

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía

Ciudad de Chihuahua, Chihuahua



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 Chihuahua.....	5
3.2.1 Programa Nacional Hídrico 2014-2018.....	6
3.2.2 Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE)	6
4. CARACTERIZACIÓN DE LA CIUDAD, SU SISTEMA DE AGUA SELECCIONADA Y SU ENTORNO.....	9
4.1. Ubicación y delimitación geográfica.....	9
4.2. Demografía	9
4.3. Hidrografía	10
4.4. Clima	11
4.5. Junta Municipal de Agua y Saneamiento.....	12
4.6. Sistema de abastecimiento	12
5. ANÁLISIS DE LAS SEQUÍAS HISTÓRICAS.....	14
6. ANÁLISIS DE LA DEMANDA	16
6.1. Consumos medios anuales	16
6.2. Estimación de Pérdidas	17
6.3. Dotación.....	18
7. ANÁLISIS DE LA OFERTA	19
7.1. Fuentes superficiales.....	19
7.2. Fuentes subterráneas.....	19
8. VULNERABILIDAD A LAS SEQUÍAS.....	22
9. INDICADORES DE SEQUÍAS	24
9.1. Indicadores regionales.....	24
9.1.1 Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)	24
9.1.2 Índice de Escurrimiento Estandarizado (SDI) o Índice Hidrológico de Sequía	26
9.1.3 Índice de Estado	27
10. MEDIDAS PARA ATENDER LAS SEQUÍAS	31

10.1.	Antes de la sequía: prevención	31
10.2.	Durante la sequía: mitigación	32
10.3.	Clasificación de las medidas	34
11.	PROGRAMA DETALLADO DE ACCIONES	37
11.1.	Programa para medidas de prevención (Estratégicas)	37
11.2.	Programa para medidas de mitigación (Tácticas o Emergencias).....	40
11.2.1	<i>Primera etapa: Sequía Moderada.</i>	40
11.2.2	<i>Segunda etapa: Sequía Severa</i>	40
11.2.3	<i>Tercera etapa: Sequía Extrema</i>	41
11.2.4	<i>Cuarta etapa: Sequía Excepcional</i>	42
11.2.5	<i>Sanciones y medidas de vigilancia y control</i>	42
12.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA.....	44
13.	DECLARACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE LA SEQUÍA.....	47
13.1.	Monitor de Sequía en México	47
13.2.	Monitor de sequía urbana	48
14.	SEGUIMIENTO, REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA.....	49
15.	CONCLUSIONES.....	50
16.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

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 – Dirección Local Chihuahua	Ing. Pablo López	Sí
Conagua – Dirección Local Chihuahua	Ing. Melchor López	Si
JMAS – Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua	Ing. Manuel Altés	Si
JMAS – Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua	Ing. J. Humberto Macías	Si

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 CHIHUAHUA, CHIHUAHUA”, el cual tiene como propósito contribuir a minimizar los impactos sociales, económicos y ambientales de eventuales situaciones de sequía en el marco territorial de la ciudad de Chihuahua, 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 Chihuahua, Chihuahua, 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?

La sequía no tiene una definición como tal que sea universal, ya que ésta depende del punto de vista que se le dé, como puede ser: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola, sequía económica y social.

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 hábitat. 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.

Etapas de la sequía

De acuerdo con los estándares internacionales y con los “Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía...”, publicados en el DOF el 22 de noviembre de 2012, las etapas de la sequía están determinadas por sus rangos de intensidad como:

Anormalmente Seca (D0), Moderada (D1), Severa (D2), Extrema (D3) y Excepcional (D4), cuyas características se definen:

- **Anormalmente Seca (D0):** Se trata de una condición de sequedad, no es un tipo de sequía. Se presenta al principio o cuando no haya sequía. Al principio de la sequía: debido a la sequedad de corto plazo hay retraso de la siembra de cultivos anuales, limitado crecimiento de los cultivos o pastos, riesgo de incendios por arriba del promedio. Al concluir la sequía: déficit persistente de agua, pastos o cultivos no recuperados completamente.
- **Moderada (D1):** Cuando se presentan algunos daños a los cultivos y pastos, alto riesgo de incendios, niveles bajos en arroyos, embalses y pozos, escasez de agua.
- **Severa (D2):** Existe en el momento que se dan probables pérdidas en cultivos o pastos, muy alto riesgo de incendios, la escasez de agua es común.
- **Extrema (D3):** Se dan mayores pérdidas en cultivos o pastos, peligro extremo de incendio, la escasez de agua se generaliza.
- **Excepcional (D4):** Se presentan pérdidas excepcionales y generalizadas de los cultivos o pastos, riesgo de incendio excepcional, muy poca agua en los embalses, arroyos y pozos.

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

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.

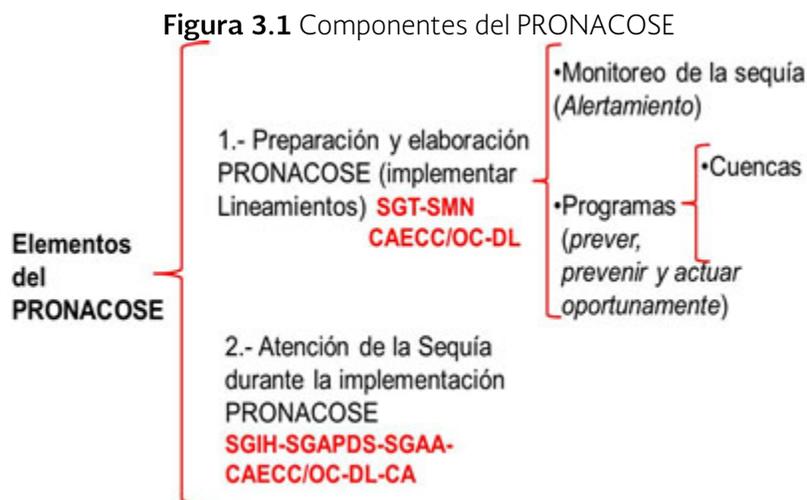
El PRONACOSE tiene su origen en la sección 2.4, dedicada al desarrollo sustentable, del Pacto por México una serie de compromisos hechos por todas las fuerzas políticas del país al comienzo de la presente administración pública federal. Específicamente, el compromiso 52 Replantear el Manejo Hídrico del 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.

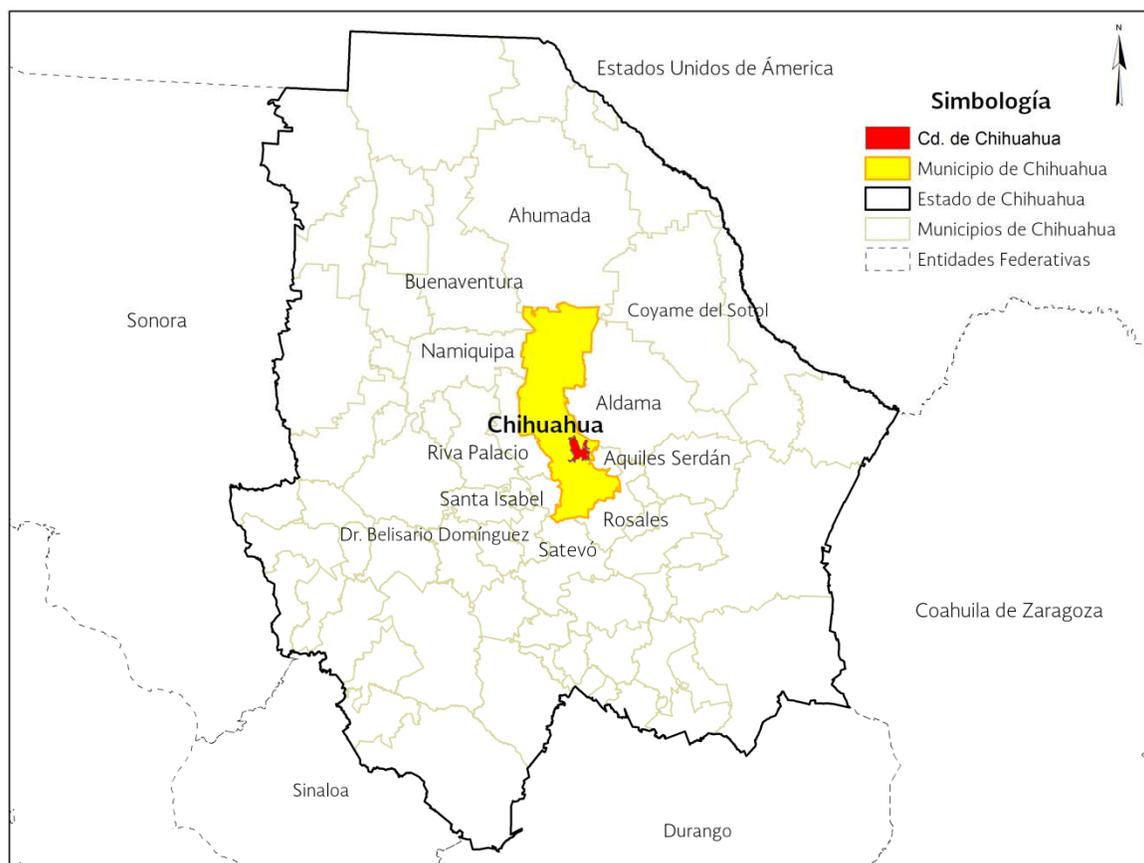
4. Caracterización de la ciudad, su sistema de agua seleccionada y su entorno

4.1. Ubicación y delimitación geográfica

La Ciudad de Chihuahua se localiza en municipio del mismo nombre, en el centro del Estado de Chihuahua, el municipio colinda con los municipios Buenaventura y Ahumada al norte; Belisario Domínguez, Satevó y Rosales al sur; Namiquipa, Riva Palacio y Santa Isabel al oeste; y Aldama, Aquiles Serdán y Rosales al este.

