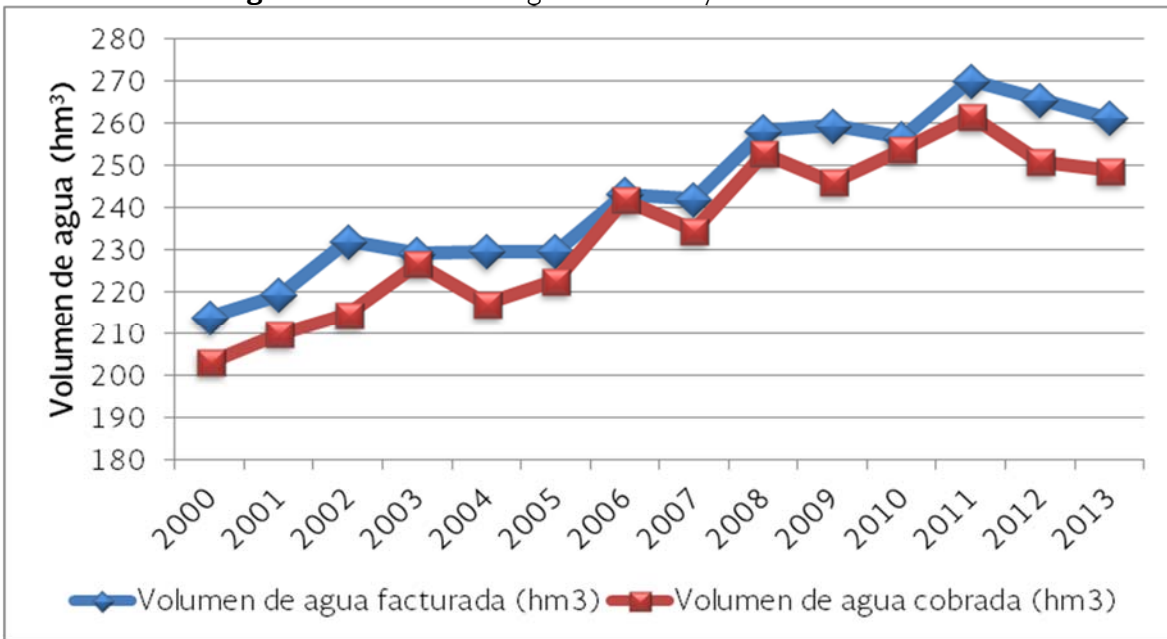


Figura 6.8 Volumen de agua potabilizada, contabilizada y cobrada en el AMM

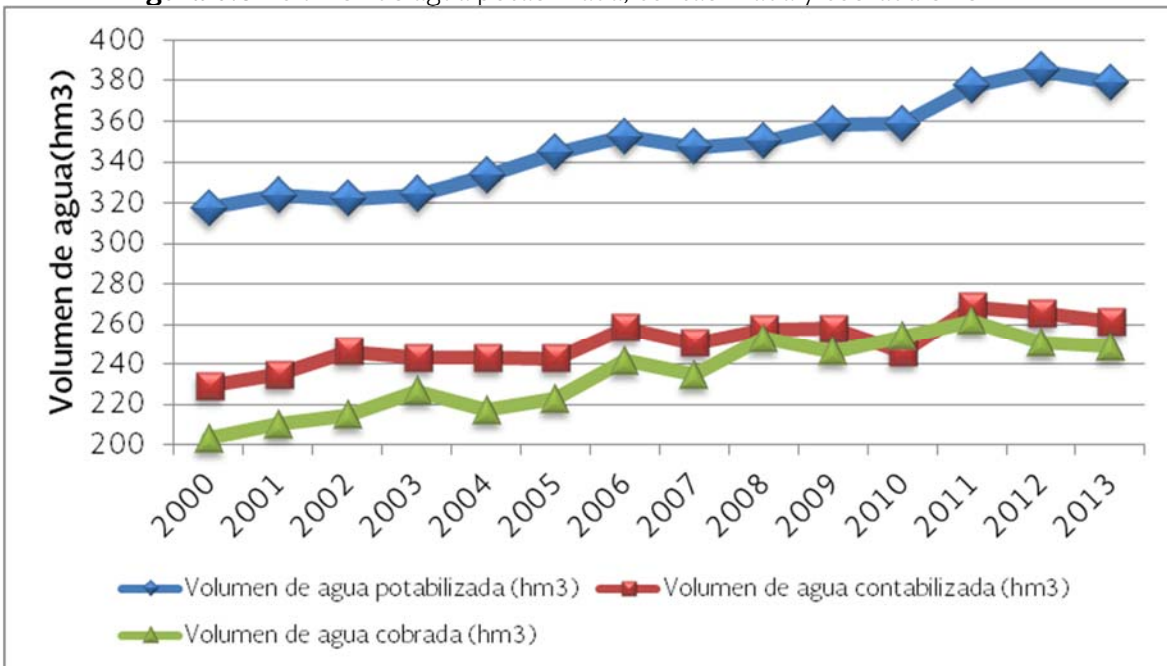
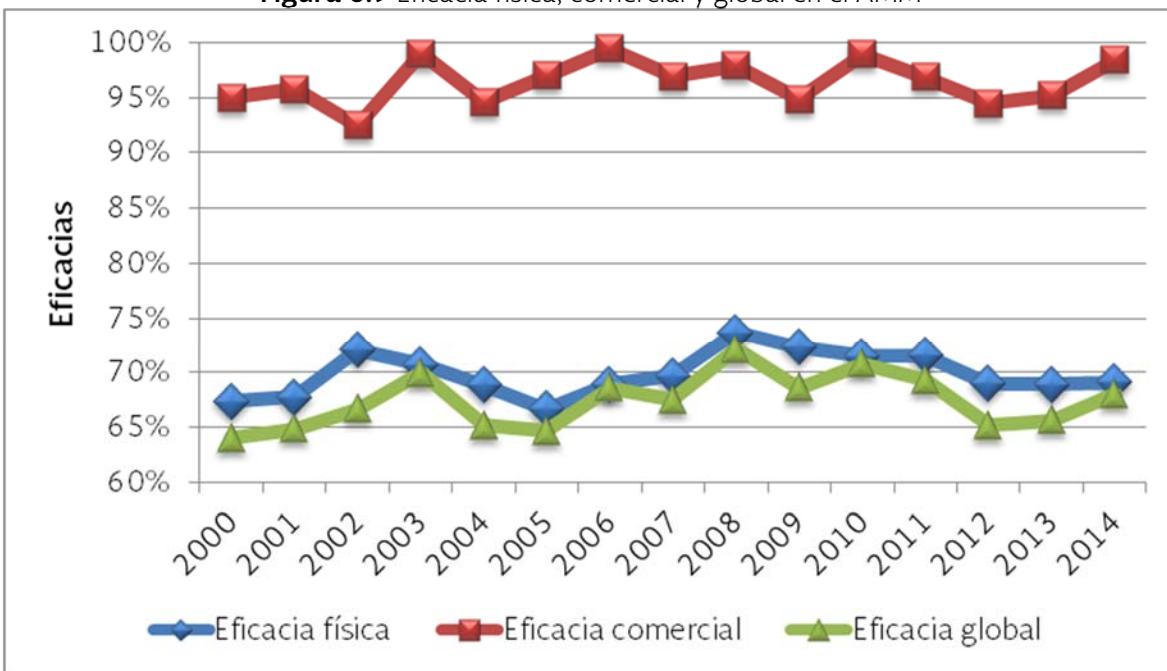


Figura 6.9 Eficacia física, comercial y global en el AMM



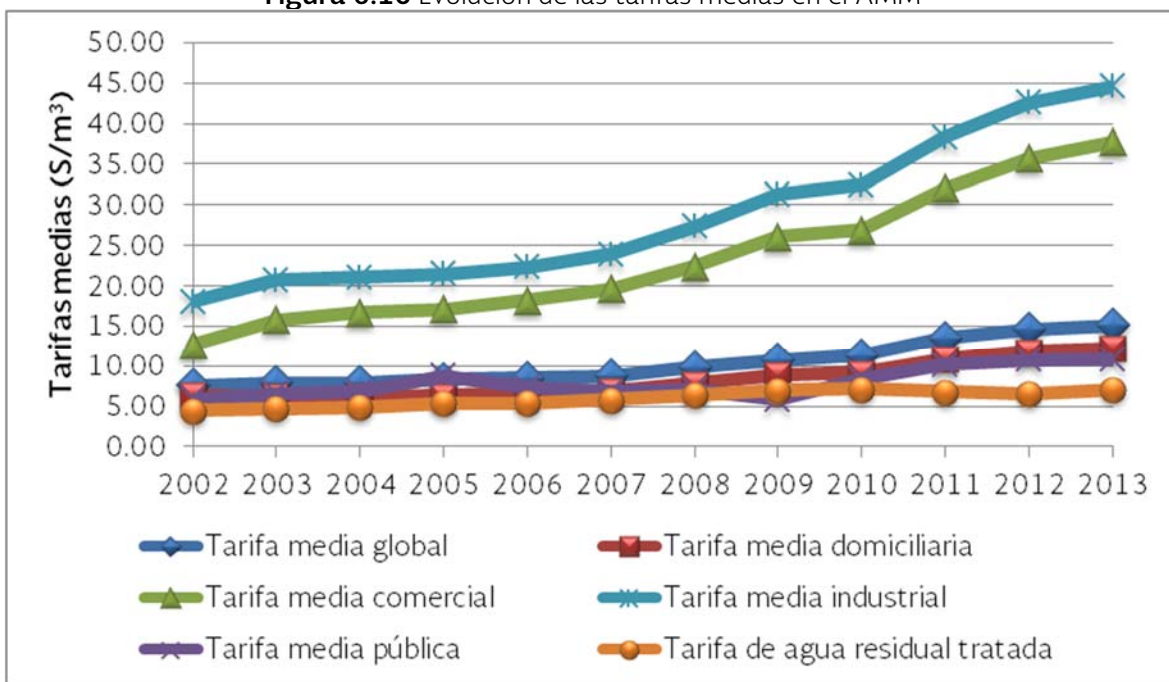
El mantenimiento de la eficacia comercial entre el 92 y el 99% se apoya en parte en el Programa de Descuento para Usuarios Cumplidos, instrumentado en 2011. Este consiste en descontar el doceavo mes de facturación al acreditar 11 pagos mensuales consecutivos, efectuados antes de la fecha de corte. El beneficio se ha extendido desde la puesta en marcha del programa a 132 mil 285 usuarios de un total de 1 millón 255 mil 487 tomas, un valor ligeramente superior al 10 por ciento de las tomas.

6.5. Incremento de tarifas

El factor de ajuste en las tarifas de acuerdo con las variaciones de los costos comprende los sueldos, la energía eléctrica, la depreciación de los bienes y el incremento del Índice Nacional de Precios al Consumidor, según lo dispone la fracción III del artículo 42 de la Ley de Agua Potable y Saneamiento para el Estado de Nuevo León.

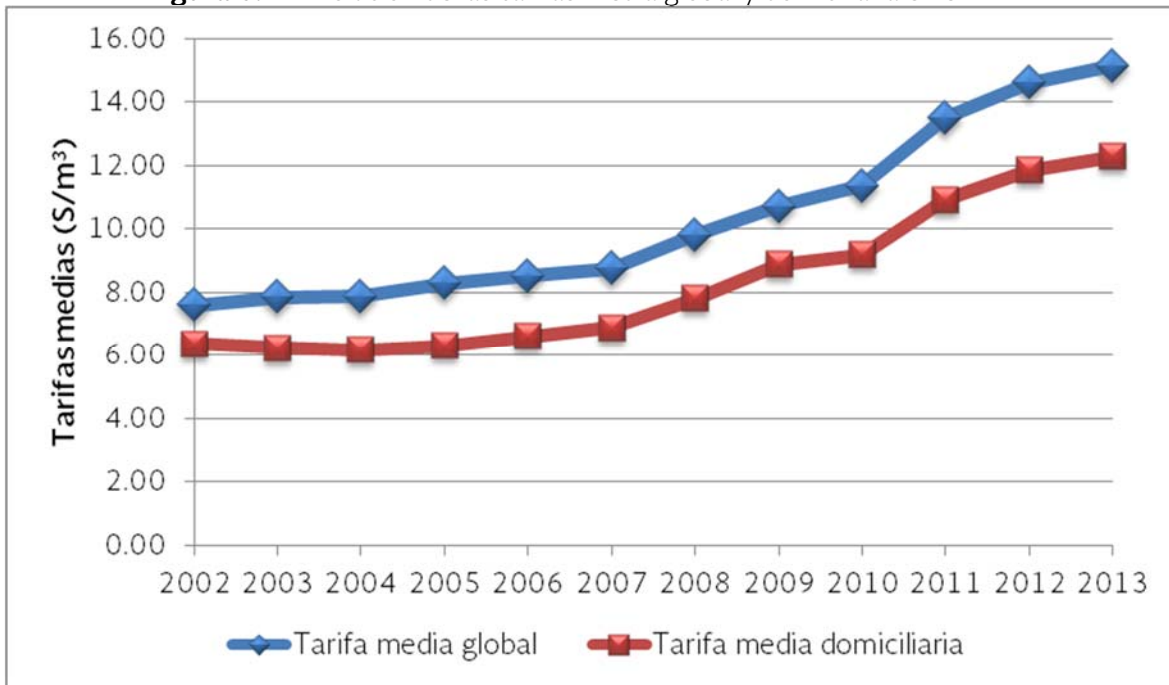
De esta manera, la modificación de tarifas las aprueba el Congreso del Estado a propuesta del Consejo de Administración de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, con base en un estudio económico cuya finalidad es mantener el equilibrio financiero del organismo operador, considerando la economía en general de las personas físicas y morales de la sociedad nuevoleonense. La evolución de las tarifas medias se presenta en la figura 6.10.

Figura 6.10 Evolución de las tarifas medias en el AMM



De la figura 6.3 se observa que la mayor parte de las tomas son domiciliarias, por lo que el principal soporte de la recaudación de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey proviene de las tarifas domiciliarias, según se aprecia en la figura 6.11.

Figura 6.11 Evolución de las tarifas media global y domiciliaria en el AMM



El número de conexiones al alcantarillado sanitario iguala prácticamente al número de tomas de agua potable, ya que la cobertura es de 99.12 por ciento.

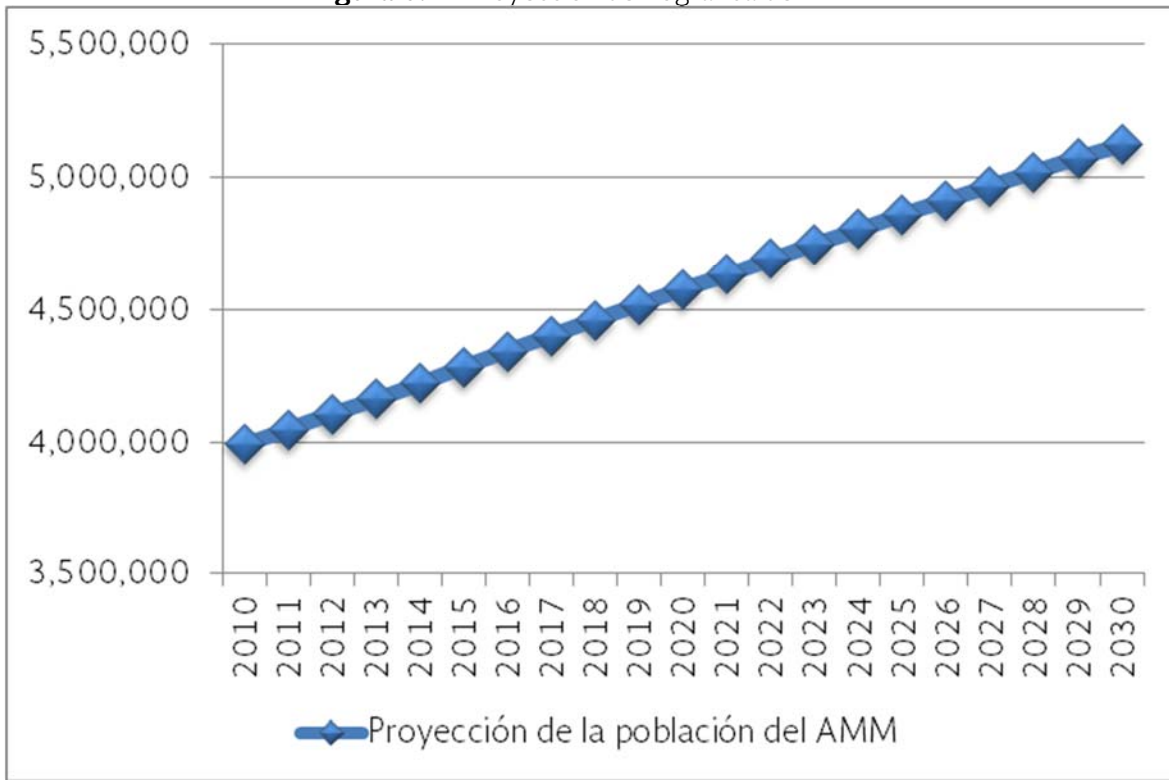
La capacidad de tratamiento de las aguas residuales municipales supera a la capacidad de potabilización, y el volumen tratado es prácticamente el cien por ciento del utilizado.

6.6. Proyección de la población y la demanda de agua

La proyección de población es un marco analítico útil en la planeación de la actividad económica y social de la zona metropolitana de Monterrey. En particular, permite conocer cuál será la demanda de servicios de agua potable con la finalidad de asignar recursos y de definir y aplicar planes maestros o programas hídricos. Además, permite anticipar situaciones de riesgo en el abastecimiento de agua, mismas que deben estar consideradas en el diseño de políticas, planes y programas que orienten el desarrollo de la zona metropolitana de Monterrey.

Las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO) toman en cuenta las tendencias de la mortalidad, la fecundidad, la migración interna e internacional, así como el crecimiento poblacional futuro. En Nuevo León se observará un envejecimiento poblacional, acompañado de un descenso en la tasa de natalidad, un aumento en la esperanza de vida y la disminución de la preponderancia de los grupos jóvenes (CONAPO, 2014). No obstante, la proyección del crecimiento poblacional en la zona metropolitana de Monterrey presenta un patrón prácticamente lineal, según se observa en la figura 6.12.

Figura 6.12 Proyección demográfica del AMM



La población de la zona metropolitana de Monterrey podría alcanzar en 2030 -bajo las hipótesis y métodos del CONAPO- una población de 5 millones 121 mil 840 habitantes. Si se conserva la estimación de 3.8 personas por vivienda del INEGI, ese crecimiento poblacional implicaría que el número de tomas de agua potable ascendería a 1 millón 347 mil 853. El aumento de tomas de 2014 a 2030 se estima en 92 mil 366.

La población de la zona metropolitana de Monterrey en 2014 es -considerando las 1'187,308 tomas domiciliarias y el promedio de 3.8 personas por vivienda- de 4 millones 511 mil 770 personas y, conforme a las proyecciones del CONAPO, de 4 millones 220 mil 842 habitantes. La proyección del CONAPO hacia el año 2030 es de 5 millones 121 mil 840 personas.

La tendencia lineal del crecimiento poblacional de la zona metropolitana de Monterrey, según se aprecia en la figura 6.13, puede aprovecharse para establecer una curva de regresión lineal entre la proyección de población y la demanda de agua. El resultado con base en mínimos cuadrados para una estimación lineal y una exponencial se muestra en la tabla 6.1.

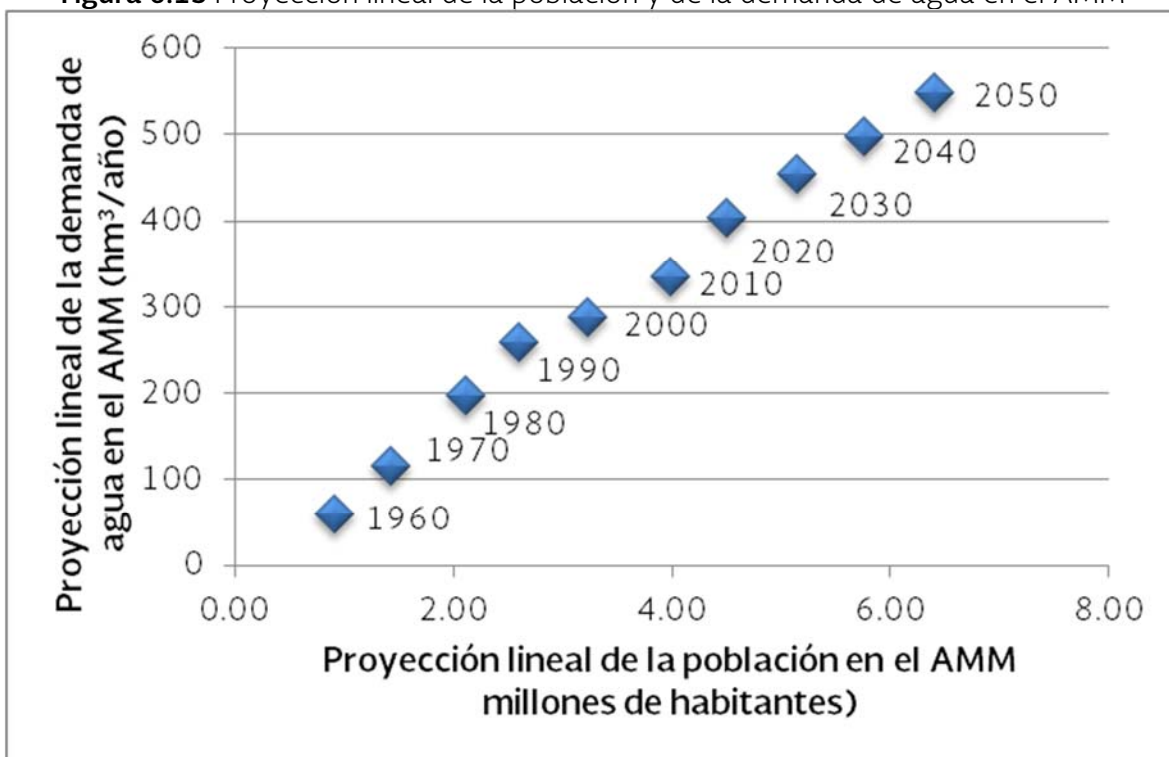
Tabla 6.1 Estimación de la población y la demanda de agua en el AMM

Año	Población		Demanda de agua (hm ³ /año)	
	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial
1960	908,051	908,051	59.48	59.48
1970	1,426,395	1,426,395	115.77	115.77
1980	2,115,193	2,115,193	197.10	197.10
1990	2,608,161	2,608,161	258.66	258.66

Año	Población		Demanda de agua (hm ³ /año)	
	Lineal	Exponencial	Lineal	Exponencial
2000	3,236,604	3,236,604	287.77	287.77
2010	3,989,358	3,989,358	334.09	334.09
2020	4,513,640	5,817,740	402.51	1,141.12
2030	5,150,275	7,231,757	452.51	2,025.28
2040	5,766,665	9,120,110	496.71	4,782.37
2050	6,416,566	11,972,507	546.63	18,848.70

De la tabla 6.1 se observa que tanto las estimaciones de la población -4'161,679, figura 6.12- como de la demanda de agua -379.03 hm³/año, figura 6.4- en 2013 son congruentes con las proyecciones derivadas de una regresión lineal. En consecuencia, resulta admisible utilizar las proyecciones de una regresión lineal para estimar la población y la demanda de agua en el año 2050. El resultado se aprecia de manera gráfica en la figura 6.13.

Figura 6.13 Proyección lineal de la población y de la demanda de agua en el AMM

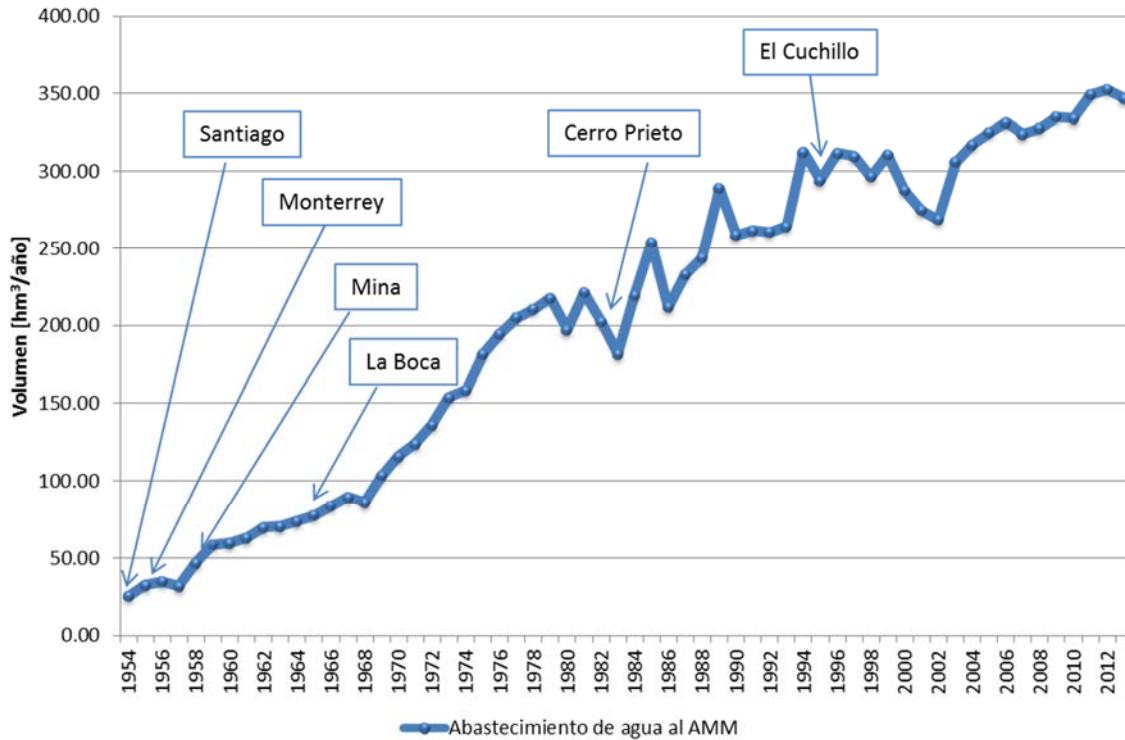


Aunque no existen bases para recomendar una proyección exponencial de la población y de la demanda de agua en la zona metropolitana de Monterrey, esos valores constituyen un límite superior acerca de los retos por afrontarse en los próximos años para satisfacer el servicio público domiciliario de agua potable en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey.

7. Análisis de la oferta

El actual sistema de abastecimiento de agua de la zona metropolitana de Monterrey se ha desarrollado a partir de 1954, cuando se comenzaron a construir los sistemas de pozos profundos denominados Huasteca y Santiago, según se muestra en la figura 7.1.

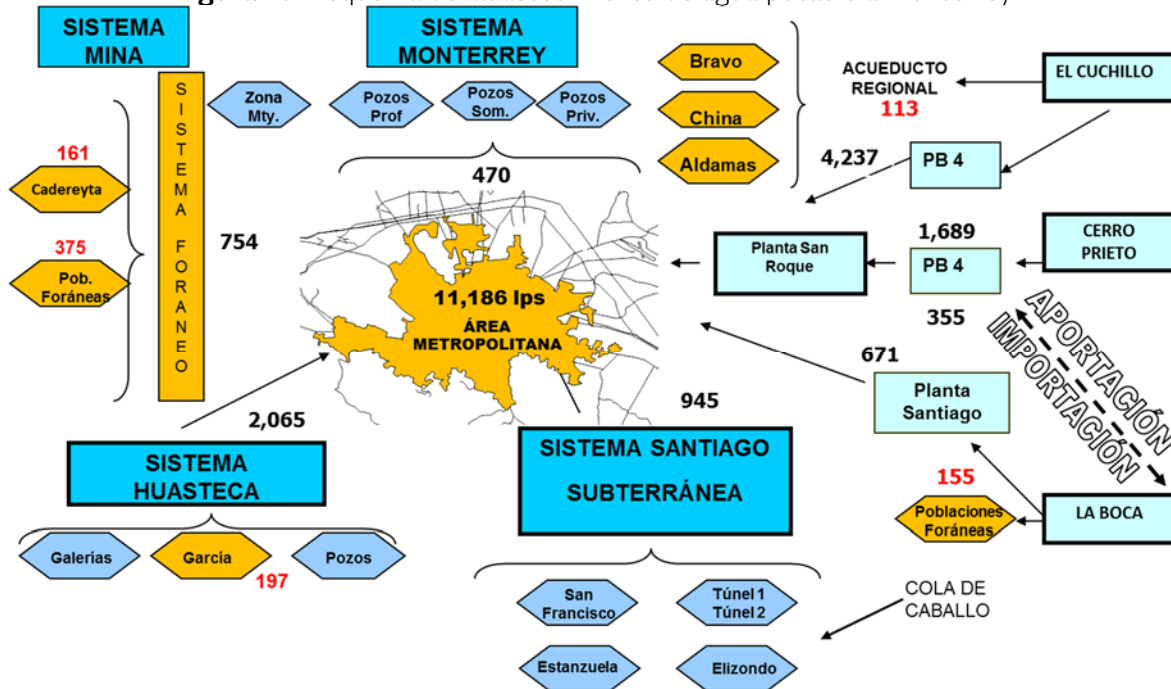
Figura 7.1 Desarrollo del abastecimiento de agua potable a Monterrey



7.1. Fuentes de abastecimiento

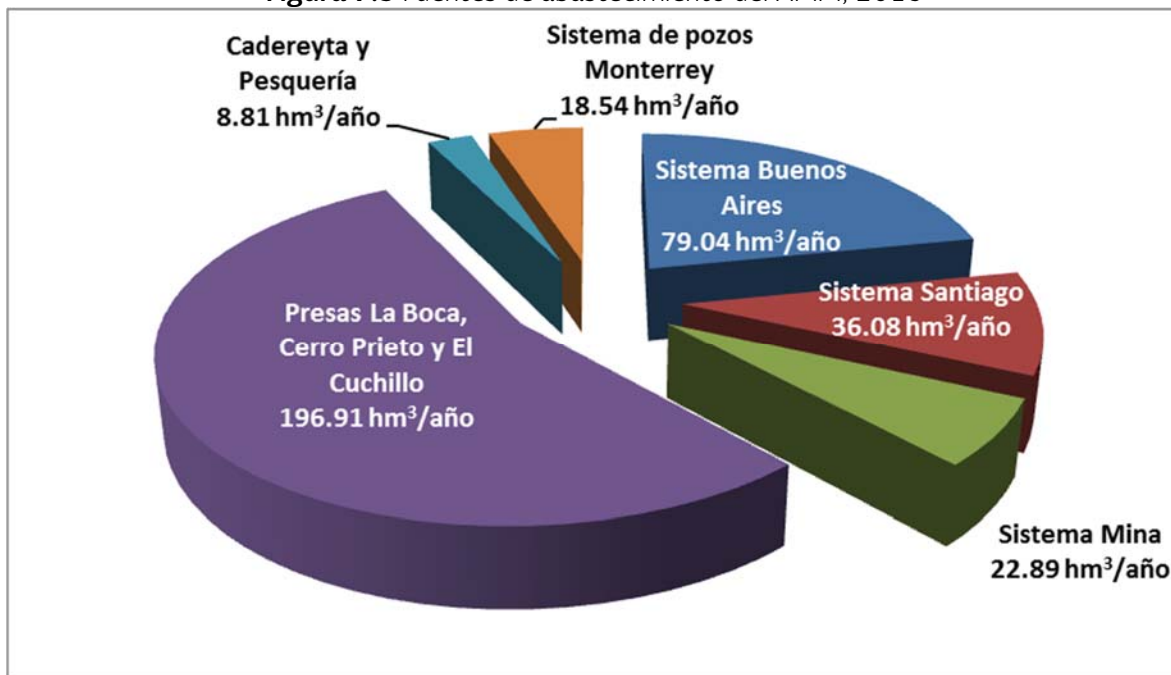
Para prestar el servicio de agua potable, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey se abastece de varias fuentes, según se muestra en la figura 7.2. Los sistemas Huasteca, Santiago, Mina y Monterrey son de aguas subterráneas y en 2013 suministraron el 45.65% del agua utilizada, mientras que las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo son de aguas superficiales y proveyeron el 54.35% del agua empleada en la zona “hidropolitana” de Monterrey.

Figura 7.2 Esquema del abastecimiento de agua potable a Monterrey



En la figura 7.3 se presentan las aportaciones volumétricas de cada uno de los sistemas que abastecen al área metropolitana de Monterrey. El sistema Buenos Aires comprende la galería de pozos Huasteca, sus pozos profundos y los pozos de García.

Figura 7.3 Fuentes de abastecimiento del AMM, 2013



Las fuentes de abastecimiento subterráneas incluyen:

- 45 pozos profundos de entre 700 y 1000 m (Mina, Buenos Aires y área metropolitana de Monterrey),
- 66 pozos someros de no más de 100 m (AMM),
- 1 manantial (La Estanzuela),
- 3 túneles (Cola de Caballo I y II, y San Francisco), y
- 1 galería filtrante (La Huasteca).

De las fuentes de abastecimiento superficiales se tienen tres presas de almacenamiento, cuyas principales características se presentan en la tabla 7.1.

Tabla 7.1 Características principales de las presas que abastecen el AMM

Presa	Capacidad al NAME (hm ³)	Capacidad al NAMO (hm ³)	Capacidad muerta (hm ³)	Capacidad Útil (hm ³)
El Cuchillo	1,784.0	1,123.0	100.0	1,023.0
Cerro Prieto	393.0	300.0	20.0	280.0
La Boca	42.6	39.5	2.0	39.5
Total	2,219.6	1,462.5	122.0	1,324.5

NAME: Nivel de aguas máximo extraordinario

NAMO: Nivel de aguas máximo ordinario

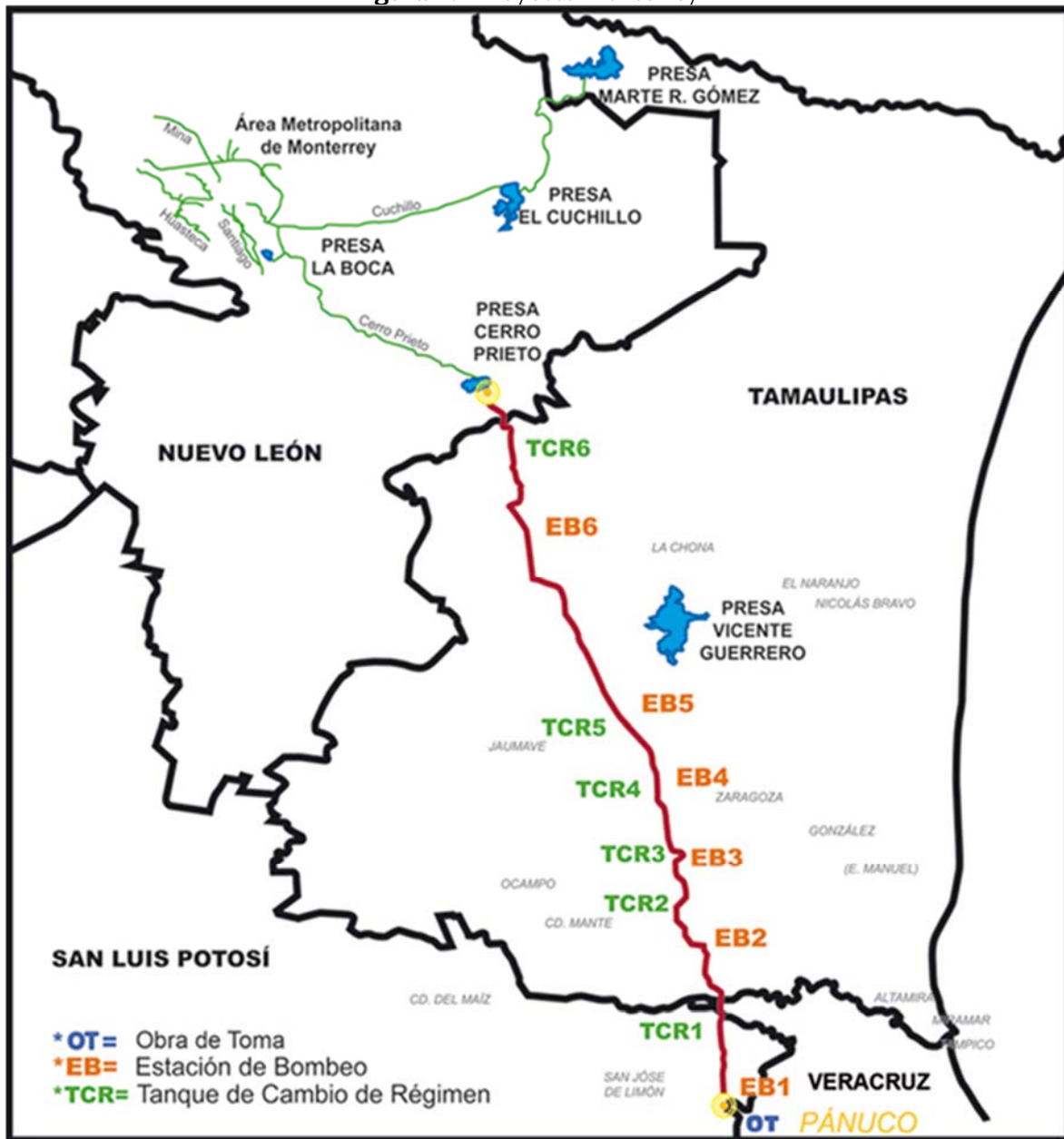
La presa Cerro Prieto se conecta con el acueducto Linares-Monterrey, de 133 km de longitud y 2.13 m de diámetro, en el cual hay cinco estaciones de bombeo. La presa El Cuchillo se conecta con un acueducto de 110 km y 2.13 m de diámetro, en el cual también hay cinco estaciones de bombeo.

Dentro del área metropolitana de Monterrey existen dos anillos de transferencia de agua, que son líneas de conducción de 1.22 y 1.52 m de diámetro y 70 km de longitud. Ambos circundan la ciudad y tienen, además, una serie de tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo.