La ciudad se localiza en las coordenadas 106°33' W longitud y 28° 37' N latitud.

Figura 4.1 Ubicación y delimitación del Consejo de Cuenca



Fuente: INEGI 2010, ITER Demográfico, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

4.2. Demografía

En el Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI), se tiene registro para el área conurbada de Chihuahua de 819,543 habitantes, que comprende los municipios de Aquiles Serdán y Aldama, siendo la 14ª zona metropolitana del país.

La Población Económicamente Activa asciende a 331,915 personas, mismas que constituyen el 40.5 % de la población total. La Población Ocupada asciende a 312,995 personas, distribuidas por sector de la siguiente manera: Primario (1.5%), Secundario (34%) y Terciario (64.3%). El Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en la Ciudad de Chihuahua asciende a 10,386 dólares (3° a nivel nacional), mientras el estatal es de 8,819 dólares (5° a nivel nacional). Asimismo la contribución de la ciudad al PIB estatal es del 30.1%.

4.3. Hidrografía

Una parte pertenece a la vertiente del golfo y otra, a la vertiente interior. A la del golfo pertenecen los ríos Chuvíscar y Sacramento que se unen en las inmediaciones de la cabecera municipal. Una vez unidos, van a desembocar al río Conchos; de vertiente interior, desembocan algunos arroyos en la laguna de Encinillas; el río de Santa Isabel penetra del municipio de Santa Isabel y pasa al de Satevó; el arroyo de Bachimba nace en su jurisdicción y pasa a los municipios de Rosales y Julimes, en donde se unen al de Conchos.

El municipio cuenta con cuatro presas:

- Chihuahua. Esta presa tiene una capacidad total de almacenamiento de 23.8 hm³, con una capacidad útil de almacenamiento de 8.6 hm³, en 1997 el volumen anual utilizado fue de 4.8 hm³, mismo que se uso en servicio doméstico.
- El Rejón. Cuenta con una capacidad de 6.0, y su capacidad útil es de 2.3.
- Chuvíscar.
- San Marcos.

Chihuahua se localiza en una de las regiones semiáridas del país con pocos cuerpos de agua.

El río Chuvíscar nace en la sierra El Tambor, a una altura aproximada de 2,300 msnm y su curso sigue una dirección con tendencia hacia el noreste. En las inmediaciones del poblado El Tecolote, parte de su corriente es almacenada en la presa Chihuahua. Agua abajo, a unos 10 kilómetros de distancia, llega a la presa Chuvíscar. Al descender, recibe por la margen izquierda al arroyo el Rejón, cuya corriente de longitud restringida almacena la mayor parte de su gasto en la Presa del Rejón. Después de esta unión, el río Chuvíscar atraviesa la ciudad de Chihuahua, en donde su cauce ha sido modificado y canalizado para ser utilizado como colector de aguas residuales de la población, por lo que su gasto se incrementa sensiblemente. Aún dentro de la mancha urbana, recibe por la margen izquierda el tributo del río Sacramento, que colecta parte de las aguas tratadas de la Planta Norte. Agua abajo, el río Chuvíscar continúa su recorrido con dirección noreste.

El río Sacramento se forma en la Sierra Alta, localizada al noroeste de la ciudad de Chihuahua. Desciende con dirección al noreste, hasta derivar su caudal a la Presa San Marcos, donde es retenida la mayor parte de su escorrentía total. Agua abajo conserva la misma dirección hasta la localidad de Sacramento, donde su cauce describe una curva para cambiar hacia el sureste. Su cauce discurre por la ciudad, donde su gasto es

incrementado con algunos afluentes de tipo intermitentes, para desembocar al río Chuvíscar.

La presa Chihuahua, ubicada sobre el río Chuvíscar, se terminó de construir en 1960, con el propósito del suministrar agua potable a la ciudad y controlar las avenidas. Otros usos secundarios son recreativo, pecuario y pesca. Consta de una cortina de 35 metros. De altura y una longitud de corona de 817 m. La capacidad máxima de descarga es 146 m³/s. La obra de toma es de tubería de presión de acero con un diámetro de 0.457 m. Controlada por una compuerta metálica y diseñada para gasto de 190 l/s, pero se han extraído hasta 800 l/s. La cortina presenta filtraciones del orden de 3.24 l/s y la capacidad útil de la presa es de 22.64 millones de m³. La presa El Rejón se terminó de construir en el año de 1965, sobre el arroyo del mismo nombre. Consta de una cortina de 33 m de altura, una longitud de corona de 320 m y una capacidad máxima de descarga de 80 m³/s. La obra de toma es tipo conducto con un gasto máximo de diseño de 35 m³/s y la capacidad útil de la presa es de 6.6 millones de m³.

La presa Chuvíscar se construyó en 1910. Consta de una cortina tipo gravedad, de mampostería, de 20 m de altura y 250 m de longitud. El vertedor es de creta libre en la margen izquierda, con una longitud de creta de 100 m y una capacidad máxima de descarga de 140 m³/s. La obra de toma en ocho tuberías de acero de 1.5 m de diámetro, operadas por compuertas, no se pueden operar por el azolve que las tiene cubiertas, por lo que solo sirve para control de avenidas, ya que el azolve cubre el 71% de su capacidad útil que es de 2.1 millones de m³.

El volumen de pesca en los cuerpos de agua localizados dentro de la zona de estudio es muy reducido, y su fin es casi exclusivamente de autoconsumo. Las principales variedades acuáticas encontradas en esta presa son mojarra, lobina y chato.

En el municipio existen 18 arroyos de importancia de los cuales aproximadamente 10 se encuentran canalizados en algunos tramos. Dichos ríos son: Chamizal, Galera, Saucito, Mimbres, Nogales, Chuvíscar, Cantera, San Jorge, San Rafael, Plaza de Toros, La Manteca y el Picacho.

4.4. Clima

El clima es semiárido extremo. La temperatura media anual es de 18.2° C con media máxima de 37.7° C y media mínima de -7.4° C. La temperatura máxima extrema ocurrió en el año de 1939 y fue de 41.2° C y la mínima extrema en 1949 y fue de -15.0° C. Los grados horas calor son de 2,855 horas y los grados horas frío de 736.8 horas.

La media anual de precipitación pluvial es de 387.5 mm, la mayor anual ocurrió en 1986 con 762.3 mm y la menor anual en 1982 con 236.5 mm, existiendo 3 días con granizo y 3 días con nevada. Hay 71 días de lluvias al año y una humedad relativa de 49%.

Respecto al período vegetativo, el medio es de 236 días, el máximo de 296 días y el mínimo de 170 días. Existen 112 días al año de heladas, 3 días de heladas tardías, principalmente en abril; 4 días de heladas tempranas, en octubre y noviembre. Los vientos dominantes son del suroeste.

4.5. Junta Municipal de Agua y Saneamiento

El servicios de agua potable en la ciudad de Chihuahua, está a cargo de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Chihuahua, que es un organismo público descentralizado de la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua, con personalidad jurídica y patrimonio propios, responsable de administrar y operar los sistemas de agua potable y de alcantarillado sanitario en el municipio de Chihuahua.

Se constituyó oficialmente el 17 de abril de 1937, pero fue hasta el 26 de abril de 1950 que se registró ante el Gobierno Federal por medio de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Se rige a través de un Consejo Directivo, el cual está integrado por miembros de los Sectores Público y Privado y es Presidido por un Presidente.

Los objetivos de la JMAS-Chihuahua, en lo general se enfocan en proporcionar con calidad y eficiencia los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la comunidad chihuahuense, específicamente:

- Extraer, conducir, potabilizar, almacenar y distribuir agua potable en calidad y cantidad óptima que satisfaga las necesidades de nuestros usuarios, así como ampliar la red de distribución necesaria para satisfacer la demanda a corto, mediano y largo plazo.
- Colectar, conducir y tratar el agua residual para contribuir al saneamiento ambiental de la ciudad y evitar posibles riesgos de salud, ocasionado por la exposición de las aguas negras a cielo abierto.
- Incrementar el volumen y promover el uso del agua recuperada en la industria, comercio, escuela y riego de parques y jardines para contribuir al ahorro del agua potable.
- Procurar la satisfacción de los usuarios de los servicios que la Junta presta a la ciudad de Chihuahua, a través de la mejora continua en los procesos de contratación, lectura, facturación, cobro y atención personalizada, así como detectar y atender las necesidades, quejas y sugerencias de los mismos
- Sensibilizar a la población del municipio de Chihuahua sobre el uso responsable del recurso agua y la no contaminación de la misma.