Hacia el futuro se vislumbra el proyecto Monterrey VI, el cual consiste de un acueducto que se inicia en San Luis Potosí y cruza los estados de Veracruz y Tamaulipas hasta llegar a Linares, en Nuevo León, en donde se interconectará con el acueducto Linares-Monterrey, con el fin de conducir el agua hasta la planta potabilizadora San Roque y distribuirla a la zona metropolitana a través de los dos anillos de transferencia existentes, según se esquematiza en la figura 7.4

El proyecto Monterrey VI consta de un acueducto de 372 km de longitud y una tubería de 84 pulgadas de diámetro, con un gasto de diseño de 6 m³/s en su primera etapa (suficiente para conducir 189.22 hm³/año) y un régimen combinado por gravedad y bombeo mediante seis estaciones de bombeo.

Figura 7.4 Proyecto Monterrey VI



La figura jurídica del proyecto es una asociación público privada. Se pretende comenzar la obra en diciembre de 2014 y concluirla en diciembre de 2017.

7.2. Asignaciones de aguas nacionales

Actualmente, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I. P. D., posee el título de asignación número 06NVL100310/24HSGC02, el cual ampara un volumen de 355.932 hm³/año de aguas superficiales y de 154'356,546.92 m³/año de aguas subterráneas. La vigencia del título comenzó el 20 de marzo de 2003 y otorga derechos de uso del agua por un volumen total de 510'288,546.92 metros cúbicos al año.

En 2013, de los 510.29 hm³/año asignados, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey utilizó 379.02 hm³, por lo que aún tiene un margen para incrementar sus extracciones hasta por 131.27 hm³/año bajo el derecho de su título de asignación actual.

Por otra parte, en 2010 la Conagua dictaminó favorablemente otro título de asignación a SADM -aunque todavía no está registrado en el Repda- por 189.22 hm³/año, correspondientes a la primera etapa del proyecto Monterrey VI, el cual considera la construcción de un acueducto desde el río Pánuco hasta Linares, Nuevo León, en donde se interconectará al acueducto Linares-Monterrey. En consecuencia, la reserva de agua que tiene el área metropolitana de Monterrey asciende a 320.49 hm³/año, suficientes para afrontar las necesidades de agua potable en una población prácticamente igual al doble de la que existe en la actualidad.

Visto de otra manera, la suma de los dos títulos de asignación -699.51 hm³/año- permite abastecer el crecimiento del área metropolitana de Monterrey más allá del año 2050, conforme a las estimaciones consignadas en la Tabla 6.1 y mostradas en la figura 6.13.

7.3. Disponibilidad de agua en las fuentes de abastecimiento

La disponibilidad jurídica -el volumen susceptible de ser concesionado- de las aguas superficiales en las principales fuentes de abastecimiento de la zona metropolitana de Monterrey son deficitarias (Conagua, 2013), según se muestra en la tabla 7.2.

Asimismo, la disponibilidad jurídica de las aguas subterráneas en las principales fuentes de abastecimiento de la zona metropolitana de Monterrey acusa un déficit, conforme se registra en la tabla 7.3.

Tabla 7.2 Disponibilidad de aguas superficiales en las fuentes de abastecimiento del AMM

Cuenca	Descripción	Disponibilidad (hm ³ /año)
Río San Juan 1	Desde su origen hasta la presa El Cuchillo	-91.80
Río San Juan 2	Desde la estación hidrométrica Los Herrera y la presa El Cuchillo hasta la estación hidrométrica Los Aldama	-140.94
Río San Juan 3	Entre las estaciones hidrométricas Los Aldama y Camargo	-285.05
Total		-517.79

Tabla 7.3 Disponibilidad de aguas subterráneas en las fuentes de abastecimiento del AMM

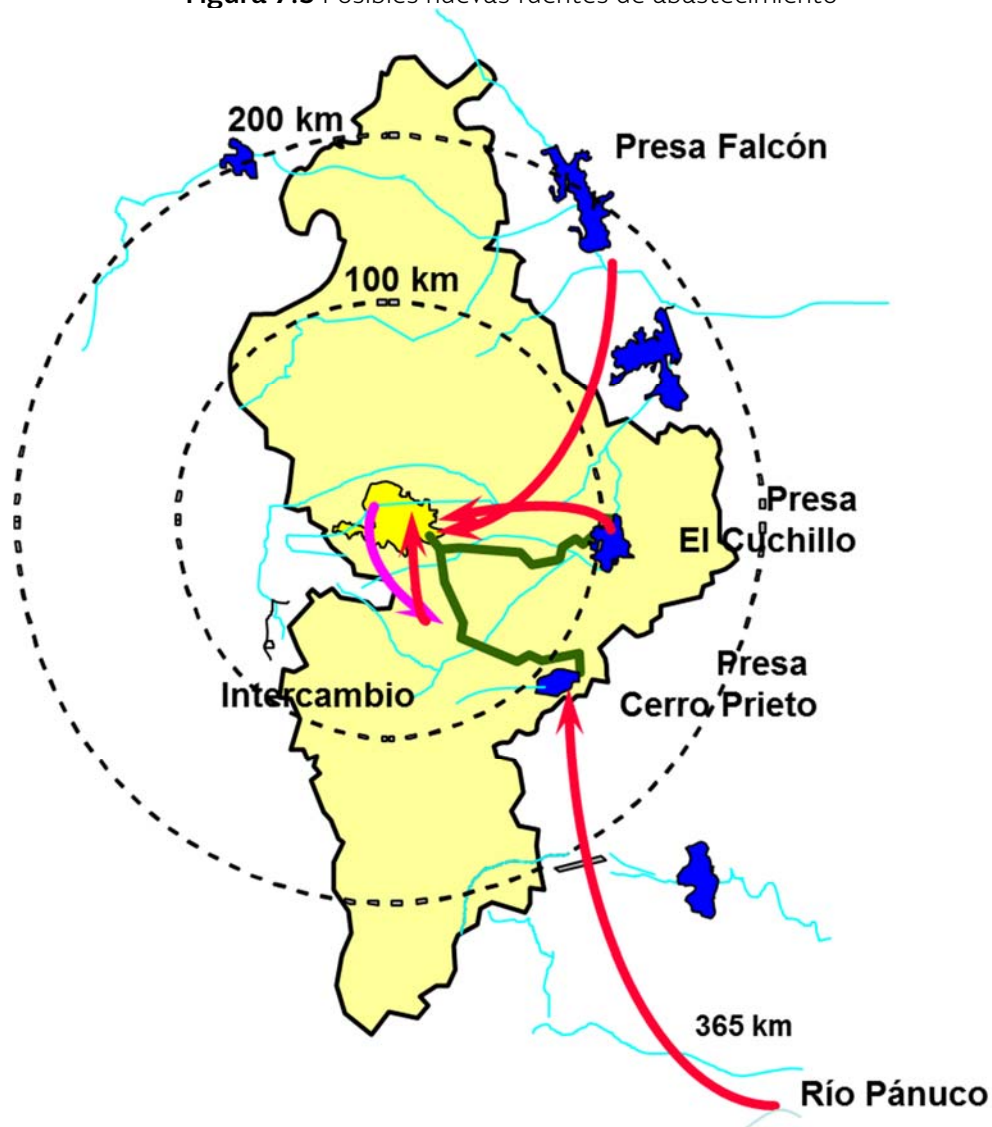
Acuífero	Disponibilidad (hm ³ /año)
Área Metropolitana de Monterrey	-57.31
Campo Buenos Aires	-5.72
Campo Mina	-6.89
Cañón del Huajuco	5.92
Total	-64.00

Los déficit en las principales fuentes de abastecimiento de la zona metropolitana de Monterrey son la causa por la cual el proyecto Monterrey VI ha buscado la transferencia

del río Pánuco, el cual tiene una disponibilidad de 13,940 hm³/año, conforme a la actualización de 2008. Aunque los ríos San Fernando y Soto La Marina están más cerca de Monterrey que el río Pánuco, figura 7.4, su disponibilidad -actualizada en 2007- es más modesta: la del río San Fernando es de 601.12 hm³/año y la del río Soto La Marina de 748.44 millones de metros cúbicos al año.

Las posibles nuevas fuentes de abasto incluyen a la presa Falcón, sobre el río Bravo, de la cual podría derivarse un volumen de 157.68 hm³/año; un intercambio de agua tratada en el río Pílon por 63.07 hm³/año; la segunda etapa de la presa el Cuchillo, de donde también podría obtenerse un volumen de 157.68 hm³/año, y una transferencia del río Pánuco que podría aportar desde 157.68 hasta 473.04 millones de metros cúbicos al año.

Figura 7.5 Posibles nuevas fuentes de abastecimiento



7.4. Medición del agua

Durante los primeros años de operación de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey la extracción de las fuentes de abastecimiento se estimaba de acuerdo con mediciones de campo esporádicas. Hacia 1970 comenzó el programa de macro medición, el cual consistió en la instalación de instrumentos de medición, tanto en las fuentes de abastecimiento, como en la llegada de agua a los tanques de almacenamiento y distribución. Con este sistema se logró conocer de manera precisa los volúmenes extraídos de las fuentes y los volúmenes entregados a las plantas potabilizadoras, y así determinar el comportamiento de las fuentes para establecer sus políticas de operación.

Por otra parte, a partir de año 2000 se tiene una micro medición del cien por ciento en todas las tomas domiciliarias, comerciales, industriales y públicas. La frecuencia de medición es mensual.

8. Vulnerabilidad a las sequías

El presente capítulo tiene como propósito realizar el análisis de la vulnerabilidad ante la sequía en el marco de la ciudad de Monterrey, N.L., considerando la zona atendida por el Organismo Operador y las fuentes de abastecimiento, en base en la premisa de que una estrategia de prevención y mitigación del fenómeno debe partir del diagnóstico de la vulnerabilidad, el cual facilita la propuesta de acciones para una reducción significativa del riesgo. En términos generales, la vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es susceptible a efectos adversos, en este caso, a la sequía, no es un pago por daño, es la prevención para reducir los daños. El concepto está ligado a las personas (comunidad) y por lo tanto es específico a un territorio y al grupo humano que lo habita. No obstante, no hay una fórmula o metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad, aquí el enfoque es de la vulnerabilidad a la sequía hidrológica u operacional, es decir a los efectos que causa la escasez de agua en la zona urbana, producto de su falta en las fuentes de abastecimiento o por mala planeación u operación, que en su momento tendrá efectos de afectación en la estructura socioeconómica de la región. Así, en el presente documento se presenta una metodología que tiene como finalidad observar los cambios de vulnerabilidad del sector hídrico a través del tiempo, con base en la construcción de indicadores sobre el uso y la gestión del agua, aplicable a un entorno definido y con continuidad geográfica-social.

Para el análisis de la vulnerabilidad del sector hídrico en la ciudad, ante las sequías, se proponen cinco indicadores que están relacionados con la gestión y el uso del agua, y que se consideran reflejan en mayor medida las causas de la vulnerabilidad del sector hídrico para las zonas urbanas. Su construcción parte de datos de la CONAGUA y de un razonamiento en el que los datos tienen una historia, y, en su momento, pueden cambiar con decisiones o políticas y reflejan en alguna medida aspectos de la vulnerabilidad física, económica y social (Tabla 8.1).

Tabla 8.1 Indicadores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía

Indicador	Definición	Fórmula	Rango del índice
Grado de presión sobre el recurso hídrico (P)	P es la presión hidrológica sobre el agua, considerando los recursos garantizados (RG) disponibles para satisfacer las demandas, en este caso la demanda para abastecimiento urbano D_u respecto a las otras demandas (OD), ya que las demandas ambientales (V_u), en este caso, son menores.	$P = (RG - (V_{na} + D_u)) / OD$	<ul style="list-style-type: none"> > 1 garantía 0.75 a 1 moderada 0.25 a 0.75 severa < 0.25 crítica
Sobreexplotación de acuíferos (S_a), %	Porcentaje del número de acuíferos sobreexplotados (A_s) con relación al número total de acuíferos (A_t).	$S_a = \frac{A_s}{A_t} * 100$	<ul style="list-style-type: none"> 0 a 1 (0% = 0 y 100% = 1)

Indicador	Definición	Fórmula	Rango del índice
Volumen de agua residual tratada (V_t), hm ³	Relación entre el volumen de agua residual municipal tratada (V_r), y el volumen total concesionado para abastecimiento público urbano (V_p).	$V_t = 1 - \frac{V_r}{V_p}$	0 a 1
Densidad de población al año 2010 (hab/km ²).	Es la relación entre el número de habitantes de la zona de estudio y su área.	$Densidad = \frac{No. habitantes}{Área de estudio}$	Cuanto mayor es la densidad de población de una región, se requieren mayores volúmenes de agua para satisfacer la demanda y, por lo tanto, dicha región es más vulnerable a padecer los efectos del déficit hídrico como consecuencia de una sequía.
Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas (hm ³ /hab/año).	Resulta de dividir la disponibilidad natural media total del agua subterránea de la zona de estudio entre el número de habitantes.	$Disp. = \frac{Disp. natural media}{No. de habitantes}$	La disponibilidad per cápita de agua, es uno de los elementos más importantes considerados por la ONU para evaluar el grado de bienestar de la población de un lugar. Las zonas áridas y semiáridas ya de por sí tienen un déficit hídrico y, por lo tanto, son más vulnerables ante la presencia de las sequías.

Fuente: adaptado de CONAGUA (2012).

Con el fin de conocer qué medidas se deben aplicar en cada caso se plantea la siguiente relación entre el Índice de estado y la presión hidrológica, lo que se puede prever mensualmente a partir de la disponibilidad de agua en el mes anterior. Es importante señalar que la intención es que estas medidas reduzca la vulnerabilidad detectada, a veces no se ve manifiesto, pero todas contribuyen, en lo general, en reducir demanda, poco en incrementar oferta (Tabla 8.2).

Tabla 8.2 Evolución de los índices de vulnerabilidad ante la sequía en la ciudad de Monterrey, N.L.

MEDIDAS A ADOPTAR				
ÍNDICE DE ESTADO*	PRESIÓN HIDROLÓGICA			
	COMPATIBLE	MODERADA	SEVERA	CRÍTICA
NORMALIDAD	NORMALIDAD	NORMALIDAD	PREALERTA	PREALERTA
PREALERTA	NORMALIDAD	PREALERTA	ALERTA	ALERTA
ALERTA	PREALERTA	ALERTA	ALERTA	EMERGENCIA
EMERGENCIA	ALERTA	EMERGENCIA	EMERGENCIA	EMERGENCIA

9. Indicadores de sequías

9.1. Indicadores regionales

Existen varios índices que se utilizan como indicadores (factores detonantes) para determinar las etapas de la sequía, como son:

- Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Escurrimiento Estandarizado (SDI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Estado Mixto

Estos son algunos de los índices más utilizados de manera convencional de forma internacional para identificar la etapa de las sequías; para el caso de México se usan el SPI, SDI e Índice de Estado, y para cada uno existen diferentes umbrales para cada etapa; una síntesis de estos índices se describe a continuación.

9.1.1 Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Como se mencionó en el capítulo cinco, el SPI es el valor resultante del análisis de los registros de precipitación, que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía.

El SPI es un índice basado en la probabilidad de registrar una cantidad dada de la precipitación, y las probabilidades son normalizados, de manera que un índice de cero indica la cantidad de precipitación mediana (media de las cantidades de precipitación históricos están por debajo de la mediana, y están por encima de la media mediana). El índice es negativo para la sequía, y positivo para condiciones de humedad (McKee *et al.*, 1993). Como las condiciones secas o húmedas se vuelven más graves, el índice se hace más negativa o positiva¹. En la Tabla 9.1 se muestran los umbrales del SPI para cada etapa de sequía.

Tabla 9.1 Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SPI.

Etapas de sequía	Rango de SPI
Anormal seca	-0.5 a -0.7
Sequía moderada	-0.8 a -1.2
Sequía severa	-1.3 a -1.5
Sequía extrema	-1.6 a -1.9
Sequía excepcional	< -2.0

9.1.2 Índice de Escurrimiento Estandarizado (SDI) o Índice Hidrológico de Sequía

El SDI es el valor resultante del análisis de los registros de escurrimiento o caudal en ríos que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía hidrológica (Nalbantis y Tsakiris, 2009). Los umbrales para cada etapa de sequía se muestran en la Tabla 9.2.

¹ NOAA 2013, National Climatic Data Center, National Oceanic And Atmospheric Administration
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/spi.html>

Tabla 9.2 Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SDI.

Etapa	Descripción	Criterio	Probabilidad (%)
0	Sin sequía	SDI > 0.0	50
1	Sequía incipiente	-1 < SDI < 0.0	34.1
2	Sequía moderada	-1.5 < SDI < -1.0	9.2
3	Sequía severa	-2.0 < SDI < -1.5	4.4
4	Sequía extrema	SDI < -2.0	2.3

9.1.3 Índice de Estado

El Índice de Estado (I_e) consiste en una normalización de los registros de escurrimientos y/o de almacenamientos de embalses, transformándolos en un valor adimensional que varía entre 0 y 1, con base en valores medios, máximos y mínimos de los escurrimientos y/o almacenamientos de embalses. Si el sistema depende tanto de recursos regulados como de no regulados, es necesario distinguir entre volumen de embalse y aportaciones al mismo, y se construye un índice mixto que ponderará ambos componentes (Ministerio de Medio Ambiente, 2005).

En el sentido de prevención y preparación a los usos del agua en el periodo que inicia la sequía, y considerando un posible déficit o demanda no suministrada, junto con la probabilidad de que esas condiciones deficitarias se prolonguen en el tiempo, los diferentes niveles de sequía se clasifican de la siguiente manera:

Estado de normalidad. Implica que los indicadores de sequía están por encima de los valores medios registrados en las series históricas de los indicadores.

Estado de prealerta. Se activa cuando los indicadores descienden por debajo de los valores medios históricos, por lo que es conveniente extremar el control.

Estado de alerta. Se activa cuando es necesario poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda que permitan su mantenimiento con aplicación de las medidas de ahorro pertinentes.

Estado de emergencia. Se activa cuando es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias.