4.6. Sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento de la Ciudad de Chihuahua incluye dos tipos de fuentes: agua superficial y subterránea.

Fuentes superficiales

Para suministro de agua potable la única captación de agua de tipo superficial proviene de la Presa Chihuahua, aunque en los últimos años sólo aporta un volumen del orden de 1.5% del volumen suministrado a la ciudad.

Fuentes subterráneas

Representa el porcentaje más importante en el abasto de agua potable para la Cd. de Chihuahua. El agua potable suministrada a la Cd. de Chihuahua procede de 124 pozos profundos activos, de un total de 138 pozos (período enero-diciembre 2011).

De acuerdo con la información registrada en la JMAS, la cobertura de agua potable es del 94%. El organismo contaba al 2011 con ocho líneas de conducción principales que transportan el líquido desde las fuentes hasta diversos tanques de almacenamiento y regulación, (52 tanques superficiales y 40 elevados). Además de 35 rebombes y 177 plantas de bombeo que llevan el líquido desde la fuente hasta los tanques, a la red de distribución o en su caso, directo a los usuarios.

5. Análisis de las sequías históricas

El estado de Chihuahua ha sido históricamente unas de las regiones las más afectadas del país por los efectos de las sequías recurrentes.

La tabla 5.1 presenta un compendio de los impactos que se han presentado ante las sequías en el estado y en el municipio de Chihuahua, a lo largo del tiempo.

Tabla 5.1 Registros de Sequías en el estado de Chihuahua

Año	Mes	Área Geográfica afectada	Efectos económicos y sociales
1951	Diciembre	Chihuahua	La Secretaría de Recursos Hidráulicos dispuso utilizar las reservas de la presa "La Boquilla", para regar los campos de Chihuahua.
1960	Agosto	Chihuahua.	Cambios bruscos de temperatura
1962	Octubre	Chihuahua	Disminuyen los mantos acuíferos.
1993	Junio	Chihuahua.	Mueren 16 personas por el calor. Perece en los últimos meses el 60% del hato ganadero por falta de agua.
1994	Abril	Chihuahua.	Fallecieron 54 personas por deshidratación en territorio chihuahuense en lo que va de 1994.
1995	Marzo	Chihuahua.	Han muerto por lo menos 135 mil reses en chihuahua en los últimos 10 meses
1998	marzo	Chihuahua	Chihuahua: mueren 1 millón de cabezas de ganado y 40 mil hectáreas de cultivo siniestradas.
1998	junio	Chihuahua	Un nuevo récord estatal en la temperatura registrándose valores de hasta 52 °C.
2000	marzo	Chihuahua	Chihuahua: Graves daños económicos a 80 familias por la sequía.
2001	Mayo a Junio	Chihuahua	Disminución de precipitación media.
2003	Mayo	Chihuahua	37 municipios afectados, 200,000 has de cultivo dañadas, 1,500 cabezas de ganado perdidas
2004	Mayo a Junio	Bocoyna, Buenaventura, Casas Grandes, Galeana, Guadalupe y Calvo, Guachoci, Guazapares, Guerrero, Ignacio Zaragoza, Janos, Juárez, Maguarichi, Morelos, Nuevo Casas Grandes, Urique y Uruachi.	Municipios afectados por la sequía en el abasto de agua
2005	Mayo a Junio	Chihuahua	5,625 has de cultivos afectadas. Costos totales: 45 millones de pesos
2011	Abril a Octubre	Chihuahua	Reducción de la precipitación pluvial, sólo 217 mm, cuando el promedio anual ha sido de 1,941 mm y para 2010 de 368.7 mm.

Como se puede observar en la tabla, tanto el estado como el municipio de Chihuahua, se ha enfrentado en varias ocasiones los impactos de la sequía, ocasionando muchas pérdidas económicas e incluso pérdidas de vidas, tanto de ganado como de personas.

De aquí radica la importancia de realizar acciones para prevenir y mitigar los impactos que puede ocasionar una sequía, sobre todo para garantizar el abasto de agua potable a ciudades tanto urbanas como rurales.

6. Análisis de la demanda

La demanda actual del área metropolitana de Chihuahua está integrada por la suma de los consumos de todos los tipos de usos más las pérdidas físicas.

6.1. Consumos medios anuales

La demanda total media de agua potable en el área metropolitana de Chihuahua asciende a 59.43 hm³/año, cuya distribución se muestra en la figura 6.1. El comportamiento por tipo de usuarios se presenta en la figura 6.2.

Figura 6.1 Distribución mensual de la demanda total de agua

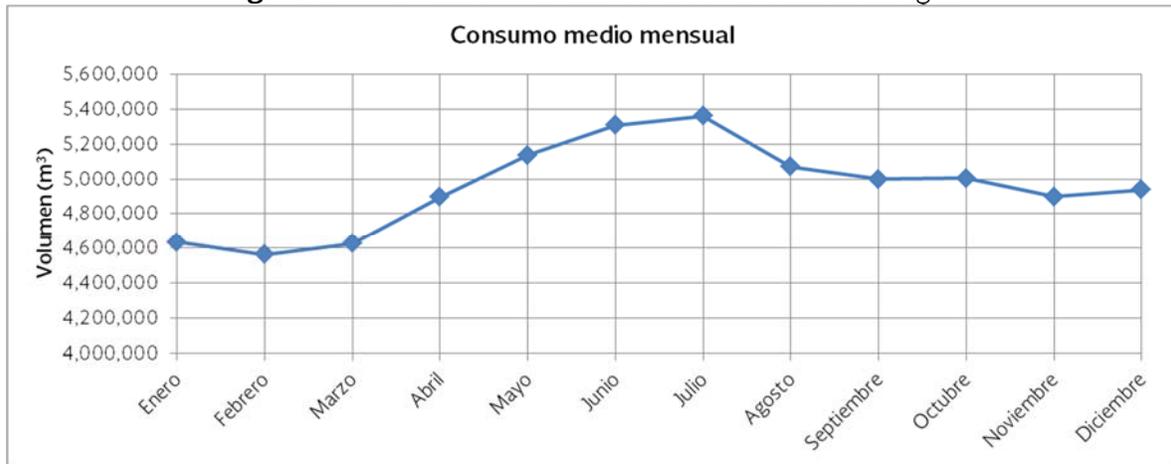
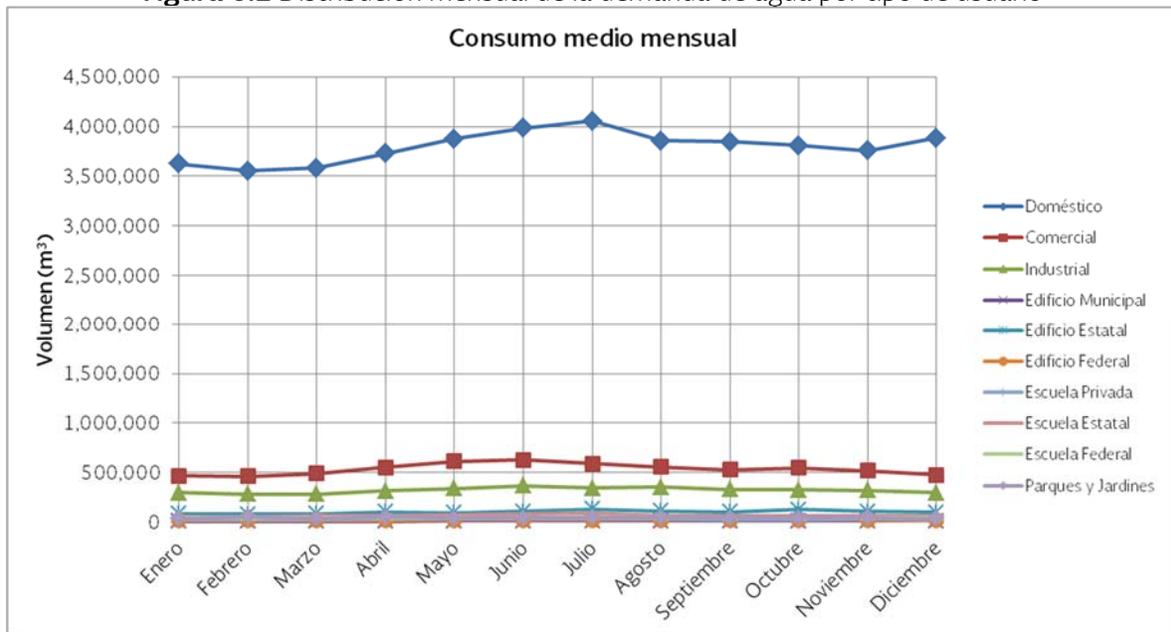


Figura 6.2 Distribución mensual de la demanda de agua por tipo de usuario



Como se puede observar en la gráfica 6.2, el mayor consumidor de agua es el uso doméstico con un consumo medio anual de 45.56 hm³/año, le sigue el uso comercial

con un consumo medio anual de 6.42 hm³/año y el uso industrial con un consumo medio de 3.83 hm³/año, que en conjunto los tres usos demanda el 93.9% del consumo total.