La expresión del Índice de Estado I_e es la siguiente:

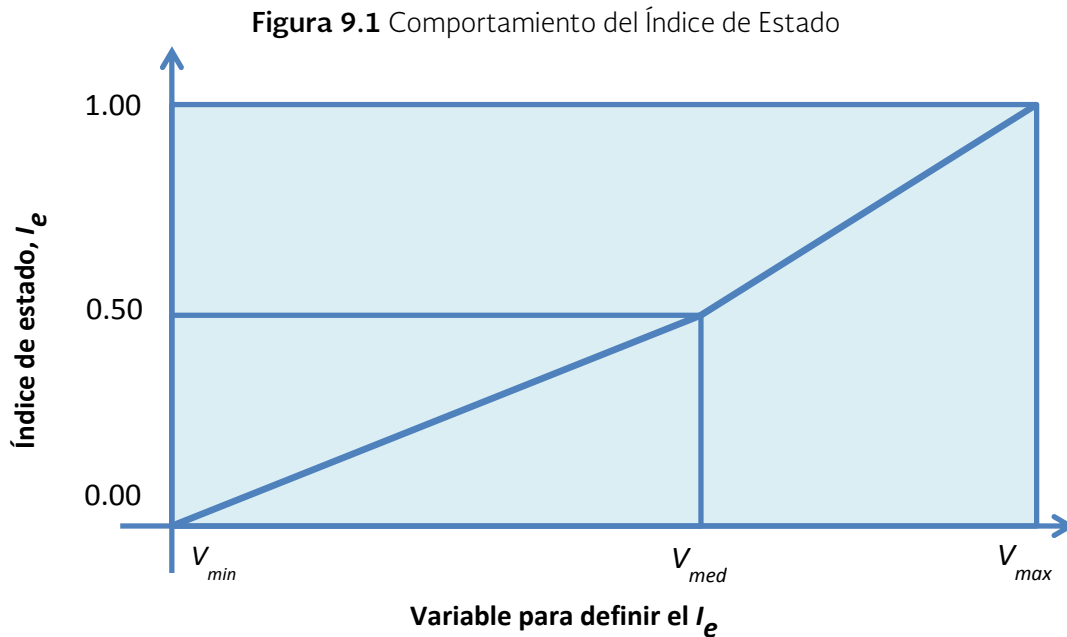
$$\text{Si } V_i \geq V_{med}: I_e = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right]$$

$$\text{Si } V_i < V_{med}: I_e = \frac{1}{2} \left[\frac{V_i - V_{min}}{V_{med} - V_{min}} \right]$$

Siendo:

- V_i : Valor de la medida obtenida en el mes de seguimiento
- V_{med} : Valor medio en el periodo histórico
- V_{max} : Valor máximo en el periodo histórico
- V_{min} : Valor mínimo en el periodo histórico

La interpretación del I_e se muestra en la Figura 9.1, que cuando el valor V_i está comprendido entre la media de la serie y su valor máximo, el índice dará una cifra que oscilará entre 0.5 y 1, mientras que en el caso de que V_i sea inferior al valor medio, lo hará entre 0 y 0.5.

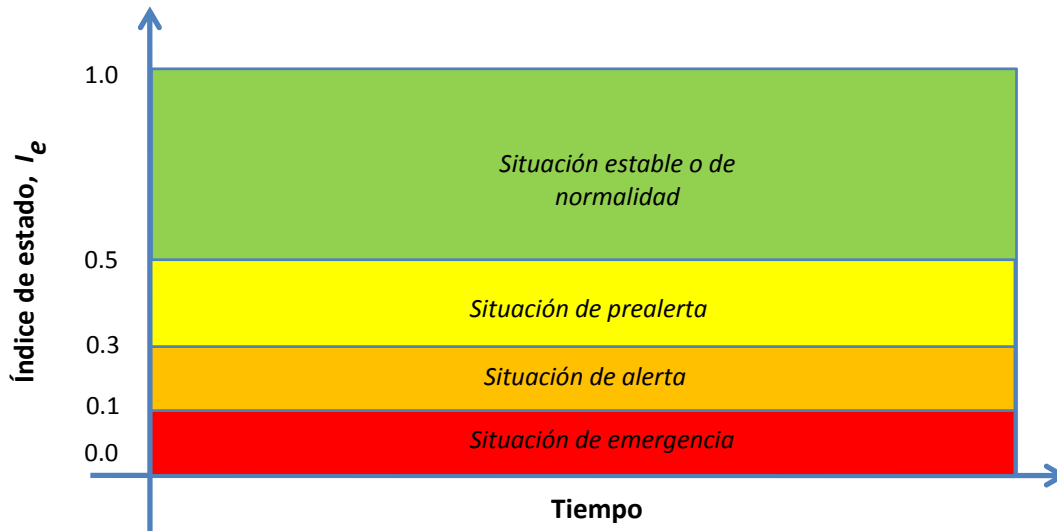


Fuente: IMTA, 2013. Formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, Marco Teórico.

El rango de valores del I_e , como se ha señalado, va de 0 a 1, se discretiza convencionalmente, en principio, a efectos de diagnóstico de la situación de sequía, en los cuatro niveles siguientes (Figura 9.2):

- $I_e > 0.5$ nivel verde (situación estable o de normalidad)
- $0.5 > I_e > 0.3$ nivel amarillo (situación de prealerta)
- $0.3 > I_e > 0.15$ nivel naranja (situación de alerta)
- $0.15 > I_e$ nivel rojo (situación de emergencia)

Figura 9.2 Umbrales del Índice de Estado



Fuente: IMTA, 2013. Formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, Marco Teórico.

En el caso de sistemas regulados, el estudio de la sequía hidrológica, se realiza a partir de los datos recogidos en el embalse o embalses que caracterizan la cuenca, partiendo de los datos de nivel de embalse al inicio de cada mes, para obtener de ahí el *índice de embalse*, I_{emb} , y con los valores de aportación mensual, para obtener el respectivo *índice de escurrimiento* (I_f), procediendo a determinar los valores medio, máximo y mínimo que definan el I_e mixto o compuesto de todo el sistema de suministro de agua.

Como se ha mencionado, en el caso de un sistema dependiente del volumen y la aportación al embalse, el indicador final se compone de las dos variables, las aportaciones al embalse, a partir de las cuales se obtiene el Índice de escurrimiento (I_f), y el volumen de agua embalsada al inicio de cada mes, del que se obtiene el Índice de embalse (I_{emb}). El indicador final es, por tanto, un índice mixto (Índice de estado mixto, I_{EM}), vinculado a la aportación media anual del embalse (A_m):

Índice de estado mixto =

$$I_{EM} = [I_{emb} * (\frac{1}{2} * \frac{V_{util}}{A_m})] + [I_f * (1 - (\frac{1}{2} * \frac{V_{util}}{A_m}))]$$

El índice de escurrimiento, I_f , es un índice de estado que se calcula, teniendo en cuenta las aportaciones mensuales al embalse. En cuanto al índice de embalse, I_{emb} , es un índice de estado que se calcula teniendo en cuenta el nivel del embalse al inicio de cada mes.

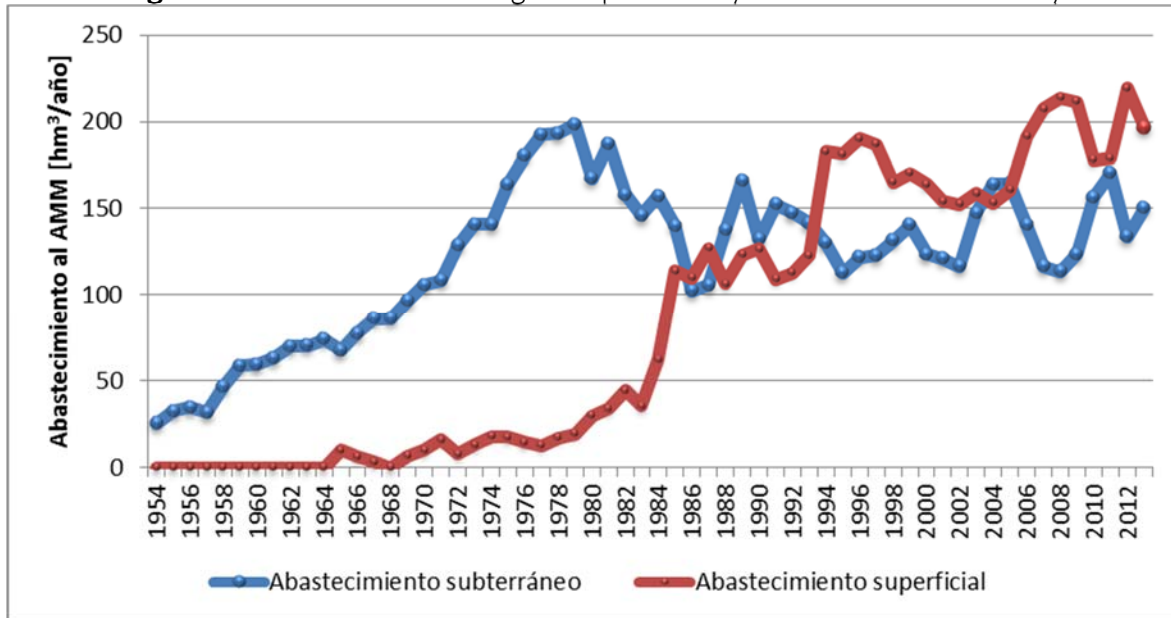
De esta forma, para un sistema hidráulico-hidrológico de uso del agua, donde la fuente de suministro es un embalse o sistema de embalses alimentados por corrientes superficiales, la determinación para cada uno de los embalses del I_{EM} , aportará elementos comparables y dimensionalmente homogéneos, que ayudarán al análisis global del sistema y a la planeación de los volúmenes a asignar para los diversos usos demandantes, en función de la situación actual de esas fuentes de suministro, que a su vez reflejarán tanto el acontecer natural, dado por las lluvias y el escurrimiento, como los

resultados del manejo y gestión inmediatamente previas, dado por los volúmenes disponibles.

9.2. Indicadores para la Zona Metropolitana de Monterrey

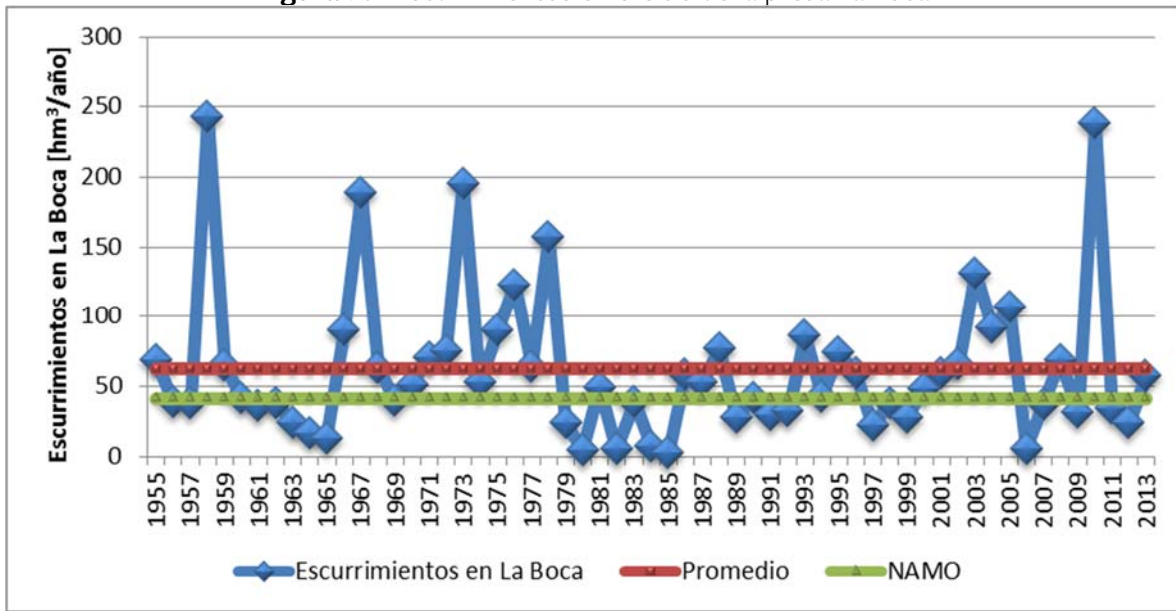
En un principio Monterrey se abastecía principalmente de agua subterránea, sin embargo, a partir de la construcción de las presas Cerro Prieto en 1982 y El Cuchillo en 1994 el abastecimiento ha sido mayoritariamente superficial, según se observa en figura 9.3. De esta misma gráfica se aprecia que los acuíferos han dejado de sobreexplotarse en la medida en que existen escurrimientos abundantes hacia las presas de almacenamiento que permiten abastecer al AMM con aguas superficiales.

Figura 9.3 Abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas a Monterrey



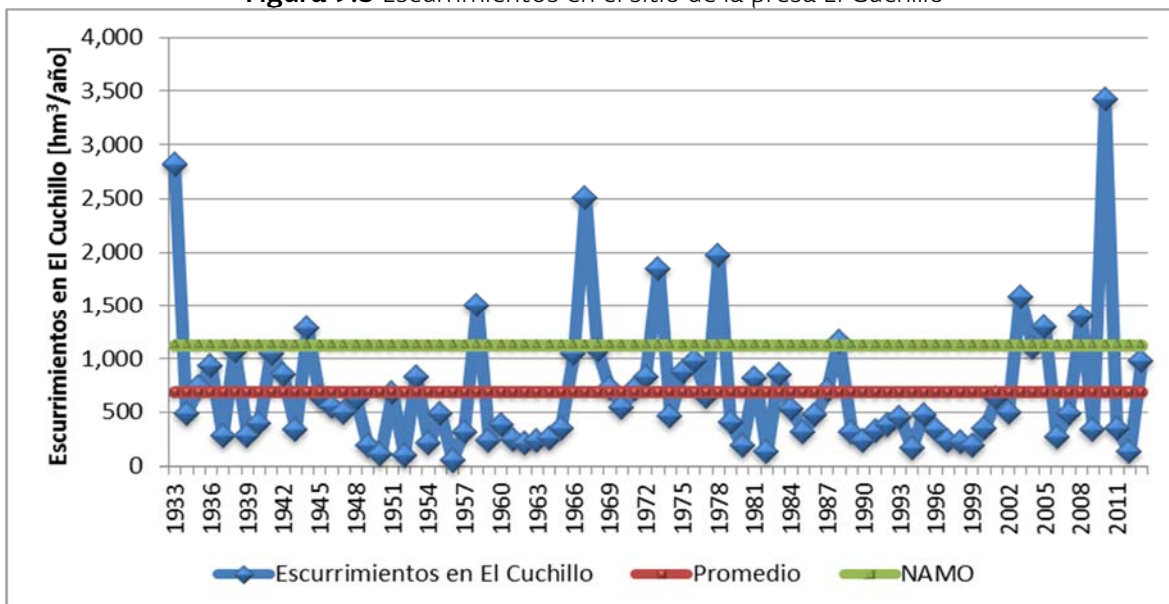
Los escurrimientos hacia la presa La Boca, construida en 1961, son bastante erráticos, conforme se aprecia en la figura 9.4. En esa gráfica se observa que la presa puede almacenar sólo el 66.6% del escurrimiento promedio anual, por lo que todos los volúmenes superiores a los 39.5 hm³/año son vertidos por la presa, ya que no puede retenerlos para usarse posteriormente. También se observa que la mayor parte de los periodos extensos en los cuales el escurrimiento medio anual es inferior al valor promedio corresponde a siete años consecutivos, por lo que puede estimarse que la duración de las sequías hidrológicas en la presa La Boca es de esa duración.

Figura 9.4 Escurreimientos en el sitio de la presa La Boca



Por otra parte, los escurreimientos hacia la presa El Cuchillo también tienen una gran variabilidad, según se observa en la figura 9.5, y los periodos extensos en los que los escurreimientos son inferiores al promedio son de siete y 14 años consecutivos, por lo que puede estimarse que la sequía hidrológica en esta presa puede tener alguna de esas duraciones. El Cuchillo puede almacenar 1.64 veces el volumen de escurreimiento medio mensual; aun así, los escurreimientos superiores a 1,123 hm³/año tienen que ser vertidos.

Figura 9.5 Escurreimientos en el sitio de la presa El Cuchillo

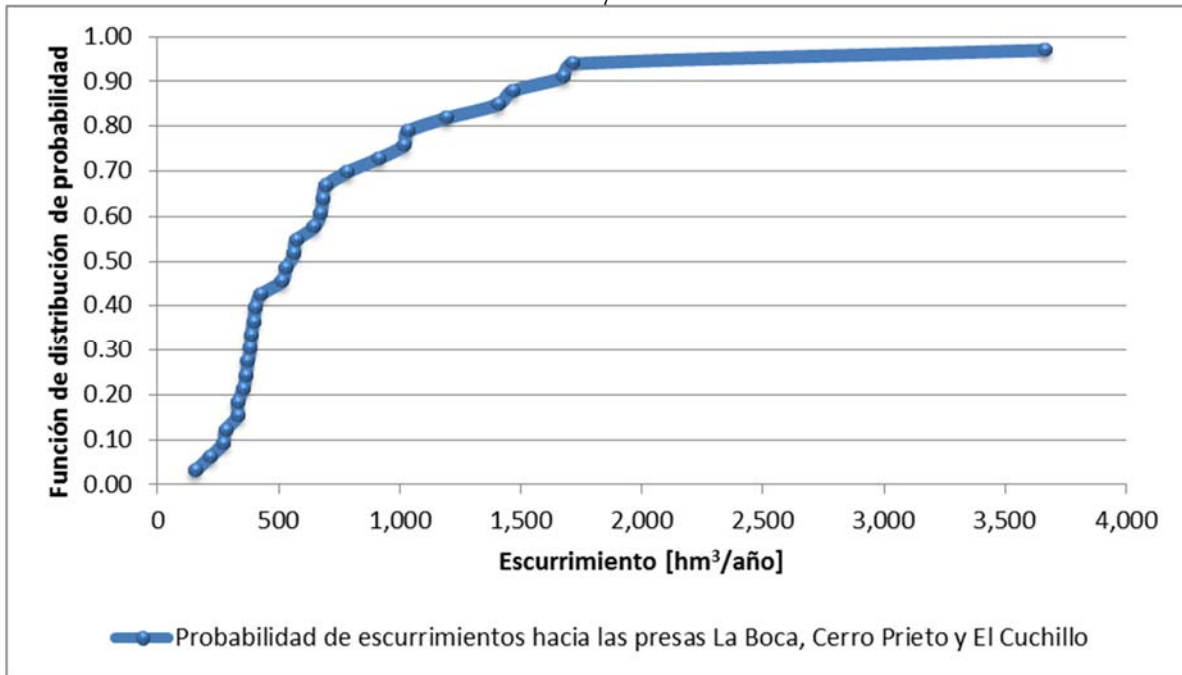


9.2.1 Umbrales de la sequía

Como Monterrey es una zona semiárida en la que se presentan sequías, el escurreimiento del río San Juan y San Fernando hacia las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo con

frecuencia se ubica entre los percentiles 67 y 21, según se muestra en la figura 9.6. Por tanto, si se emite la declaración de sequía dentro de ese rango, causará oscilaciones entre las categorías de sequía, mientras que los almacenamientos de las presas pudieran no apoyar la condición de sequía, particularmente porque éstas son hidrológicamente pequeñas.

Figura 9.6 Función de distribución de probabilidad de los escurrimientos hacia las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo



Por tanto, se propone definir el umbral de la sequía no sólo con base en la oferta de agua (la lluvia, el escurrimiento o el volumen almacenado) sino de la oferta de agua nueva en relación con la demanda de aguas superficiales de Monterrey y la capacidad activa del conjunto de presas, el cual asciende a 1,462.5 hm³.

En el presente documento se propone utilizar la suma de los escurrimientos hacia las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo dividida entre la demanda de aguas superficiales de Monterrey como variable básica para definir los umbrales de “sequía urbana”, y conservar el agua de los acuíferos como fuentes de abastecimiento que permitan tener un efecto de amortiguamiento. De esta manera, se puede calcular el número de años de reserva de escurrimiento superficial en relación con la demanda de aguas superficiales, actual o futura, y la capacidad activa del conjunto de presas.