6.2. Estimación de Pérdidas

Las pérdidas físicas constituyen el volumen de agua que escapa antes de su entrega al usuario, en las conducciones, tanques, redes y tomas domiciliarias.

El volumen global de pérdidas está formado por la diferencia de volúmenes alumbrados (producidos) y volúmenes entregados (consumidos), mientras que el volumen diario de pérdidas que se debe considerar para el cálculo de la demanda y la dotación se obtiene de la expresión siguiente.

$$V_p = V_{fr} + V_{ft}$$

Donde:

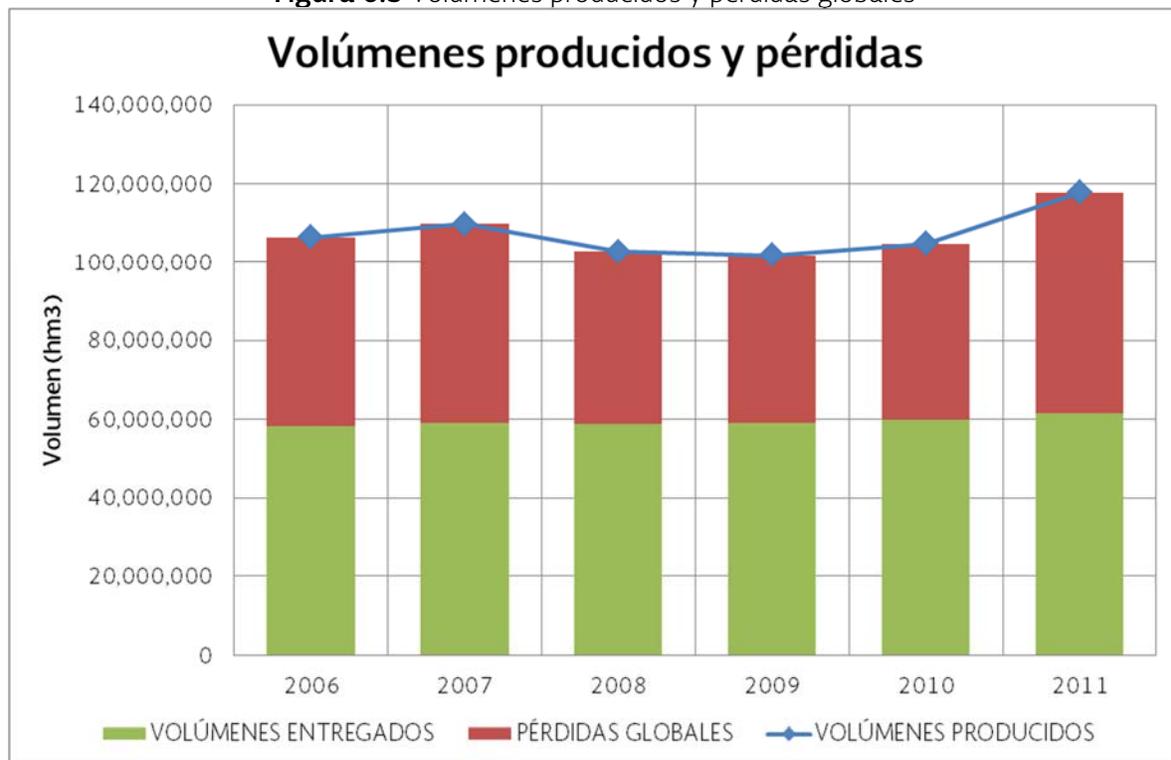
V_p = volumen de pérdidas (m³)

V_{fr} = volumen de fugas en las redes de distribución (m³)

V_{ft} = volumen de fugas en tomas domiciliarias (m³)

El volumen anual medio producido por la JMAS de Chihuahua es de 107.3 hm³ al año, de los cuales se entregan en promedio 59.43 hm³ al año, por lo que en promedio se tienen pérdidas del 44.6% anualmente.

Figura 6.3 Volúmenes producidos y pérdidas globales



6.3. Dotación

La dotación es el volumen de agua que se asigna a cada habitante de la ciudad, e incluye los consumos totales y las pérdidas físicas del sistema en un día medio anual; sus unidades son l/hab/día. Así, la dotación media es el cociente del consumo total más las pérdidas físicas entre el número de habitantes.

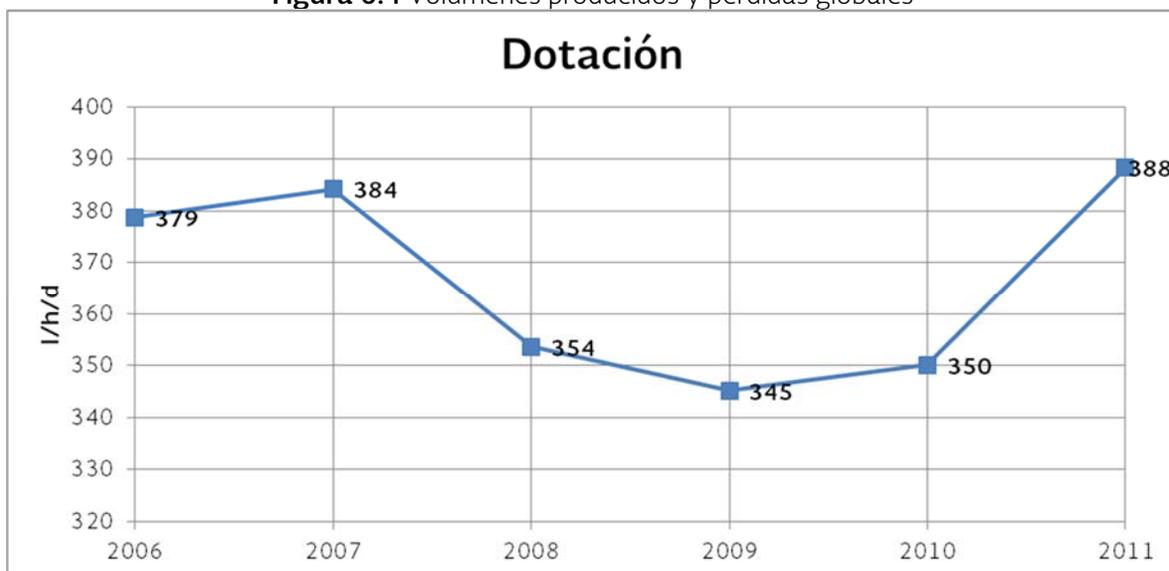
Considerando los valores de consumos totales así como las pérdidas obtenidos previamente, se tiene que los valores de Dotación para los años de análisis (2006-2011) son los que se muestran en la Tabla 6.1, mismos que se determinaron para las poblaciones obtenida de las Tomas de JMAS y CFE, debido a que solo se contó con esa información para el período 2006-2010 y solamente la del 2011 con el Índice de Hacinamiento y tomas JMAS, sin que se haya modificado la Dotación para ese año.

Tabla 6.1 Dotación de 2006-2011

Año	Población	Consumos totales + pérdidas m ³ /año	Dotaciones l/hab/día
2006	769,758	106,486,685	379
2007	782,893	109,883,275	384
2008	795,551	102,755,660	354
2009	807,755	101,831,379	345
2010	819,543	104,790,792	350
2011	830,927	117,857,611	388

La dotación promedio que se tiene en la ZM de Chihuahua es de 367 l/h/d, considerando las pérdidas que se tienen durante la captación, regulación, conducción y en las tomas. Si en el sistema se tuviera una eficiencia del 100% de conducción, la dotación que se requeriría sería de 203 l/h/d. En gráfica 6.4 se muestra el comportamiento de la dotación en el tiempo.

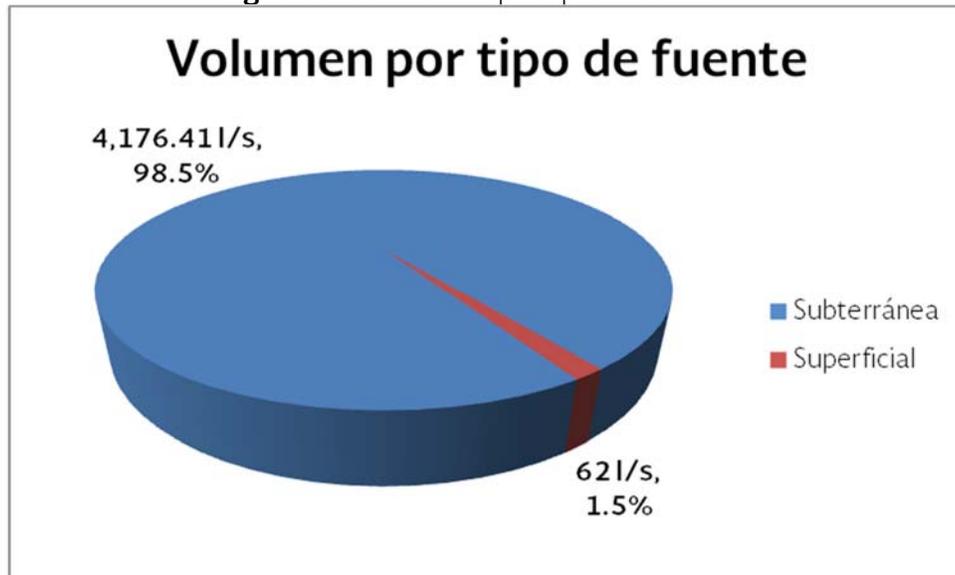
Figura 6.4 Volúmenes producidos y pérdidas globales



7. Análisis de la oferta

Como se mencionó en el capítulo 4, el 98.5% del abastecimiento provienen de aguas subterráneas y el 1.5% de aguas superficiales. La capacidad instalada por la JMAS de Chihuahua es de 4.24 m³/s, de los cuales 62 l/s provienen de una fuente superficial y 4,176.41 l/s de fuentes subterráneas.

Figura 7.1 Volúmenes por tipo de fuente



7.1. Fuentes superficiales

La única fuente superficial que cuenta el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chihuahua es la presa Chihuahua, la cual se encuentra a 10 km. de la ciudad, sobre el río Chuvíscar y tiene una capacidad de 32 hm³, de la cual se extrae 1.95 hm³ al año para el abastecimiento de agua.

7.2. Fuentes subterráneas

El sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chihuahua como hoy se conoce, inició su modificación en el año de 1968, cuando se incorporaron a la infraestructura hidráulica nuevas conducciones de agua y la batería de pozos y conducciones de Ojos del Chuvíscar y Panamericana.

Luego, en 1977 inició el funcionamiento de la conducción de Sacramentos Viejos y en el año 1980 entraron en operación las conducciones de Sacramento Norte y Tabalaopa Aldama. En 1985, se instaló la conducción Tabalaopa-Nombre de Dios y en el año de 1986 El Sauz 1^a. Etapa. Diez años después, en 1996 se incorporó la Conducción El Sauz 2^a. Etapa y recientemente en el año 2004 se incorporó la batería de pozos y conducción Puerta de Chihuahua.

Tabla 7.1 Baterías de pozos

Fuente	Baterías	Año de construcción
Acuífero Chihuahua-Sacramento	Ojos del Chuvísar y Panamericana	1968
Acuífero Chihuahua-Sacramento	Sacramento Viejo	1977
Acuífero Chihuahua-Sacramento y Acuífero Tabalaopa-Aldama	Sacramento Norte y Tabalaopa-Aldama	1980
Acuífero Tabalaopa-Aldama	Tabalaopa-Nombre de Dios	1985
Acuífero El Sáuz-Encinillas	Sáuz I Etapa	1986
Acuífero El Sáuz-Encinillas	Sáuz II Etapa	1996
Acuífero Tabalaopa-Aldama	Pozos Puerta de Chihuahua	2004

La JMAS cuenta con 137 pozos, que en conjunto tienen conforman una capacidad instalada de 4.17 m³/s, extrayendo un volumen anual de 131.60 hm³.

Tabla 7.2 Número de pozos y caudal de extracción

Batería	Nº de pozos	Caudal l/s
El Sauz Encinillas	25	821.39
Puerta de Chihuahua	8	459.95
Tabalaopa Aldama	19	515.12
Aldama N. de Dios	9	252.66
Chihuahua-Sacramento	18	579.26
Varios	39	1,098.13
Picacho	11	238.8
Riberas del Sacramento	8	211.1
Total	137	4,176.41

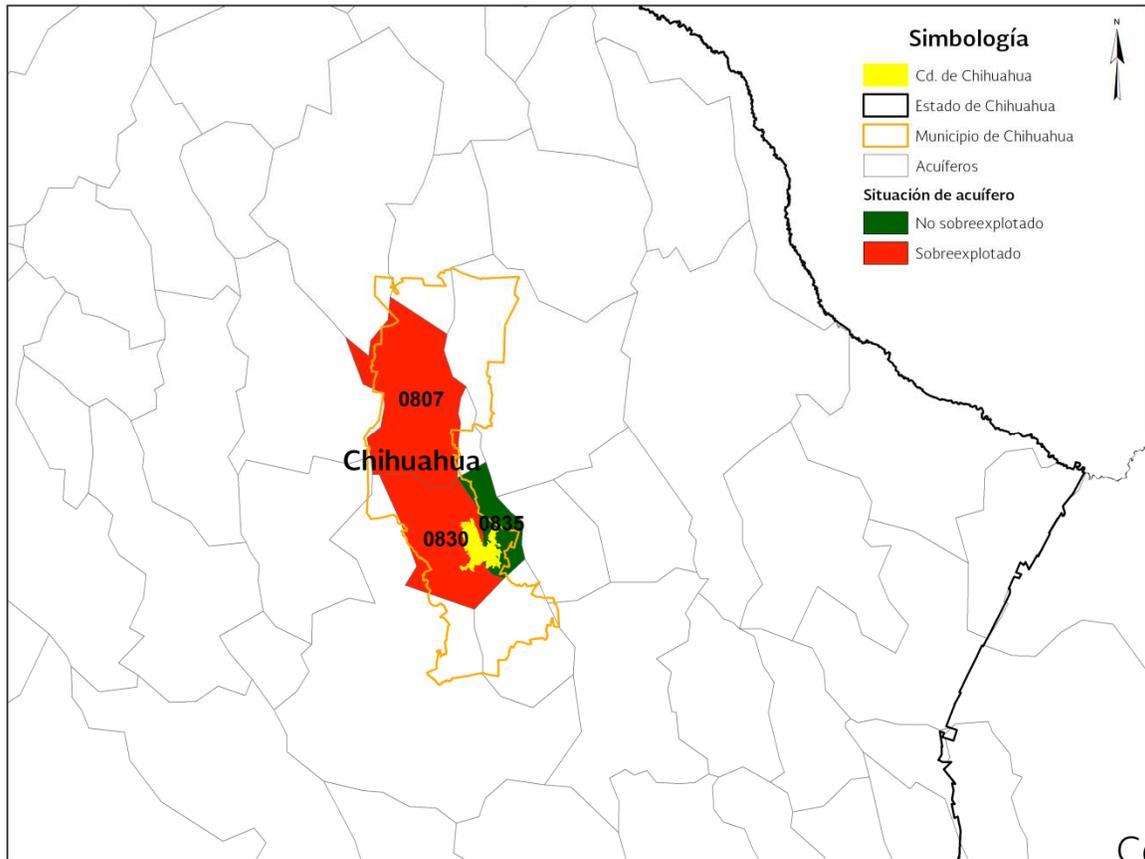
La situación de dos de los tres acuíferos de los que abastece el sistema de agua de la ciudad de Chihuahua, se encuentran sobreexplotados, como se muestran la figura 7.1.

El único acuífero que cuenta con disponibilidad es el Sáuz-Encinillas con 14.17 hm³, mientras que el acuífero Chihuahua-Sacramento tiene una sobreexplotación de 27.55 hm³ y el de Tabaloopa-Aldama de 43.48 hm³.

Tabla 7.3 Disponibilidad de acuíferos

Acuífero	Disponibilidad	Recarga
Acuífero Chihuahua-Sacramento	-27.5533	62.4
Acuífero Tabalaopa-Aldama	-43.4848	56.6
Acuífero El Sáuz-Encinillas	14.1731	76.5

Figura 7.2 Situación de los acuíferos



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 Chihuahua, Chih., 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.	$P = (RG - (V_{na} + D_u)) / OD$	> 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).	$S_a = \frac{A_s}{A_t} * 100$	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_t), 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)

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

Para el caso de la ciudad de Chihuahua, se pueden utilizar las estaciones 8049 Luis L. León y 8270 La Mesa para el análisis del SPI para el monitoreo de la sequía urbana. En las figuras 9.1 y 9.2 se muestran los análisis del SPI de seis meses del periodo 1951 al 2013 de las dos estaciones.