Entonces, sea Q_d una variable aleatoria definida como:

$$Q_d = \text{Mín} \left\{ \begin{array}{l} \text{Capacidad activa de las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo,} \\ \text{Suma de sus escurrimientos / demanda de aguas superficiales de Monterrey} \end{array} \right\} \quad (1)$$

En la actualidad la demanda asciende a 196.91 hm³/año, pero se ha ido incrementando desde 1954. Considerando un periodo a partir de 1982, año en que comenzó a operar la

presa Cerro Prieto, el número de años de reserva de escurrimiento superficial -acotada por la capacidad activa del conjunto de presas- en relación con la demanda histórica de aguas superficiales de Monterrey se presenta en la figura 9.5.

En la figura 9.7 se observa que el promedio de años de reserva de escurrimientos hacia las presas es de 5.52 años y que el periodo más crítico incluye 14 años consecutivos en los cuales el número de años de reserva de escurrimientos hacia las presas es inferior al valor promedio; esto es, el periodo de sequía más severo corresponde a 14 años.

No obstante, la demanda se ha incrementado, por lo que la variación de Q_d con la demanda actual se modifica conforme se muestra en la figura 9.8. Obsérvese cómo, al incrementarse la demanda, disminuye el promedio del número de años de reserva de escurrimiento hacia las presas a un valor de 3.45 años y que el periodo crítico de sequía hidrológica se divide en dos periodos de aproximadamente seis años consecutivos.

Figura 9.7 Años de reserva de escurrimiento superficial con la demanda histórica

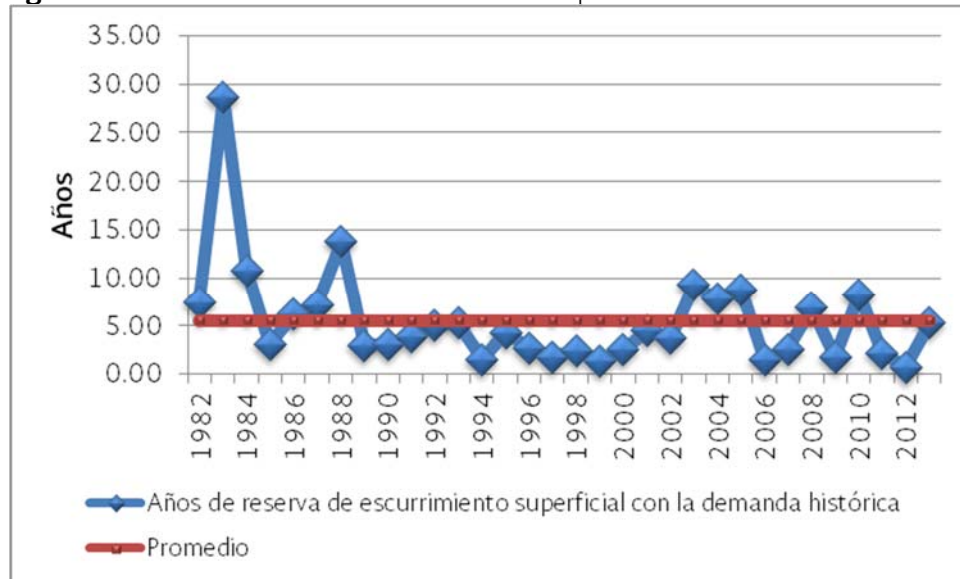
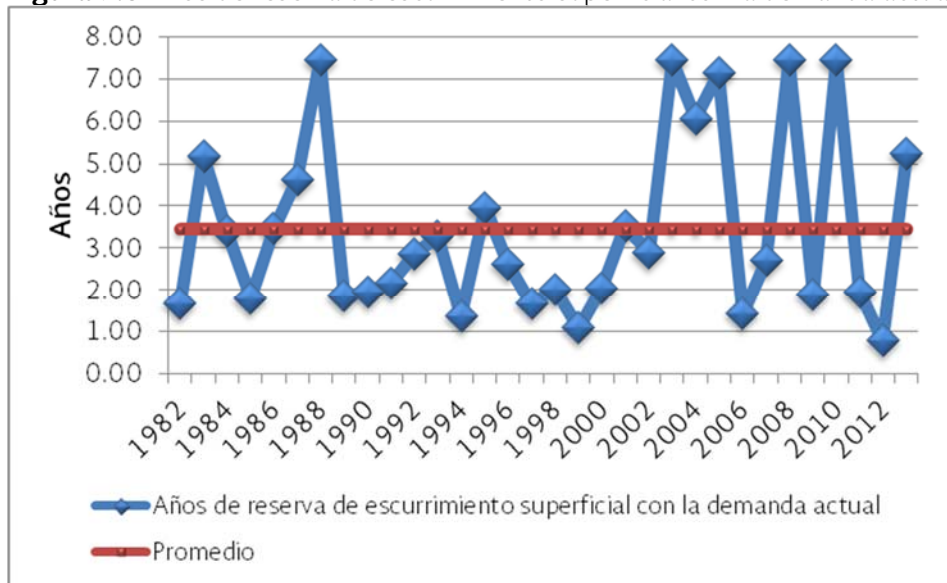


Figura 9.8 Años de reserva de escurrimiento superficial con la demanda actual



Si este cálculo se hace con la demanda estimada -figura 6.13 y tabla 6.1- para los años 2030, figura 9.9, y 2050, figura 9.10, se obtiene un patrón muy similar pero con una disminución del número promedio de años de reserva de escurrimientos a 1.50 y 1.24 años, respectivamente. Los periodos de sequía hidrológica siguen siendo de aproximadamente seis años consecutivos.

Figura 9.9 Años de reserva de escurrimiento superficial con la demanda en 2030

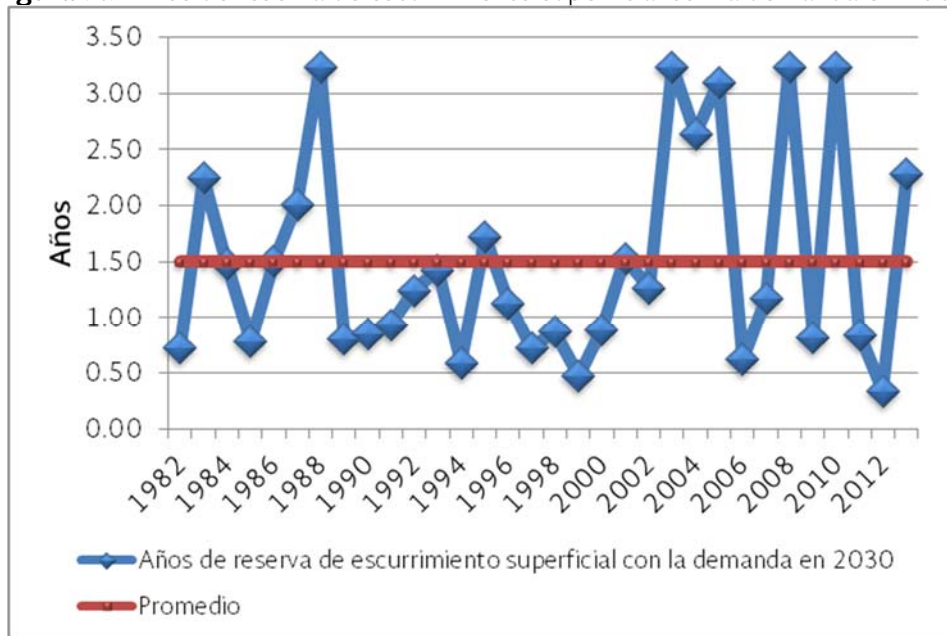
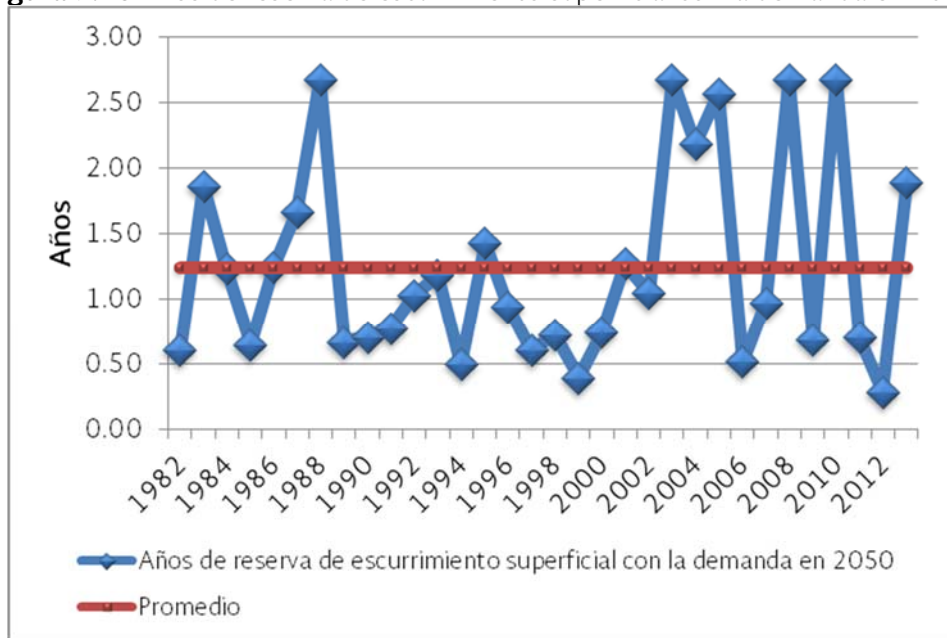


Figura 9.10 Años de reserva de escurrimiento superficial con la demanda en 2050



Para evitar la oscilación en la declaración de las diversas etapas de la sequía, considérese la distribución de probabilidad del mínimo entre la capacidad activa de las presas La Boca, Cerro Prieto y el Cuchillo y la suma de sus escurrimientos dividida entre la demanda de aguas superficiales de Monterrey, Q_d , definida por:

$$F_{Q_d}(q_d) = \int_0^{q_d} f_{Q_d}(q_d) dq_d = \Pr [Q_d \leq q_d] \quad (2)$$

De esta función se puede calcular el percentil de orden P con la función inversa:

$$q_p(d) = F_{Q_d}^{-1}(p) \quad (3)$$

en donde $q_p(d)$ es la suma de escurrimientos hacia las presas La Boca, Cerro Prieto y el Cuchillo -limitados por la capacidad activa del conjunto de presas- dividida entre la demanda d de aguas superficiales de Monterrey cuya probabilidad de ocurrencia es igual o menor que P .

Entonces, con las ecuaciones (2) y (3) se puede calcular la función de distribución de probabilidad de los años de reserva de escurrimientos hacia las presas La Boca, Cerro Prieto y el Cuchillo dividida entre la demanda de aguas superficiales de Monterrey, así como los valores de la suma de escurrimientos -acotados por la capacidad activa del conjunto de presas- para una probabilidad de ocurrencia y un demanda dadas.

En la figura 9.11 se muestra la función de distribución de probabilidad del número de años de reserva de escurrimientos con la demanda histórica, en la figura 9.12, con la

demanda actual, en la figura 9.13 con la demanda estimada para 2030 y en la figura 9.14 con la demanda estimada para 2050.

Figura 9.11 Distribución de probabilidad de Q_d con la demanda histórica

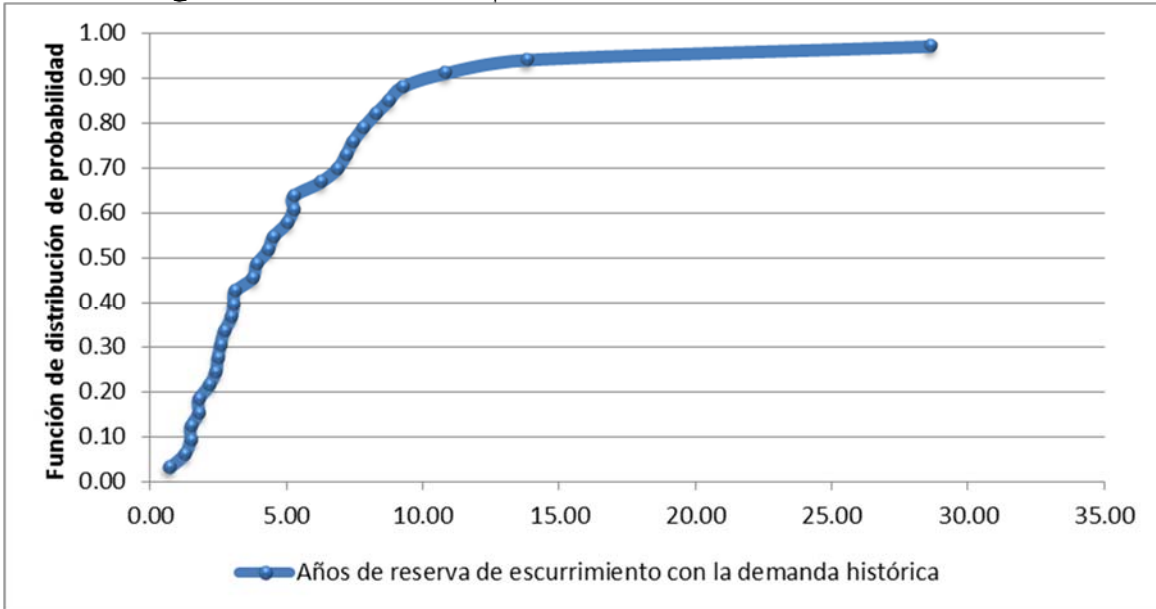


Figura 9.12 Distribución de probabilidad de Q_d con la demanda actual

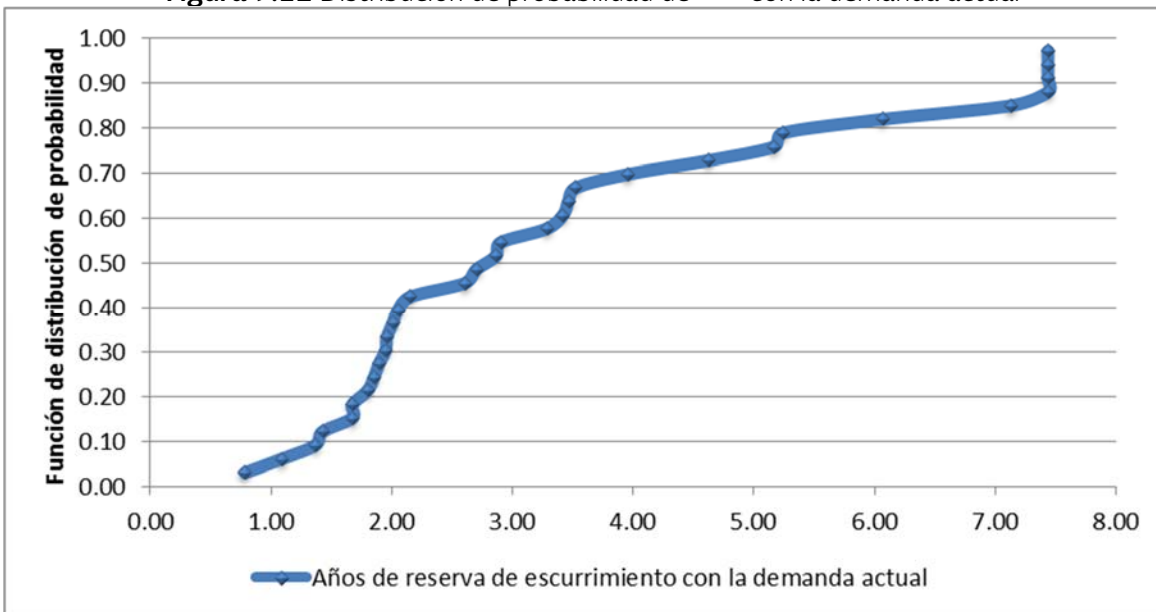


Figura 9.13 Distribución de probabilidad de Q_d con la demanda en 2030

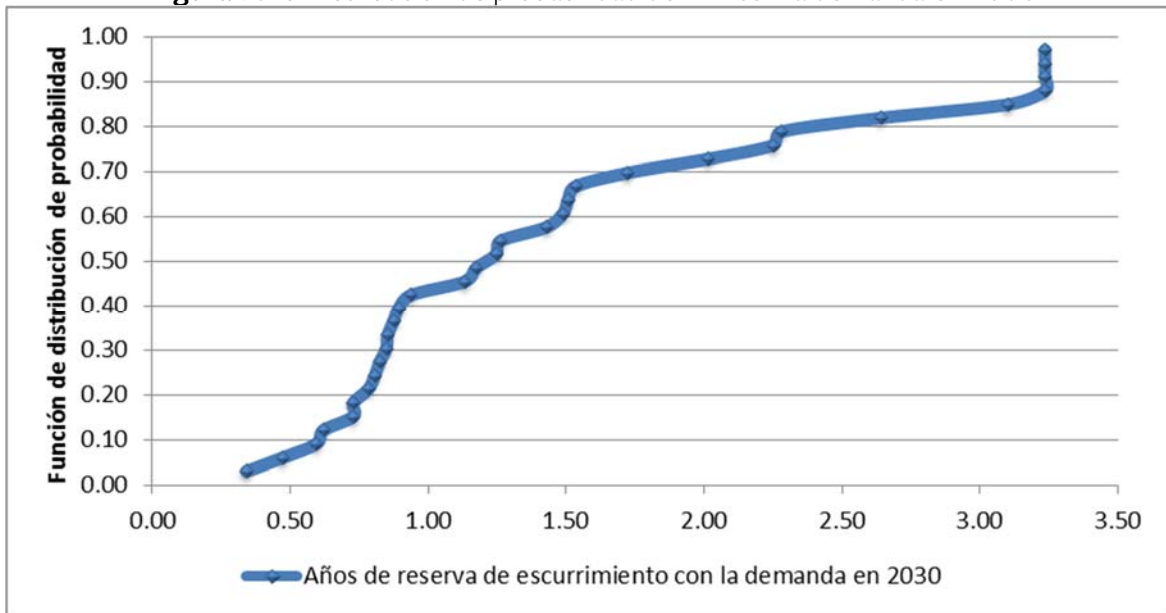
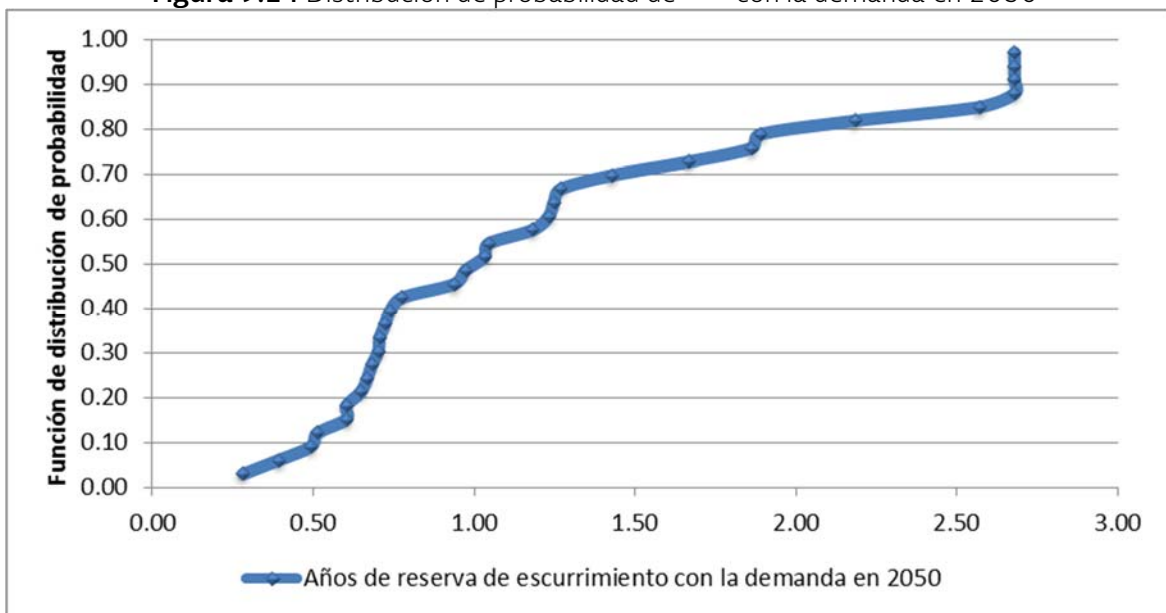


Figura 9.14 Distribución de probabilidad de Q_d con la demanda en 2050



Entonces, con la ecuación (3) o, equivalentemente, con ayuda de las figura 9.11 a figura 9.14 se pueden estimar percentiles que eviten oscilaciones entre las diversas categorías de sequía. En la figura 9.6 se recomendó evitar el rango de percentiles entre 67 y 21, en relación con la suma de los escurrimientos hacia el conjunto de presas. No obstante que la variable Q_d acota los escurrimientos a la capacidad activa de las presas y tasa el volumen de agua nueva con la demanda de aguas superficiales de Monterrey, se considera prudente conservar ese criterio, aunque sea más robusto.