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

Figura 9.1 Comportamiento del SPI a 6 meses de la estación Luis L. León

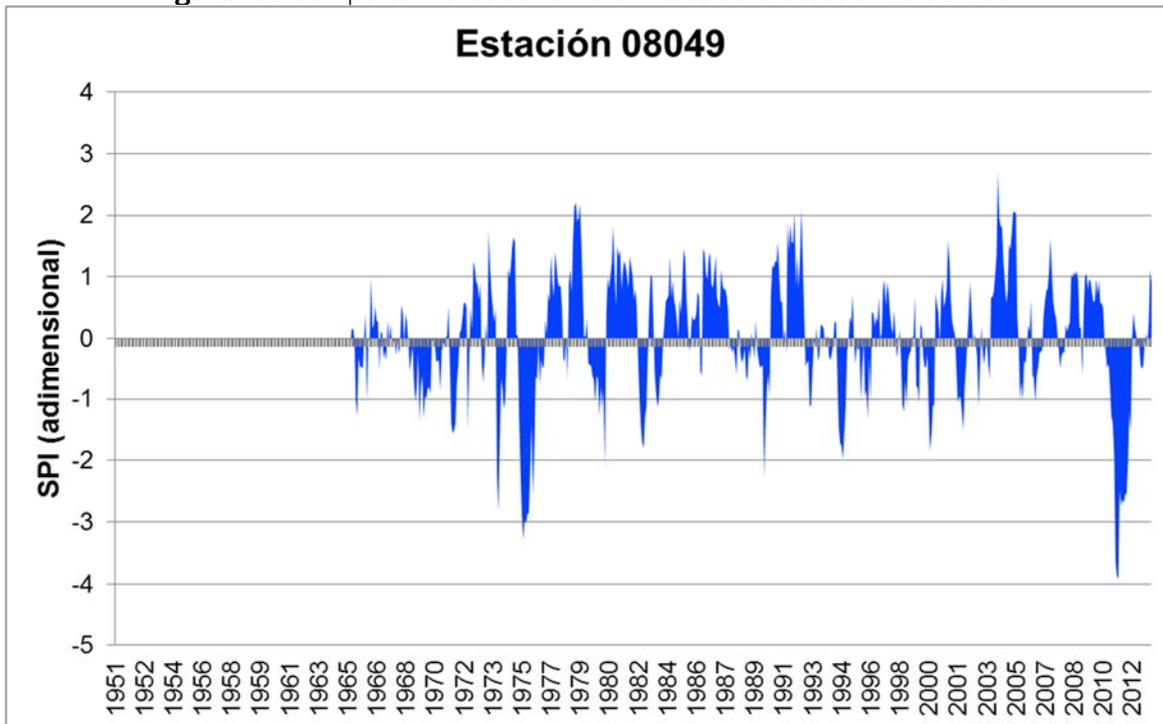


Figura 9.2 Comportamiento del SPI a 6 meses de la estación La Mesa



En la figura 9.1 se puede apreciar como el indicador del SPI a seis meses, la sequía que se presentó en los años 1975, 1976, 1980, 1990 y 2011, mientras que en el figura 9.2 se muestra como el SPI señala las sequías que se presentaron en los años 1994, 1997 y 2011.

9.1.2 Índice de Ecurrimiento 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.

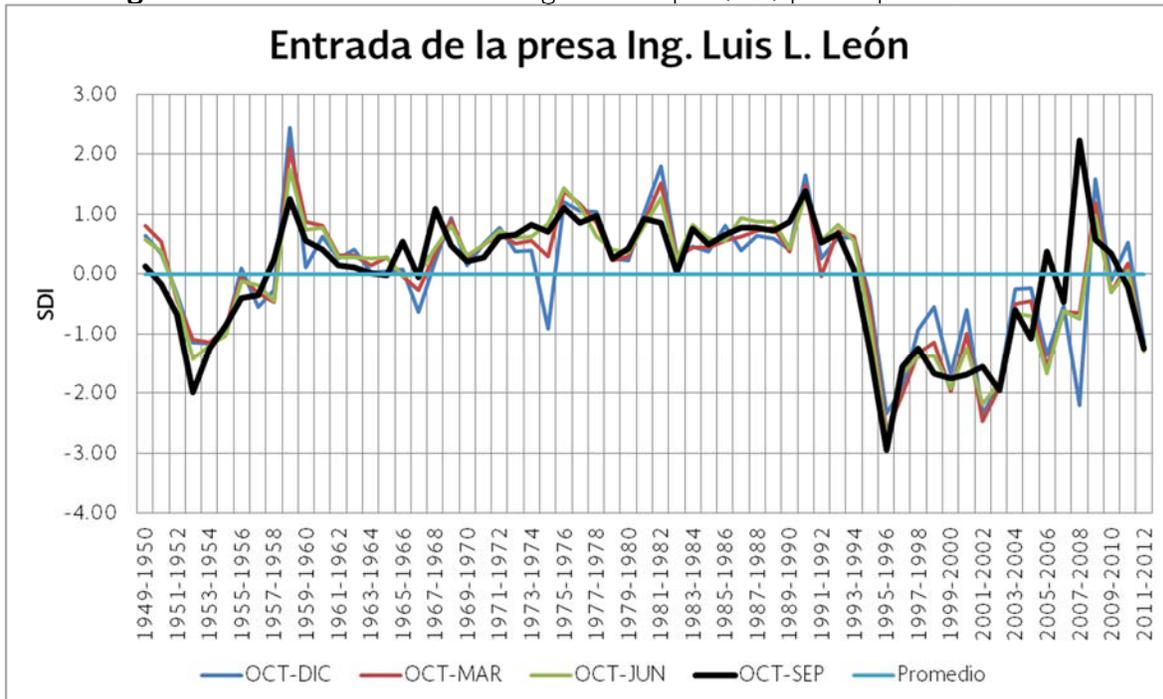
Tabla 9.2 Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SDI.

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

Dado a que una de las medidas que se identificaron para garantizar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Chihuahua, es el considerar realizar la exportación de agua de la presa El Granero (Luis L. León), en la siguiente gráfica (Figura 9.3) se muestra el análisis del SDI con base en las aportaciones históricas de agua para esta presa, tomando en cuenta la sumatoria de los datos de aportaciones para cuatro períodos de cada año hidrológico: octubre-diciembre, octubre-marzo, octubre-junio y octubre-septiembre. Es importante recordar que el año hidrológico en México inicia el primero de octubre de cada año y termina el 30 de septiembre del año siguiente.

En ella se puede observar que en el periodo de 1993 al 2007 aproximadamente se presentó una sequía hidrológica, llegando a una sequía extrema en el periodo 1995 al 1997.

Figura 9.3 Gráfica del Índice Hidrológico de Sequía (SDI) para la presa El Granero



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:

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

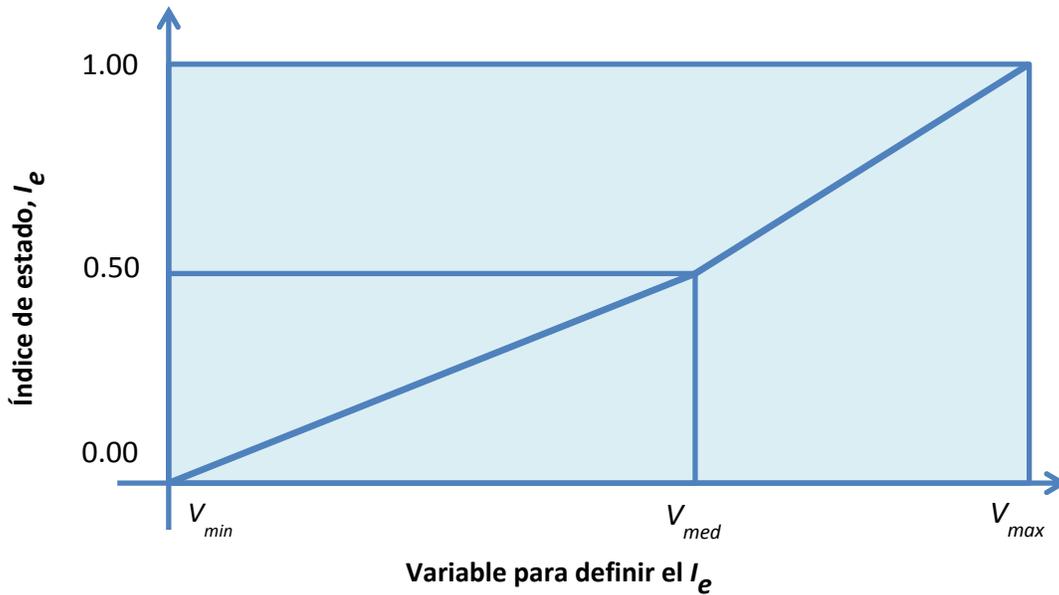
$$\text{Si } V_i < V_{med}: I_e = \frac{1}{2} \left[\frac{V_i - V_{min}}{V_{med} - V_{min}} \right]$$

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 9.4, 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.