De esta manera, los umbrales de la sequía urbana se definen conforme se propone en la tabla 9.3. Debe observarse que los criterios de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey y la Comisión Nacional del Agua están basados sólo en los almacenamientos del conjunto de presas y que el razonamiento del Arizona Water Resources Department está enfocado más hacia una sequía meteorológica -si se emplea la precipitación- o una sequía hidrológica -si se emplea el escurrimiento-, mientras que la propuesta del presente documento está dirigida específicamente a la “sequía urbana” al considerar la oferta de “agua nueva” en relación con la demanda de aguas superficiales.

Tabla 9.3 Umbrales de una sequía urbana

Categoría de la sequía	Umbrales de una sequía			
	SADM	Conagua	Arizona	Propuesta
Condiciones normales	--	--	$p_{30} < P$	$q_{30} < Q_d$
D0 Anormalmente seco	--	--	$p_{21} < P \leq p_{30}$	$q_{21} < Q_d \leq q_{30}$
D1 Sequía moderada	$p_S < 64\%$	$p_S < 80\%$	$p_{11} < P \leq p_{20}$	$q_{12} < Q_d \leq q_{21}$
D2 Sequía severa	$p_S < 53\%$	$p_S < 65\%$	$p_6 < P \leq p_{10}$	$q_6 < Q_d \leq q_{12}$
D3 Sequía extrema	$p_S < 46\%$	$p_S < 40\%$	$p_2 < P \leq p_5$	$q_3 < Q_d \leq q_6$
D4 Sequía excepcional	$p_S < 40\%$	$p_S < 25\%$	$p_1 < P \leq p_2$	$Q_d \leq q_3$

pS: Porcentaje del volumen almacenado en las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo
P: Precipitación
px: Percentil de la precipitación de orden x
qx: Percentil de la variable aleatoria Qd de orden x
Qd: Variable aleatoria definida por la ecuación (1)

En la interpretación del percentil de orden x de la variable aleatoria Qd -denotado como qx- que aparece en la tabla 9.3, la suma de los escurrimientos a las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo deberá computarse en el año inmediatamente anterior. Es decir, si el cálculo se realiza el 1° de abril, deberá considerarse el escurrimiento del 1° de abril del año anterior al 31 de marzo del año en curso.

De esta manera, la clasificación de condiciones normales, situación anormalmente seca o cualquiera de las etapas de la sequía urbana deberán calcularse mensualmente y, en función de la variable Qd, determinar en cuál de las seis condiciones de sequía o ausencia de sequía se halla la zona metropolitana de Monterrey y, en su caso, aplicar las restricciones procedentes.

Con los percentiles que definen las etapas de la sequía urbana en Monterrey, tabla 9.3, o bien con la ayuda de las figuras 9.11 a la 9.14, se pueden estimar los valores del número de años de reserva en función de la demanda. El resultado se presenta en la tabla 9.4.

Tabla 9.4 Años de reserva de escurrimientos para distintas demandas

Sequía	Percentil que define la sequía	Suma de escurrimientos al conjunto de presas [hm ³ /año]	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2014	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2030	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2050
Condiciones normales	Por ej., $Q_d \geq q_{39}$	$Q \geq 403.81$	2.05	0.89	0.74
D0 Anormalmente seco	$Q_d \leq q_{30}$	$Q \leq 383.73$	1.95	0.85	0.70

Sequía	Percentil que define la sequía	Suma de escurrimientos al conjunto de presas [hm ³ /año]	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2014	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2030	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2050
D1 Sequía moderada	$Q_d \leq q_{21}$	$Q \leq 353.97$	1.80	0.78	0.65
D2 Sequía severa	$Q_d \leq q_{12}$	$Q \leq 280.74$	1.43	0.62	0.51
D3 Sequía extrema	$Q_d \leq q_6$	$Q \leq 214.07$	1.09	0.47	0.39
D4 Sequía excepcional	$Q_d \leq q_3$	$Q \leq 154.50$	0.78	0.34	0.28

Q_d: Variable aleatoria definida por la ecuación (1)

Q: Suma de los escurrimientos hacia las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo

De la tabla 9.4 se observa que, para la demanda actual de aguas superficiales, las condiciones normales ($Q_d \geq q_{39}$) están definidas de tal manera que los escurrimientos que ingresan a las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo son suficientes para garantizar el suministro de aguas superficiales a Monterrey durante dos años. La sequía extrema se define justo cuando los escurrimientos que ingresan a las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo alcanzan sólo para un año. Por tanto, si no se incrementa la infraestructura y la demanda de aguas superficiales continúa en aumento, para 2030 las condiciones normales no serían suficientes para satisfacer ni siquiera un año de la demanda de aguas superficiales, por lo que deberán incorporarse nuevas fuentes de abastecimiento o actualizar el criterio de la tabla 9.3, o ambas cosas.

Durante la sequía debe ejercerse un racionamiento de agua, tabla 9.5 con medidas similares a las de la tabla 3.2 pero coercitivas, y aplicar un sobreprecio que motive al usuario para cumplir con las restricciones impuestas. Sin embargo, las acciones preventivas identificadas en un Plan de Preparación para Afrontar Sequías, como la construcción de infraestructura, el fortalecimiento de la normativa, la promoción de programas de reducción de fugas y otras deberán hacerse con antelación a la sequía.

Tabla 9.5 Restricciones en el uso de agua potable durante una sequía urbana

Condición de sequía	Suma de escurrimientos al conjunto de presas [hm ³ /año]	Años de reserva de escurrimientos con la demanda de 2014	Restricción al uso del agua potable [%]
Condiciones normales	$Q \geq 403.81$	2.05	0
D0 Anormalmente seco	$Q \leq 383.73$	1.95	5
D1 Sequía moderada	$Q \leq 353.97$	1.80	10
D2 Sequía severa	$Q \leq 280.74$	1.43	15
D3 Sequía extrema	$Q \leq 214.07$	1.09	20
D4 Sequía excepcional	$Q \leq 154.50$	0.78	25

De la tabla 9.5 se observa que incluso para condiciones anormalmente secas -que no corresponden en sentido estricto a una sequía- se propone establecer restricciones para reducir la exposición a un riesgo mayor de desabasto de agua. El porcentaje en que los usuarios deberán limitar su uso del agua durante una sequía deberán establecerse y verificarse mes a mes, ya que las lecturas que realiza Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey es mensual; para implantar restricciones diarias sería necesario contar con mediciones diarias de consumo.

10. Medidas para atender las sequías

Las estrategias para afrontar las sequías se dividen en dos partes fundamentales. En la primera de ellas se establece un Plan de Preparación para Afrontar Sequías, en el cual se consideran acciones permanentes para la conservación del agua antes, durante y después de la sequía. Estas medidas preventivas disminuyen la vulnerabilidad debida al déficit de agua.

La segunda parte consta de restricciones temporales al uso del agua, sólo durante la sequía. Como la duración, intensidad, severidad y la extensión territorial sobre la que ocurre una sequía es impredecible, se requiere estimar el inicio y el fin de la sequía, así como su extensión territorial. Estas medidas de mitigación permiten atenuar los impactos debidos al déficit de agua y se restringen, básicamente, a racionar la dotación de agua de manera voluntaria o coercitiva.

Ambos tipos de acciones están insertos en un proceso de planeación prospectiva con el propósito de que sean más eficaces, eficientes y coordinados por parte de las instituciones que deben ejecutarlos.

10.1. Antes de la sequía: prevención

Las medidas preventivas permiten estimar y organizar de manera anticipada los recursos humanos, materiales y financieros que podrían ser necesarios para afrontar una sequía. Por ejemplo, se puede considerar la reducción del volumen de agua usado; la introducción de llaves, regaderas y muebles de baño de bajo consumo; la disminución de fugas en la red de distribución de agua potable, y el reúso de las aguas residuales tratadas en los usos que permitan ese tipo de calidad del agua, antes que incrementar la extracción de agua de las fuentes de abastecimiento actuales -particularmente de las subterráneas- e incluso de concebir el desarrollo de nuevas fuentes, especialmente las que se basan en la transferencia de agua desde otras cuencas.

No obstante, este tipo de medidas preventivas incluyen la construcción de infraestructura hidráulica para la captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua, así como su medición, control, facturación y cobro. Estas acciones también incluyen la adecuación de la normativa para distribuir el déficit de agua cuando se presente la sequía, así como estrategias de comunicación y participación, educación ambiental -e hídrica en particular-, tandeos y reglamentación del consumo de agua en ciudades durante sequías.

Entre las principales estrategias sociales sobresale la información a la sociedad acerca de las alternativas de acción; en las de tipo administrativo es de particular importancia establecer convenios entre los distintos usuarios de la cuenca o de cuencas u organismos operadores vecinos, para definir la posible distribución de las aguas superficiales durante una sequía en función de la disponibilidad; en las de infraestructura resalta la rehabilitación de infraestructura obsoleta para usarse sólo en época de sequías; en las operativas resulta muy útil la sectorización con objeto reducir las fugas; en el ámbito habitacional son idóneas la promoción u obligación de instalar dispositivos eficientes de agua y el reúso de las aguas grises y de las aguas residuales tratadas; en las instalaciones comerciales contribuye mucho promover la reducción del uso de aire acondicionado; en

la industria es fundamental promover la conversión de los sistemas de enfriamiento al uso de enfriamiento en seco mediante sistemas de ventilación, y en la esfera jurídica es imprescindible normar con la finalidad de sancionar los consumos excesivos y otorgar descuentos por el ahorro de agua en época de sequías.

Las medidas identificadas para prevenir los impactos en la ZM de Monterrey podrían ahorrar del orden de 114 hm³/año en los usos doméstico, público urbano e industrial, entre las que sobresalen las acciones mostradas en la tabla 10.1.

Tabla 10.1 Principales medidas preventivas en la célula de planeación Monterrey

Medida	Ahorro con medidas preventivas (hm ³ /año)
Enfriamiento por ventilación de equipos de generación de energía	25.61
Reparación de fugas en la red de distribución municipal	13.76
Sustitución o instalación de equipamiento hidrosanitario eficiente en inmuebles públicos	10.39
Solidificación de desechos en la extracción de minerales	9.87
Reparación de fugas en la industria	9.28
Sustitución o instalación de equipamiento hidrosanitario eficiente en viviendas	9.22
Transportación de aguas tratadas para el uso en riego de áreas verdes	8.00
Total	86.13

Por tanto, resulta claro que la disminución de la vulnerabilidad a la sequía por medio de acciones para ahorrar agua de manera permanente podría disminuir la demanda de agua en Monterrey de 379.03 a 256.03 hm³/año, es decir, del orden del 30 por ciento.

10.2. Durante la sequía: mitigación

Cuando se presenta una sequía existen sólo dos cursos de acción para remediar la situación en el uso público urbano de un centro de población: importar más agua -si es posible y para lo cual se requiere haber previsto en el Plan de Preparación para Afrontar Sequías las interconexiones que hagan posible la transferencia de agua- o disminuir el consumo de agua. En el ámbito rural existe una alternativa adicional que no se aplica en las áreas urbanas: recurrir a compensaciones económicas por los daños sufridos, caso que no se aborda en el presente documento.

Entonces, si es posible importar más agua hasta cumplir la demanda, la sequía no afecta físicamente a la población. No obstante, habrá de cubrirse el costo de la transferencia de agua mediante un sobrepeso temporal en las tarifas autorizadas, mientras dure la sequía y la transferencia de agua. Bajo esta hipótesis no falta el agua pero cuesta más.

Por otra parte, si no es posible importar más agua o si existe una demanda insatisfecha, entonces la población en general -incluidos los comercios, industrias y usos públicos- deberá disminuir su consumo de agua para garantizar el buen funcionamiento de la comunidad.

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey debe tener su propio Plan de Preparación para Afrontar Sequías, de tal manera que todos los actores sociales y servidores públicos sepan qué deben hacer ante una sequía de duración, intensidad y severidad específicas. Es claro que para la ciudad de Monterrey el efecto amortiguador en presencia de sequías no debe provenir del agua superficial, sino de los acuíferos. No obstante, debe tenerse en cuenta que, al igual que en otras emergencias -como incendios, sismos e inundaciones-, los planes son sumamente conductuales y su éxito depende de la comprensión que la gente tenga acerca del papel que juega en ellos y de cómo sus acciones encajan en una respuesta más amplia. Por tanto, es necesario orientar al ciudadano sobre cuáles son sus opciones para adaptarse al recorte en el suministro de agua durante una sequía.

En consecuencia, como medidas temporales para mitigar los impactos de una sequía se puede considerar la reducción de la dotación diaria a todos los usuarios, tomando en cuenta las actividades prioritarias que requieren continuidad en el servicio de abastecimiento de agua durante la contingencia, como son el uso doméstico, las actividades de salud pública y la extinción de incendios. Entonces, las metas de reducción de la demanda y el carácter de las mismas -voluntarias, parcialmente obligatorias y obligatorias- deberán estar correlacionadas con la etapa de la sequía. De esta manera, debe garantizarse que la diferenciación del tamaño de las reducciones de demanda por uso y por etapa de la sequía, compagine con los porcentajes de reducción para cada uso y logre la meta de ahorro esperada para cada etapa de la sequía.

Entre las medidas que la comunidad y las autoridades en materia del agua deberán tomar para garantizar la disminución de la demanda del agua están:

- Reparación de fugas.
- Uso de aditamentos ahorradores de agua en llaves, regaderas y sanitarios.
- Uso de agua tratada para usos industriales y riego de áreas.
- Reducción o prohibición de riego de jardines, parques o campos de golf con agua de primer uso.
- Prohibición del lavado de vehículos.
- Prohibición de llenado de albercas.
- Prohibición de fuentes ornamentales o estanques con propósito estético.
- Reducción del suministro de agua.

Se carece de estudios que estimen qué tanto se puede reducir el volumen de la demanda si afectar las actividades sociales y productivas.

10.3. Clasificación de las medidas

Las medidas tanto para la prevención como para la mitigación de las sequías se clasifican de acuerdo a la intensidad de la sequía y de los niveles de estado, éstas se clasifican en tres tipos:

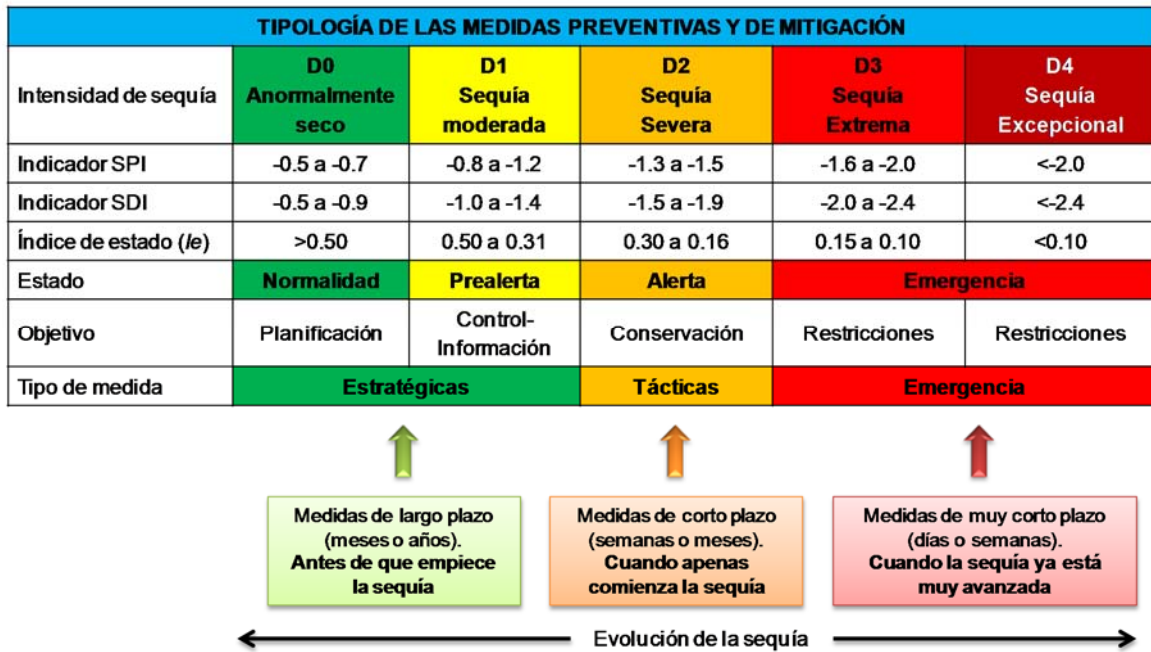
- **Medidas estratégicas.** Este tipo de medidas son actuaciones a largo plazo (con duración de más de dos años) y generalmente son de carácter institucional e infraestructural, que forman parte de la planificación hidrológica (estructuras de almacenamiento y regulación, normativa y ordenación de usos).

- **Medidas tácticas.** Las medidas tácticas son actuaciones a corto plazo (con duración desde unos meses hasta dos años) planificadas y validadas con anticipación en el marco del programa de sequía. Se activarán en las etapas de prealerta y alerta.
- **Medidas de emergencia.** Las medidas de emergencia son actuaciones a muy corto plazo (con duración de semanas o meses) y tienen como finalidad afrontar el déficit hídrico ocasionado por la sequía cuando ya está presente o cuando está muy avanzada, y variarán en función de la gravedad de la misma y su extensión o grado de afectación a la cuenca.

Es importante mencionar que la distinción entre las medidas estratégicas, las medidas tácticas y las medidas de emergencia depende de la sincronización y la forma en que el SADM tiene la intención de ponerlas en práctica. Por ejemplo, la rehabilitación de pozos (es decir, la restauración de la producción de agua en los pozos a su forma más eficiente a través de diversos tratamientos y métodos), puede ser vista como una medida estratégica si se hace de forma rutinaria para asegurar que los pozos se encuentren en óptimas condiciones de operación cuando ocurra una sequía; o bien, también puede ser una medida táctica en caso de que se realice tras la declaración de una sequía; en última instancia, también puede ser una medida de emergencia si se realiza cuando la sequía ya está muy avanzada y se requiere extraer agua del subsuelo de manera urgente.

Para la clasificación de estas medidas se han tomado las cinco etapas de la sequía que están determinadas por sus rangos de intensidad, las cuales son: Anormalmente Seco (D0), Sequía Moderada (D1), Sequía Severa (D2), Sequía Extrema (D3) y Sequía Excepcional (D4). Igualmente, estas etapas se han equiparado con los cuatro niveles de estado de la sequía que son: *situación estable o de normalidad*, *situación de prealerta*, *situación de alerta* y *situación de emergencia*, tal como se ilustra en la Figura 10.1.

Figura 10.1 Clasificación de las medidas preventivas y de mitigación de la sequía en función de la intensidad de la sequía y de los niveles de estado.



Fuente: elaboración propia.

La relación vulnerabilidad-etapa de la sequía es importante, ya que dependiendo de qué tan vulnerable es cada zona del Área Metropolitana de la ciudad de Monterrey, será la magnitud del impacto en cada etapa de la sequía, tal como se muestra en la tabla 10.2.

Tabla 10.2 Magnitud de impacto

Etapa	Grado de Vulnerabilidad				
	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
D0	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
D1	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
D2	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
D3	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
D4	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

Así, si el grado de vulnerabilidad es muy bajo, los impactos en la etapa D0 serían bajos, en las etapas D1, D2 y D3 la magnitud de los impactos serían medios y en la Etapa D4 es cuando se esperarían altos, tanto en la población como en la economía de ciudad. Al contrario, si existe un grado de vulnerabilidad muy alto, los impactos que se vería reflejados serían clasificados como altos desde la etapa D0, dado que se tendría muy limitadas oportunidades de afrontar el fenómeno, aun cuando éste esté en su etapa inicial.

Por ello, es necesario para prevenir o disminuir los impactos realizar acciones para reducir la vulnerabilidad. Estas acciones deben estar enfocadas tanto para reducir la demanda en

los distintos usos y en medida de lo posible a incrementar la oferta, logrando que se tenga un mejor equilibrio hídrico reduciéndose así su vulnerabilidad.

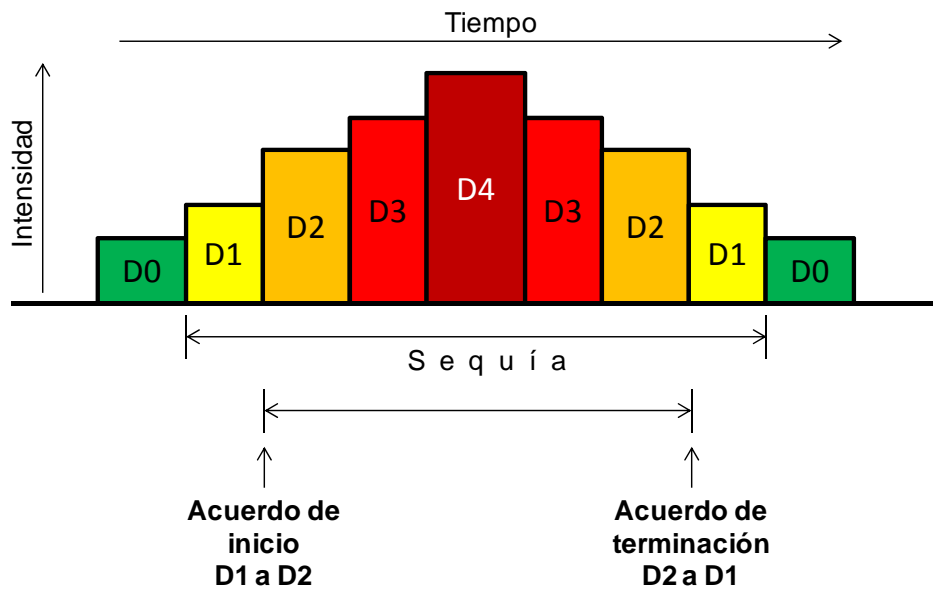
Asimismo, se deben definir las metas a alcanzar en cada etapa la sequía y el carácter de cómo se deben de llevar a cabo las acciones para etapa de sequía (Tabla 10.3).

Tabla 10.3 Carácter de las acciones

etapa	Reducción de Agua	Meta de Reducción de Demanda	Carácter de las Acciones
D1	Mínima	10 al 15%	Voluntarias
D2	Moderada	15 al 20%	Algunas medidas de racionamiento obligatorias
D3	Severa	20 al 30%	Medidas de racionamiento obligatorias
D4	Crítica	Superior al 30%	Medidas de racionamiento obligatorias

La sequía a nivel de ciudad es considerada desde la etapa D1, pero declarada como sequía severa desde la etapa D2 y ésta se va incrementando en la mayoría de los casos hasta llegar hasta la etapa D4 y de ahí disminuyendo hasta llegar nuevamente a la etapa D0 (Figura 10.2).

Figura 10.2 La sequía a lo largo del tiempo



Acciones previas	Acciones durante	Acciones posteriores
------------------	------------------	----------------------

Por lo anterior, las medidas preventivas se deben realizar previo a una sequía o más tardar en la etapa D1, mientras que las medidas de mitigación se deberán llevar a cabo desde que se entra a la etapa D2 hasta la etapa D4 y regresando hasta la etapa D0.

11. Programa detallado de acciones

En este capítulo se describen las medidas que se deben llevar a cabo en cada una de las etapas de la sequía con base a su relación entre el grado de vulnerabilidad.

11.1. Programa para medidas de prevención (Estratégicas)

Las medidas de prevención a los impactos que puede provocar una sequía, como se mencionó anteriormente, deben de realizarse antes de entrar a una de las etapas de la sequía, por lo que es necesario realizar una planeación de cómo llevarlas a cabo.

La planeación de las medidas de prevención se debe contemplar desde los programas anuales que se realicen para las instituciones que tengan que intervenir para realizar las acciones necesarias como son: el gobierno estatal y municipal, la Conagua, el Sistema de Aguas de Monterrey, entre otros, para así poder realizar el programa de inversiones dentro del presupuesto correspondiente a cada institución con el fin de financiar su realización.

Es importante tener bien definidas cuáles son las medidas que se pretenden realizar y tener bien claro la prioridad con la que se deben ir llevando a cabo para prevenir de la mejor forma los impactos de una sequía.

En la tabla 11.3 se enumeran las medidas de prevención que se deben de llevar a cabo donde se indica el giro de la medida y los usuarios responsables de realizar cada medida.

Tabla 11.1 Magnitud de impacto

Medida	Estratégicas	Giro	Responsable
Establecer convenios con las cuencas u operadores vecinos, si es el caso, para prever e implementar posibles trasvases de agua de un sitio a otro en caso de emergencia por sequía.	X	Administrativas o legales	Conagua
Elaborar decretos específicos para las limitaciones y restricciones de uso, o medidas de vigilancia y penalización en su caso, en el periodo de sequías.	X	Administrativas o legales	Conagua
Incentivos para medidas contra sequías a aquellos O. O. que tengan su PMPMS. CONAGUA deberá promover algún programa para esta situación.	X	Administrativas o legales	Conagua
Recuperar derechos de agua. "Identificar" a los usuarios del agua que no estén usando, parcial o total, el agua.	X	Administrativas o legales	Conagua
Arreglar intercambios de agua entre sectores.	X	Administrativas o legales	Conagua
Establecer convenios, para la época de sequías y entre los distintos usuarios de la cuenca, para definir año con año la posible distribución de las aguas superficiales en función de la disponibilidad.	X	Administrativas o legales	Conagua y SADM

Medida	Estratégicas	Giro	Responsable
Implementar mecanismos en la legislación vigente que permitan a la CONAGUA y al O. O., contar con volúmenes de reservas de agua para utilizarlos en épocas de sequía.	X	Administrativas o legales	Conagua y SADM
Provisión de recursos económicos para resolver la sequía. Fondo de reserva financiero. Fideicomisos para sequías.	X	Administrativas o legales	Gobierno estatal y gobierno municipal
Compra de derechos para usar el agua en el estiaje.	X	Administrativas o legales	SADM
Programas para el mantenimiento de las instalaciones de suministro alternativo.	X	Administrativas o legales	SADM
Promover una legislación para penalizar los consumos excesivos.	X	Administrativas o legales	SADM
Promover una legislación para ofrecer descuentos por ahorrar agua.	X	Administrativas o legales	SADM
Identificar usuarios de alto consumo de agua y desarrollar metas de ahorro.	X	Administrativas o legales	SADM
Establecer convenios con las grandes embotelladoras de agua para abastecer a la población en caso de emergencia.	X	Administrativas o legales	SADM
Capacitación para la educación hídrica y ambiental en el tema de sequías.	X	Educación	Gobierno estatal y SADM
Desarrollar campañas de educación y promoción sobre la atención a las sequías con estrategias a corto y largo plazo.	X	Educación	Gobierno estatal y SADM
Informar a la sociedad de alternativas de acción.	X	Educación	Gobierno estatal y SADM
Información a los medios de comunicación.	X	Educación	Gobierno estatal y SADM
Promoción de fontanería eficiente.	X	Educación	Gobierno estatal y SADM
Escuelas del agua. Talleres de revisión de fugas en casa.	X	Educación	Gobierno estatal y SADM
Reactivar pozos abandonados	X	Infraestructura	SADM
Limpiar pozos para desarrollar mayores gastos de extracción	X	Infraestructura	SADM
Emplear desalación o agua subterránea salobre	X	Infraestructura	SADM
Preparar infraestructura para cortes nocturnos del suministro	X	Infraestructura	SADM
Construir nueva infraestructura para diversificar las fuentes de abastecimiento	X	Infraestructura	SADM
Habilitar tomas bajas en embalses	X	Infraestructura	SADM

Medida	Estratégicas	Giro	Responsable
Construir depósitos de reservas para uso en época de sequías	X	Infraestructura	SADM
Reactivar las presas abandonadas	X	Infraestructura	SADM
Poner restricciones a la aplicación de agua a superficies impermeables.	X	Operativas	Conagua
Promover la reducción del uso de aires acondicionados con sistemas de agua fría.	X	Operativas	General
Dar instrucciones generales (para casas y oficinas) en el desarrollo de medidas específicas para sequías y planes de acciones directas.	X	Operativas	General
Promover y aplicar la instalación de dispositivos eficientes o ahorradores (W. C., mingitorios, etc.).	X	Operativas	General
Dar instrucciones a negocios y oficinas en el desarrollo de medidas específicas para sequías y planes de acciones directas.	X	Operativas	General
Monitorear la calidad del agua.	X	Operativas	SADM
Identificar y habilitar con infraestructura fuentes alternas de agua (como pueden ser los manantiales, lagunas, humedales, etc.) para su aprovechamiento con fines domésticos.	X	Operativas	SADM
Construcción, rehabilitación, modificación, etc. de toda la infraestructura e instalaciones necesarias para asegurar la incorporación de los volúmenes adicionales previstos procedentes de acuerdos de intercambio, cesión o compra de derechos, etc.	X	Operativas	SADM
Adecuación en los procesos de potabilización y depuración para época de sequías (el agua tiene mayores concentraciones).	X	Operativas	SADM
Promover la conversión de sistemas de enfriamiento industrial al uso de torres de enfriamiento.	X	Operativas	Usuarios Industriales
Limpieza química de equipo de llenado de botellas en la industria de bebidas.	X	Operativas	Usuarios Industriales
Solidificación de desechos en la extracción de minerales en la industria minera.	X	Operativas	Usuarios Industriales
Enfriamiento en seco. Sistemas de ventilación para enfriamiento de equipos en la generación de energía.	X	Operativas	Usuarios Industriales
Enjuague en seco. Enjuague y lavado de botellas con aire a presión en la industria de bebidas.	X	Operativas	Usuarios Industriales
Reuso de condensados. Sistema de captura y condensación de vapor para utilización en otros procesos.	X	Operativas	Usuarios Industriales

11.2. Programa para medidas de mitigación (Tácticas o Emergencias)

Las medidas de mitigación se llevarán según en la etapa de la sequía que se presente en ese momento, las medidas tácticas se realizarán en la primera y en la segunda etapa, y las medidas de emergencia en la tercera y cuarta etapa.

A continuación se describe que medidas son las que se implementarán de acuerdo a cada etapa de la sequía, así como la meta que se pretende lograr con respecto a la reducción de la demanda.

11.3.1 Primera etapa: Sequía Moderada.

El objetivo en la primera etapa Sequía Moderada, será el alcanzar por actos de conciencia y sentido de responsabilidad de los propios usuarios hasta un 10% de reducción voluntaria en la demanda diaria del suministro de agua potable.

Inicio de la Etapa Sequía Moderada:

La declaración del inicio de etapa es cuando la relación de la suma de los escurrimientos entre la demanda de agua de Monterrey (Qd), se encuentra entre los percentiles q12 y q21 o el Porcentaje del volumen almacenado en conjunto con las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo, es menor del 64% de su capacidad total.

Medidas de administrar el suministro:

- Recomendar a los usuarios revisen sus instalaciones hidráulicas para corregir fugas.
- Promover el uso de aditamentos ahorradores de agua en llaves, regaderas y sanitarios.
- Promover el uso de agua tratada para usos industriales y riego de áreas verdes para evitar que usen agua potable.

Restricciones voluntarias cara el uso del agua:

- A los usuarios se les solicita practicar la conservación y uso racional del agua para minimizar el uso de la misma hasta por lo menos en un 10%.
- A los usuarios se les solicita que voluntariamente limiten el riego de jardines a dos días a la semana.
- se recomienda a los usuarios revisar las fugas en sus domicilios; se promueve el uso de aditamentos ahorradores en llaves, regaderas y sanitarios, así como el uso de agua residual tratada en la industria y en el riego de áreas verdes, y se solicita que el riego de jardines se limite a dos días a la semana

11.3.2 Segunda etapa: Sequía Severa

El objetivo en la segunda etapa Sequía Severa, será el alcanzar por medidas generales obligatorias hasta un 15% de reducción en la demanda diaria del suministro de agua potable.

Inicio de la Etapa Sequía Severa:

La declaración del inicio de etapa es cuando la relación de la suma de los escurrimientos entre la demanda de agua de Monterrey (Qd), se encuentra entre los percentiles q6 y q12 o el Porcentaje del volumen almacenado en conjunto con las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo, es menor del 53% de su capacidad total.

Medidas de administrar el suministro:

- A través de los inspectores del SADM se sancionará a los usuarios que hagan mal uso del agua potable.

Restricciones voluntarias para el uso del agua:

Se aplicarán las siguientes restricciones obligadas para el uso del agua potable a todos los usuarios:

- El riego de áreas verdes y jardines será limitado a sólo dos días a la semana, miércoles y domingos, limitado al horario de 9 p.m. a 01:00 am, del día siguiente en los días asignados.
- Se prohibirá usar el agua para lavado de vehículos, excepto en los días y horario señalados para riego de jardines. El lavado de vehículos deberá hacerse con cubeta, en este caso, queda prohibido el uso de mangueras. En los negocios de lavado automático de vehículos se permitirá siempre y cuando cuenten con sistema de reciclado del agua,
- No se permitirá el uso del agua para el llenado de albercas.
- No se permitirá la operación de fuentes ornamentales o estanques con propósitos estéticos o recreativos excepto en los casos en que cuenten con sistema de reciclado.
- El uso del agua de hidrantes será limitado al combate de incendios o para otras actividades necesarias para mantener la salud, seguridad y bienestar público como el reparto de agua potable en pipas.
- El uso del agua para riego de campos deportivos o campos de golf estará prohibido, excepto en los días miércoles y domingos asignados entre las 10:00 pm. y las 5 a.m. Sin embargo, si en esas instalaciones utilizan agua tratada no estarán sujetas a estas restricciones.
- Los restaurantes servirán agua a sus clientes solamente cuando haya una solicitud expresa de los mismos.

Los siguientes usos del agua se consideran no esenciales y por lo tanto quedaran prohibidos:

- Lavado de banquetas, calles, cocheras, estacionamientos, canchas deportivas
- Uso del agua para lavar edificios o estructuras.
- Uso del agua para controlar el polvo salvo que sea con agua tratada

11.3.3 Tercera etapa: Sequía Extrema

El objetivo en la tercera etapa Sequía Extrema, será el alcanzar a través de medidas generales obligatorias hasta un 20% de reducción en la demanda diaria del suministro de agua potable.

Inicio de la Etapa Sequía Extrema:

La declaración del inicio de etapa es cuando la relación de la suma de los escurrimientos entre la demanda de agua de Monterrey (Qd), se encuentra entre los percentiles q3 y q6 o el Porcentaje del volumen almacenado en conjunto con las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo, es menor del 46% de su capacidad total.

Medidas de administrar el suministro:

- Las señaladas para las etapas 1 y 2 pero con carácter de obligatorias.
- El reducir suministro a usuarios que no hayan disminuido sus consumos de acuerdo al plan

Restricciones voluntarias para el uso del agua:

- Las restricciones para los usos de agua que se prevén en cuanto no sean contrarias a las que dicta esta etapa y además las siguientes:
- El riego de áreas verdes y jardines se limitará a un sólo día a la semana, que será el día domingo en horario de 9 p.m., a 01:00 am, del lunes.
- El riego de campos deportivos se prohibirá a menos que utilicen agua tratada.
- Se prohibirá el lavado de vehículos excepto el día domingo en horario de 9 p.m. a 01:00 a.m. del lunes, utilizando sólo una cubeta, no manguera.

11.3.4 Cuarta etapa: Sequía Excepcional

El objetivo en la cuarta etapa Sequía Excepcional, será el alcanzar a través de medidas generales obligatorias hasta un 30% de reducción en la demanda diaria del suministro de agua potable.

Inicio de la Etapa Sequía Excepcional:

La declaración del inicio de etapa es cuando la relación de la suma de los escurrimientos entre la demanda de agua de Monterrey (Qd), es menor del percentil q3 o el Porcentaje del volumen almacenado en conjunto con las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo, es menor del 40% de su capacidad total.

Medidas de administrar el suministro:

- Las señaladas en las etapas 1, 2 y 3 además.
- Suspensión temporal de instalación de nuevos servicios.
- Reducción del horario de suministro a 16 horas al día.
- incorporación temporal de pozos privados, previo acuerdo con empresas.

Restricciones voluntarias para el uso del agua:

Operarán las señaladas en las etapas 1, 2 y 3 y adicionalmente las siguientes:

- Se prohibirá el riego de Áreas verdes y jardines
- Se prohibirá el uso del agua para lavado de vehículos.