Figura 9.4 Comportamiento del Índice de Estado

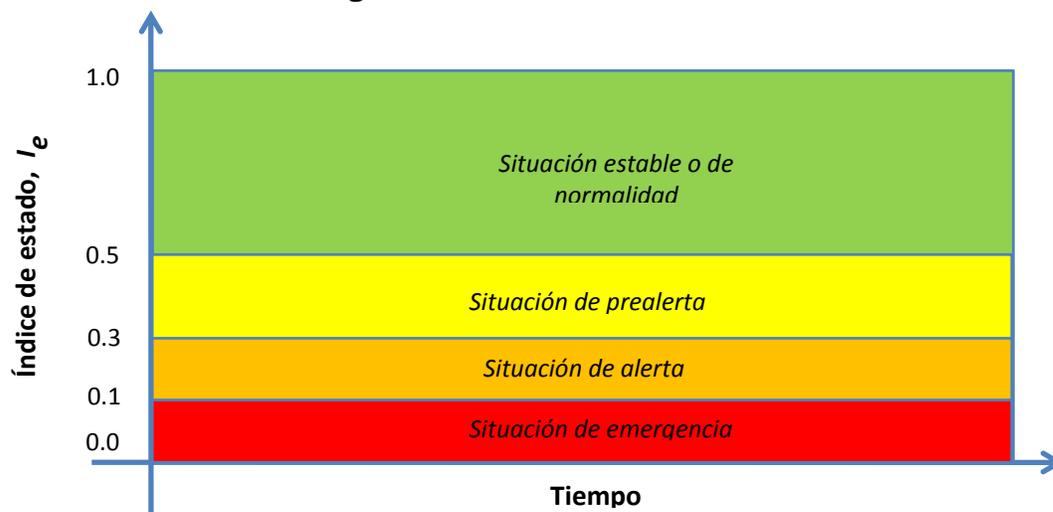


Fuente: IMTA, 2013. Formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, Marco Teórico.

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 9.5):

- $I_e > 0.5$ 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 9.5 Umbrales del Índice de Estado



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 *le 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 =

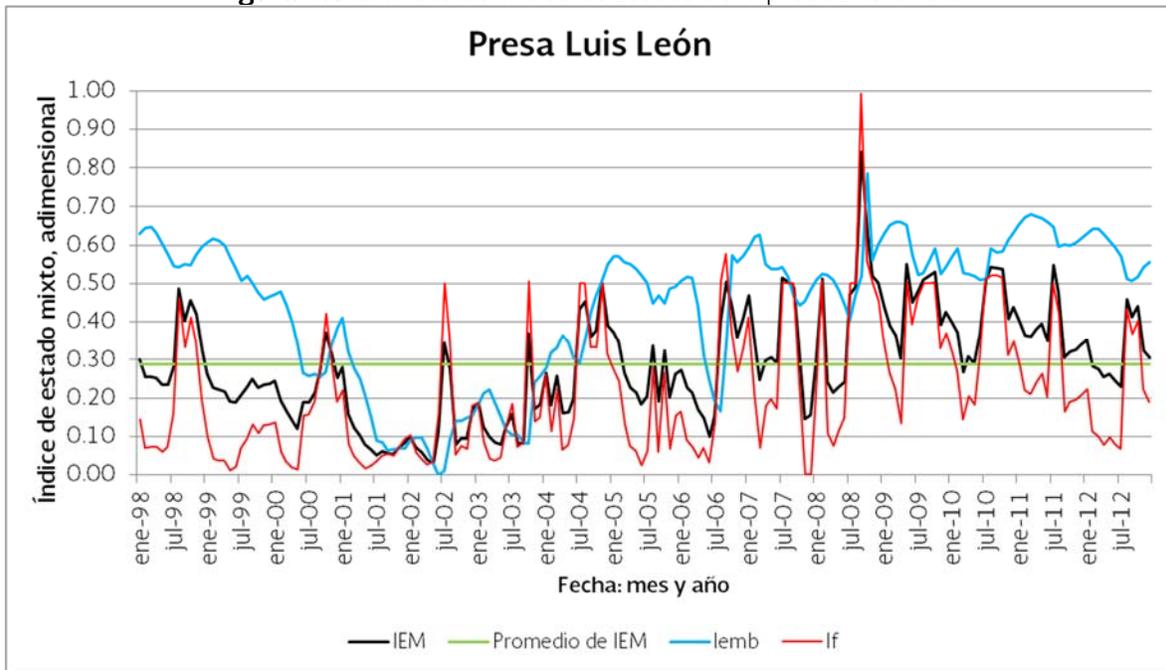
$$I_{EM} = [I_{emb} * (\frac{1}{2} * \frac{V_{util}}{A_m})] + [I_f * (1 - (\frac{1}{2} * \frac{V_{util}}{A_m}))]$$

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.

En la siguiente gráfica (figura 9.6), se pueden observar los Índices de Estado, en el periodo de 1999 al 2012 de la presa El Granero (Luis L. León), en donde se puede observar el comportamiento del I_{EM} , que oscila entre los niveles desde situación estable hasta nivel de emergencia.

Figura 9.6 Gráficas del Índice de Estado de la presa El Granero



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 (Prevención), 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 (Mitigación). 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 ciudad de Chihuahua, a través de la reducción de la demanda en los usos doméstico, comercial, industrial y público urbano, se muestran en la tabla 10.1.

Tabla 10.1 Principales medidas preventivas para la ciudad de Chihuahua

Uso	Medida
Doméstico	Reparación de Fugas domésticas
	Uso de Inodoros de baja descarga
	Uso de Llaves ahorradoras
	Uso de Regaderas ahorradoras
Comercial	Uso de Inodoros de baja descarga
	Uso de Mingitorios sin agua
	Reparación de Fugas comerciales
Industrial	Reparación de Red fugas industriales
	Reducción presión agua
Público Urbano	Control de presión
	Reparación fugas municipales

Adicionalmente a estas medidas identificadas que contribuyen a la reducción de la demanda, también se identificó una medida para el incremento de la oferta.

La medida identificada para incrementar la oferta de agua para el abasto de la ciudad de Chihuahua, es un proyecto de agua superficial que consistiría en abastecer de agua a la ciudad con agua proveniente de la presa El Granero.

Con dicho proyecto se podría garantizar el abasto de agua para la ciudad de Chihuahua, ya que se podría extraer 3 m³/s de la presa, sustituyendo el abasto primario de agua subterránea por abasto de agua superficial, recuperando de esta forma los acuíferos de los que se abastece la ciudad y sólo se extraería agua subterránea en época de sequía, garantizando su abasto.

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 sobreprecio 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.

La Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua 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 Chihuahua 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

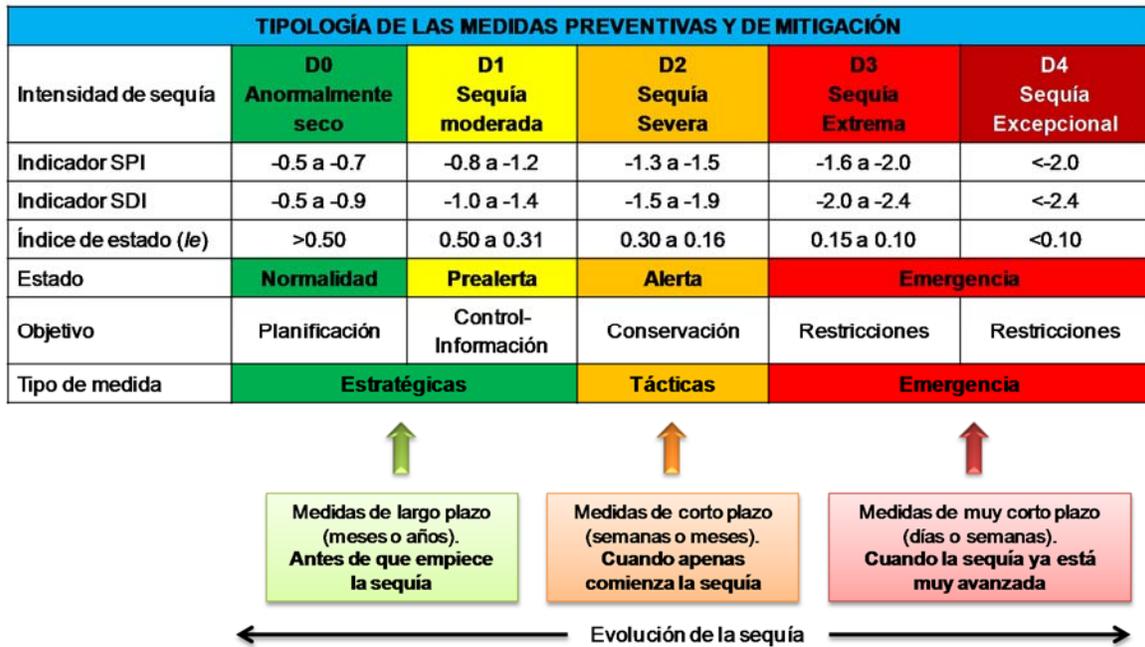
Las medidas tanto para la prevención como para la mitigación de las sequías se clasifican de acuerdo a la intensidad de la sequía y de los niveles de estado, éstas se clasifican en tres tipos:

- **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 la JMÁS 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 de la ciudad de Chihuahua, 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.

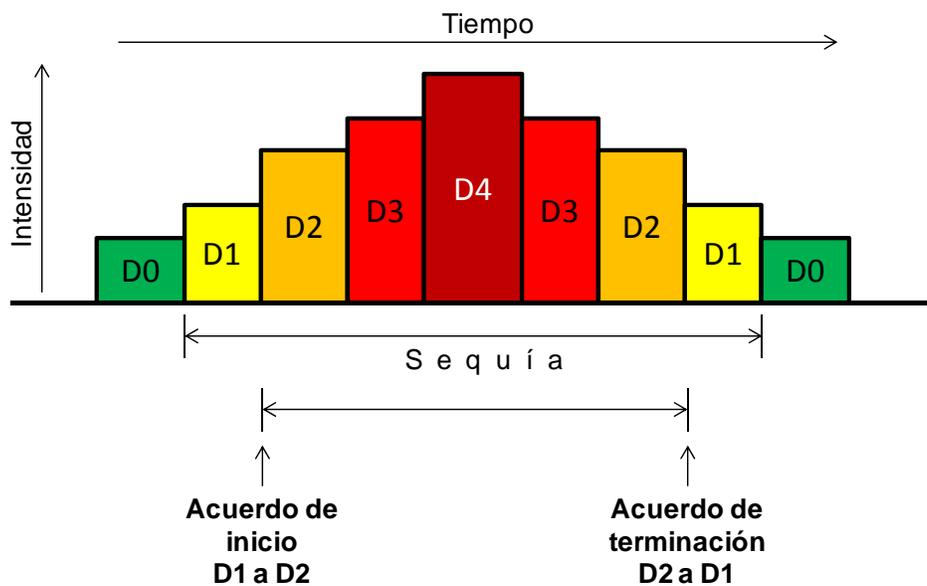
Asimismo, se deben definir las metas a alcanzar en cada etapa la sequía y el carácter de cómo se deben de llevar a cabo las acciones para etapa de sequía (Tabla 10.3).

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, la Junta Central de Agua y Saneamiento (JCAS) de Chihuahua, la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Chihuahua, 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

Medida	Estratégicas	Giro	Responsable
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 JMAS
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 JMAS
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	JMAS
Programas para el mantenimiento de las instalaciones de suministro alternativo.	X	Administrativas o legales	JMAS
Promover una legislación para penalizar los consumos excesivos.	X	Administrativas o legales	JMAS
Promover una legislación para ofrecer descuentos por ahorrar agua.	X	Administrativas o legales	JMAS
Identificar usuarios de alto consumo de agua y desarrollar metas de ahorro.	X	Administrativas o legales	JMAS
Establecer convenios con las grandes embotelladoras de agua para abastecer a la población en caso de emergencia.	X	Administrativas o legales	JMAS
Capacitación para la educación hídrica y ambiental en el tema de sequías.	X	Educación	JCAS y JMAS
Desarrollar campañas de educación y promoción sobre la atención a las sequías con estrategias a corto y largo plazo.	X	Educación	JCAS y JMAS
Informar a la sociedad de alternativas de acción.	X	Educación	JCAS y JMAS
Información a los medios de comunicación.	X	Educación	JCAS y JMAS
Promoción de fontanería eficiente.	X	Educación	JCAS y JMAS
Escuelas del agua. Talleres de revisión de fugas en casa.	X	Educación	JCAS y JMAS
Reactivar pozos abandonados	X	Infraestructura	JMAS
Limpiar pozos para desarrollar mayores gastos de extracción	X	Infraestructura	JMAS
Emplear desalación o agua subterránea salobre	X	Infraestructura	JMAS
Preparar infraestructura para cortes nocturnos del suministro	X	Infraestructura	JMAS
Construir nueva infraestructura para diversificar las fuentes de abastecimiento	X	Infraestructura	JMAS
Habilitar tomas bajas en embalses	X	Infraestructura	JMAS
Construir depósitos de reservas para uso en época de sequías	X	Infraestructura	JMAS

Medida	Estratégicas	Giro	Responsable
Reactivar las presas abandonadas	X	Infraestructura	JMAS
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	JMAS
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	JMAS
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	JMAS
Adecuación en los procesos de potabilización y depuración para época de sequías (el agua tiene mayores concentraciones).	X	Operativas	JMAS
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.

11.2.1 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 el indicador del SPI de las estaciones seleccionadas para monitorear la sequía en la ciudad de Chihuahua se encuentre en el rango de entre -0.9 y -1.2 o el Monitor de Sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) indique que la región de Chihuahua se encuentre en la etapa D1 Sequía Moderada.

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 para 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.

11.2.2 Segunda etapa: Sequía Severa

El objetivo en la segunda etapa Sequía Severa, será el alcanzar por medidas generales obligatorias hasta un 1.5% 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 el indicador del SPI de las estaciones seleccionadas para monitorear la sequía en la ciudad de Chihuahua se encuentre en el rango de entre -1.3 y -1.5 o el Monitor de Sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) indique que la región de Chihuahua se encuentre en la etapa D2 Sequía Severa.

Medidas de administrar el suministro:

- A través de los inspectores del JMAS 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

11.2.3 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 el indicador del SPI de las estaciones seleccionadas para monitorear la sequía en la ciudad de Chihuahua se encuentre en el

rango de entre -1.6 y -1.9 o el Monitor de Sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) indique que la región de Chihuahua se encuentre en la etapa D3 Sequía Extrema.

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.

11.2.4 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 el indicador del SPI de las estaciones seleccionadas para monitorear la sequía en la ciudad de Chihuahua sea menor de -2 o el Monitor de Sequía del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) indique que la región de Chihuahua se encuentre en la etapa D4 Sequía Extraordinaria.

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.

11.2.5 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 una sanción económica.

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, la JMAS podrá proceder a imponer una multa por cada día que prevalezca el desacato al programa.

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 a la JMAS, 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 de la JMAS, 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 la JMAS, 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.

La JMAS 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.

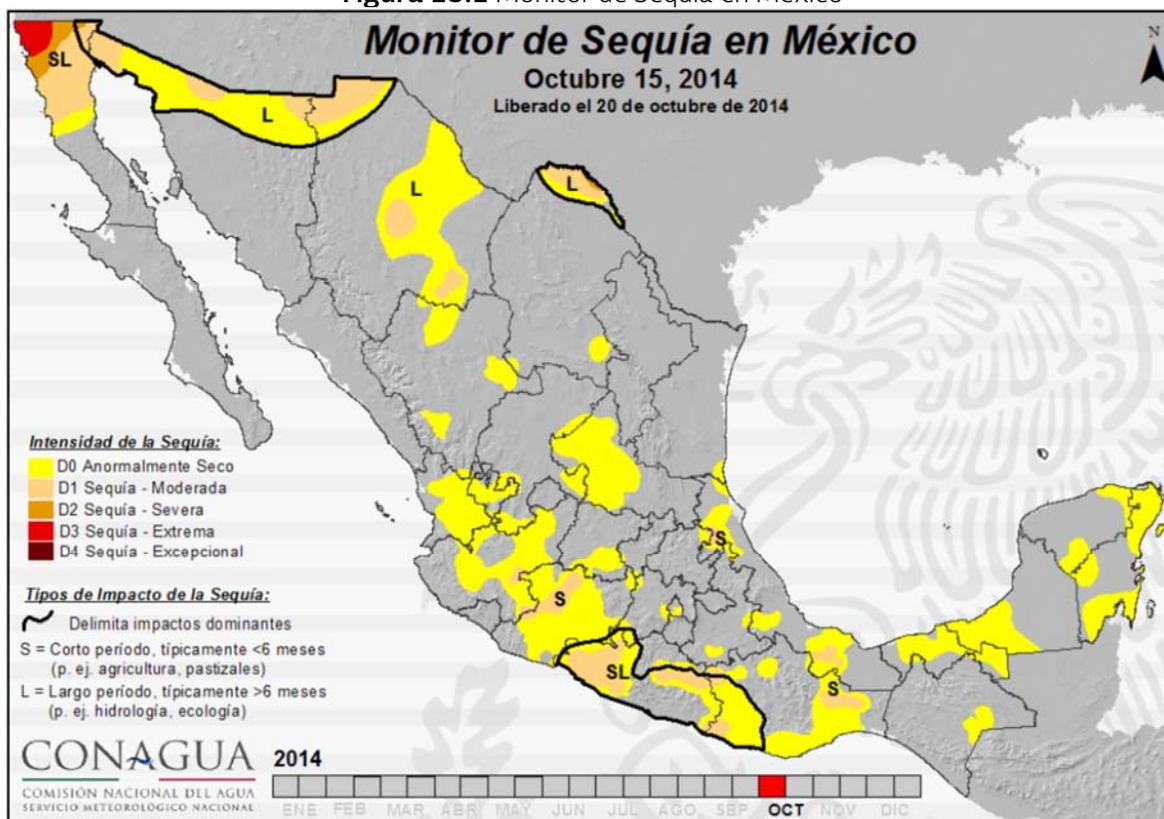
13. Declaración y levantamiento de la sequía

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 de la presa Chihuahua y los acuíferos que abastecen la ciudad y zona conurbada. 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, la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua deberá observar de manera periódica la evolución los indicadores del SPI y SDI, con el fin de saber con precisión cuándo una condición meteorológica o hidrológica podría conducir a declarar una etapa de la sequía urbana. Esta declaración, así como la ejecución de las medidas temporales de mitigación y su levantamiento, le corresponden a la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.

Sería conveniente que la JMAS publicara en su página de internet los valores de los indicadores del SPI y SDI 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 Chihuahua la declaración, evolución y levantamiento de una sequía es la página de internet de la JMAS, 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 Chihuahua.

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 Chihuahua.

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.

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.