11.3.5 Sanciones y medidas de vigilancia y control

Para la Primera etapa

Las medidas de restricción de la primera etapa, por ser de carácter voluntario, de conciencia y sentido de responsabilidad de los propios usuarios, sólo se sancionaran con una denotación escrita y amonestación de contribuir a la conservación del agua y buena práctica del presente programa. Salvo para el caso de reincidencia acreditada, que dará lugar a la clausura parcial, temporal de la toma en los términos del artículo 57 fracción II, 58 fracción I, 59 y 60 de la Ley de Agua Potable y Saneamiento para el Estado de Nuevo León.

Para las etapas Segunda, Tercera y Cuarta

Cualquiera de los usos restringidos y no autorizados que lleven a cabo por los usuarios durante el lapso de operaciones de la etapa, será considerado como un uso no autorizado del agua potable en los términos del artículo 57 fracción II de la ley de Agua Potable y Saneamiento para el Estado de Nuevo León y se impondrá al usuario responsable de la comisión de esos usos restringidos o no autorizados, una multa que podrá ser de 8 a 10 cuotas de salario mínimo general diario en el área geográfica en que se cometa la desatención al programa y la infracción señalada.

Para el caso de incurrir en reincidencia acreditada, El SADM podrá proceder a imponer una multa por cada día que prevalezca el desacato al programa y a ordenar le clausura parcial o total de manera temporal de toma en los términos del artículo 59 y 60 de la Ley de Agua Potable y Saneamiento para el Estado de Nuevo León hasta otra sea declarada la terminación de las etapas del programa y la total vuelta a la normalidad.

12. Implementación del programa

El poner en marcha estas diversas medidas, de tal forma que la respuesta que se obtenga sea lo esperado en términos del ahorro de agua y en disminuir los impactos negativos, implica una preparación previa y una puesta a punto: no deben ser medidas improvisadas ni de pánico, sino planeadas y organizadas, con los tiempos y recursos pertinentes y, sobre todo, con la participación y anuencia de los usuarios y la sociedad en general.

Así, los diversos sectores de uso deben estar debidamente informados y con oportunidad, de las condiciones hídricas regionales y locales: estado de los embalses, lluvia en el periodo comparada con la histórica, niveles de los acuíferos y su variación, y las expectativas meteorológicas de corto y mediano plazos.

El monitoreo continuo de las condiciones naturales y su tendencia, dará las pautas de lo que es razonable esperar, y con ello formular los diversos escenarios factibles –que *no son pronósticos*, sino el qué hacer o cómo actuar *si* las circunstancias se presentan de determinada forma–, así como el alertamiento oportuno (tempranamente), para que administradores y usuarios del agua tengan el tiempo suficiente de hacer los ajustes a sus actividades, de tal forma que se adecúen a las condiciones de restricción.

El monitoreo meteorológico, la alerta temprana y el cálculo del SPI a nivel nacional y regional son responsabilidad del SMN, con periodicidad mensual; el seguimiento hidrométrico de corrientes y embalses, así como el cálculo del SDI y de los índices de estado de ríos y presas corresponde a la Conagua, también a cada mes. Igualmente, corresponde al SADM, la determinación de los volúmenes a extraer de cada embalse y sus reglas de operación, así como, en su momento, la declaratoria de inicio y fin de la emergencia por sequía.

Es particularmente necesario y útil que en los diversos embalses del SADM, se lleve el seguimiento de la evolución de los volúmenes en base al índice de estado mixto, ya que éste refleja tanto las condiciones naturales –el escurrimiento–, como las de manejo de la obra, y es uno de los indicadores más eficientes para evaluar las condiciones actuales, la posible tendencia a corto plazo, y con ello, es un importante elemento de análisis en la asignación de volúmenes a extraer.

El GTD, deberá asumir su rol de responsabilidad en el diseño y dimensionamiento de las medidas, así como vigilar su implementación y evaluar los resultados; también, en conjunto con el SADM, deberá aplicar las sanciones que sean procedentes, y realizar una vigilancia estricta y continua de que las medidas se cumplan por todos los usuarios, en los términos en que sean definidas, de manera imparcial, eficiente y oportuna.

El SADM deberán tener un especial cuidado en la evaluación continua de la oferta y la demanda, con la consigna de que la segunda se ajuste a la primera, y evaluar, con la frecuencia o continuidad que las circunstancias lo demanden, dependiendo de la etapa de la sequía, las condiciones actuales de disponibilidad y requerimiento, para en el mismo tenor hacer los ajustes necesarios que permitan satisfacer las demandas más urgentes y prioritarias, conciliar intereses opuestos y controlar los conflictos por la apropiación y uso del agua. Es particularmente importante que estos funcionarios y sus equipos de trabajo, vigilen continuamente, y denuncien y apliquen las sanciones correspondientes, cuando

sea el caso, a las tomas clandestinas y a las extracciones mayores a lo autorizado, pues ambas situaciones agravan las condiciones de disponibilidad, afectan a los usuarios que sí se ajustan a las disposiciones, y contribuyen a crear y exacerbar los conflictos.

Las tomas para uso doméstico igualmente deberán estar bien identificadas, y ajustarse a sacar solo el volumen autorizado en base a la dotación *per capita* que esté acordada. Todo lo que sea ilegal o esté fuera de contexto deberá reportarse, sancionarse y en su caso, cancelarse.

La vigilancia en el control y uso del agua no solo compete a los administradores; también los propios usuarios deben participar en esta labor, puesto que son los más interesados en que la escasa agua disponible se use de la mejor manera. No obstante, esto no debe caer en el espionaje patológico, pues no se trata de denunciar y acusar sin ton ni son, sino de asegurarse que los principios de equidad, igualdad y eficiencia se cumplan. Por ello, los comités de ciudadanos –de un pozo, de un canal, de una manzana o colonia o barrio–, pueden resultar los más efectivos (dado que las instituciones difícilmente pueden dedicar el suficiente personal y atender las posibles múltiples quejas o denuncias) los órganos de vigilancia y control, a pequeña escala, y si los usuarios se cuidan entre sí, habrá más probabilidad de que los objetivos de ahorro y buen uso se alcancen, con el mínimo de conflictos.

De aquí la importancia de que el agua se mida, por lo cual, una de las medidas estructurales más efectivas es la instalación y operación de dispositivos medidores de gasto y volumen, pues con ello se evitan muchas situaciones subjetivas y se hacen más transparente la actuación tanto de administradores como de usuarios.

El GTD, deberán mantener abierto un canal de comunicación e información; el primero para dar y recibir propuestas, datos, instrucciones y reportes; el segundo, para difundir hacia los usuarios la información relevante y oportuna que emane de los órganos de análisis y decisión, así como de las indicaciones a seguir para que el fenómeno tenga el menor impacto posible.

La implementación de PMPMS no es asunto trivial; no se resume a formular el plan y dejarlo latente. Más bien, es un programa que debe diseñarse en tiempos de abundancia, mantenerlo a punto e implementarlo desde la etapa de prealerta de la emergencia, vigilar su aplicación, evaluar sus resultados, ajustar sobre la marcha las estrategias y medidas que lo ameriten, y al final del episodio, evaluar su desempeño, sus aciertos y fallas, para con ello hacer mejoras y la actualización.

Aunque se ha designado un equipo de trabajo que tiene la mayor responsabilidad en el PMPMS –el GTD–, la responsabilidad es de todos, compartida entre instituciones e individuos; a final de cuentas, la sequía es un fenómeno que afecta a todos, y por ende, todos deben contribuir y participar en hacerla más llevadera, en lograr la resiliencia y en prepararse más adecuadamente cada vez para los próximos episodios, los cuales son, desafortunadamente, impredecibles e inevitables. Solo en la medida en que se transite de la actitud reactiva a la proactiva, los usos y usuarios del agua tendrán más oportunidad de afrontar el riesgo y salir menos dañados. Los costos –económicos, materiales, políticos, sociales y ambientales– de soportar una sequía sin tomar las mínimas

precauciones, son demasiado elevados, y por ende, invertir recursos en la preparación para afrontar y superar el riesgo, justifican el esfuerzo.

Además, dados los cada vez más obvios y severos impactos de la sequía –como el episodio de 2011 y 2012–, hacen urgente planear para actuar oportuna y eficazmente en aras de paliar un fenómeno cuyos impactos pueden ser potencialmente catastróficos.

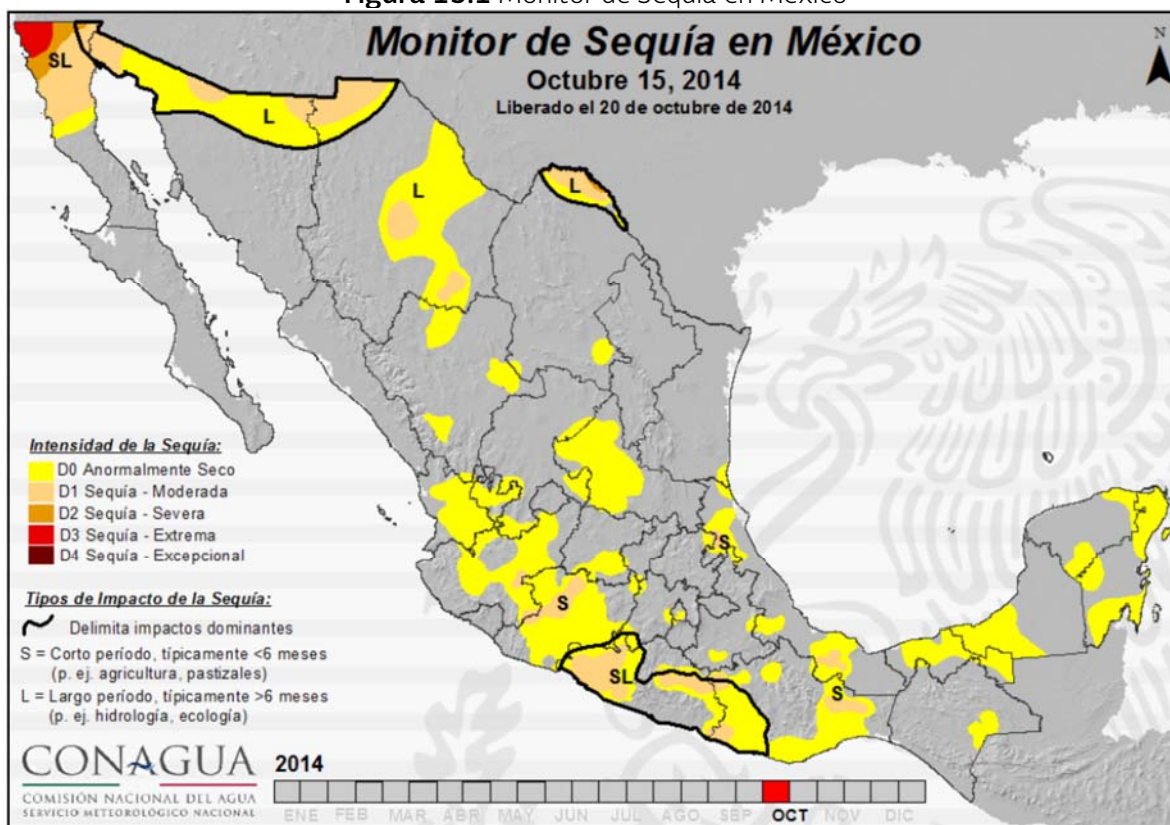
13. Declaración y levantamiento de la sequía

La declaración y levantamiento de la sequía es un protocolo que depende del tipo de sequía a la cual es necesario hacerle frente.

13.1. Monitor de Sequía en México

La declaración y levantamiento de una sequía meteorológica e hidrológica le corresponde a la Conagua. Para ello, cuenta con un monitor de sequía, el cual es un programa de computadora cuyos resultados se pueden consultar en su página de internet <<https://smn.conagua.gob.mx>>. Un ejemplo del Monitor de Sequía en México se presenta en la figura 15.1.

Figura 13.1 Monitor de Sequía en México



Como puede observarse de la figura 15.1, el Monitor de Sequía en México es un producto que atiende la sequía meteorológica con base en precipitaciones y la sequía hidrológica con base en escurrimientos. Aunque no define de manera explícita la sequía agrícola ni la urbana, esta información es útil para conocer con un cierto tiempo de antelación la afectación que podría sufrir el almacenamiento combinado de las presas La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo. En consecuencia, el primer paso para declarar una sequía urbana es consultar periódicamente el Monitor de Sequía en México.

13.2. Monitor de sequía urbana

Paralelamente a la consulta del Monitor de Sequía en México, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey deberá observar de manera periódica la evolución de la variable aleatoria Qd, con el fin de saber con precisión cuándo una condición meteorológica o hidrológica podría conducir a declarar una etapa de la sequía urbana definida en la tabla 9.4. Esta declaración, así como la ejecución de las medidas temporales de mitigación y su levantamiento, le corresponden a Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey.

Sería conveniente que SADM publicara en su página de internet los valores de la variable Qd y las restricciones en el uso, con el fin de que los conozca la población. Asimismo, el medio idóneo para comunicar a los habitantes de Monterrey la declaración, evolución y levantamiento de una sequía es la página de internet de SADM, con independencia de que también pueda utilizar aplicaciones para teléfonos móviles, tabletas y computadoras, las redes sociales, los recibos, la radio, la televisión y anuncios espectaculares para el mismo propósito.

Una vez superada una sequía deberá documentarse con la finalidad de revisar y, de ser procedente, actualizar el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de Sequías para la Ciudad de Monterrey.

14. Seguimiento, revisión y actualización del programa

Resulta claro que la etapa posterior a una sequía es la misma que antecede a otra sequía, ya que es un fenómeno recurrente. Entonces, así como la etapa previa a la sequía es apta para realizar ejercicios de planeación, elaborar el Plan de Preparación para Afrontar Sequías y para ejecutar los cambios estructurales, institucionales y normativos necesarios, la etapa posterior a la sequía es idónea para evaluar las acciones realizadas durante la sequía y, al ser una etapa anterior a la siguiente sequía, para revisar y mejorar el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de Sequías para la Ciudad de Monterrey.

No obstante, sólo sabiendo qué no funcionó apropiadamente y en qué medida se estará en condiciones de intentar alguna modificación. Cualquier propuesta de actualización que se haga sin contar con la evaluación de las medidas de mitigación en una sequía de una intensidad, severidad y duración específicas constituye un ejercicio meramente especulativo.

15. Conclusiones

Todo lo aquí referido está en relación con las medidas estructurales necesarias para ahorrar agua y recuperar volúmenes, pero, como se ha mencionado y es una realidad, gran parte de los efectos de la sequía son consecuencias derivadas de la gestión del agua: si es la adecuada, no se evita el fenómeno pero sí se mitigan los impactos; si es deficiente, los conflictos pueden volverse de mayor dificultad de solución y causar más daño que el fenómeno natural (Wilhite, 2000, 2011).

Desde este enfoque, en que el fenómeno natural es inevitable y que la mejor forma de afrontarlo es mediante la prevención, destacan las acciones no estructurales, de tipo administrativo, que resultan tanto o más importantes en su diseño, ejecución, implantación y seguimiento para mitigar los impactos en un evento de sequía.

16. Referencias Bibliográficas

Arizona Department of Water Resources, 2013 Arizona Drought Preparedness Annual Report, Phoenix, Arizona, 2013, 15 pp.

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento, Guía para la Elaboración de Planes de Emergencia por Sequía en Sistemas de Abastecimiento Urbano, Madrid, España, 2009, 83 pp.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2007. Fascículo Sequías. Secretaría de Gobernación. México, D.F. 36 pp.

Collado, J., “Entorno de la Provisión de los Servicios Públicos de Agua Potable en México”, en R. Olivares y R. Sandoval (Coords.), El Agua Potable en México: Historia Reciente, Actores, Procesos y Propuestas, México, D. F., 2008 a, pp. 3-28.

Collado, J., “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y Prestación de los Servicios Públicos de Agua Potable y Saneamiento”, en Perevochtchikova, M. (Coord.), Cultura del Agua en México: Conceptualización y Vulnerabilidad Social, Universidad Nacional Autónoma de México y Editorial Miguel Ángel Porrúa, México, D. F., 2012 b, pp. 231-255.

Collado, J., Interrelaciones Agua y Alimentación en México, Organización Meteorológica Mundial y Comisión Nacional del Agua, México, D. F., 2011 b, 133 pp.

Collado, J., Interrelaciones Agua y Salud Pública en México, Organización Meteorológica Mundial y Comisión Nacional del Agua, México, D. F., 2008 b, 161 pp.

Collado, J., Uso Ineficiente e Inadecuado del Agua en México, elaborado para la Fundación Gonzalo Río Arronte, México, D. F., 2009 a, 106 pp.

Colorado Water Conservation Board, Municipal Drought Management Plan Guidance Document, Boulder, Colorado, 2010, 123 pp.

Colorado Water Conservation Board, Sample Municipal Drought Management Plan: City of Shallow Creek, Fiction County, Boulder, Colorado, 2011, 124 pp.

Comisión Nacional del Agua, Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, México, D. F., 2012 b, 280 pp.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) Análisis Espacial de las Regiones más Vulnerables ante las Sequías en México, México, D. F., 2011, 43 pp.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), Estadísticas del Agua en México, Edición 2012, México, D. F., 2012 a, 133 pp. + v.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), Guía Práctica para la Elaboración del PMPMS para Usuarios Urbanos, Versión 2.0. México, D. F., 2014, 89 pp.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por

la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía, Diario Oficial de la Federación, 22 de noviembre de 2012 c, 7 pp.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012a. Ley de aguas nacionales y su reglamento. SEMARNAT. México, D.F.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012b. Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región hidrológico-administrativa VI Río Bravo. SEMARNAT. México, D.F. 190 pp.

DOF (Diario Oficial de la Federación), 2012. Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía. SEMARNAT.

Flores Longoria, S. y E. Maldonado, Nuevo León: La Odisea del Agua, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, 2009, 153 pp. + iii.

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2013. Gestión Eficiente de Organismos Operadores a través de Diagnósticos Integrales De Planeación (DIP). SEMARNAT. Jiutepec, Morelos.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación contra la Sequía [para el] Consejo de Cuenca del Río Bravo, Jiutepec, Morelos, 2013, 165 pp. + vi.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Summary for policymakers. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, NY, USA.

Ortega-Gaucin, D., Sequía en Nuevo León: Vulnerabilidad, Impactos y Estrategias de Mitigación, Instituto del Agua del Estado de Nuevo León, Apodaca, Nuevo León, 2012, 222 pp.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2013. Seguimiento mensual de afectación por sequía. Consultado el 17 de mayo de 2013 desde: <http://smn.cna.gob.mx/>.

Wilhite, D. A. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Wilhite, D. A. (Ed.), Drought: a global assessment. Vol. I. Routledge. New York, N.Y., USA. pp. 3-18.

Wilhite, D. A. 2011. Drought. In: Enciclopedia of Water Science, 2nd edition. Taylor and Francis. New York, N.Y., USA. pp. 215-217.

World Meteorological Organization and Global Water Partnership, Integrated Drought Management Programme: A Concept Note, Ginebra, Suiza, 2011 pp.

World Meteorological Organization and Global Water Partnership, National Drought Management Policy Guidelines: A Template for Action, Ginebra, Suiza, 2014, 39 pp. + iii.