



COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ORGANISMO DE CUENCA FRONTERA SUR

PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA DE LA
CIUDAD DE TAPACHULA DE CÓRDOVA Y ORDOÑEZ, CHIAPAS

CONVENIO No. SGT-OCFS-CHS-14-014-RF-CC

INFORME FINAL

Diciembre de 2014

Índice

Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Identificación de la localidad (municipio, ciudad, sistema de agua potable) al que está destinado el programa.	1
1.1.1 Antecedentes históricos	1
Objetivo:	3
Estrategias:	3
Capítulo 2. ¿Qué es sequía?	4
Capítulo 3. Marco Legal e Institucional de la gestión urbana del agua en la ciudad de Tapachula, Chiapas.	13
Capítulo 4. Descripción general del Municipio de Tapachula de Córdoba y Ordoñez, Chiapas	18
4.1. Ubicación y Población	18
4.2. Clima.....	20
4.3. Fisiografía	21
4.4. Vegetación	22
4.5. Fauna	23
4.6. Áreas Naturales Protegidas	24
4.7. Uso del Suelo	25
4.8. Geología.....	26
4.9. Hidrología	27
4.10. Agricultura y Ganadería	28
Capítulo 5. Información climática	28
Capítulo 6. Evaluación de la oferta/abasto de agua	42
6.1. Lista de fuentes de suministro (superficiales y subterráneas, reúso, desalación u otras).....	42
6.2. Descripción breve y lista de infraestructura existente.....	43
6.2.1 Obra de Captación	43
6.2.2 TANQUE PRE-SEDIMENTADOR	43
6.2.3. Líneas de conducción	44
6.2.4. Planta potabilizadora	45
6.2.5. Tanques	45

6.2.6. Red de distribución.....	48
6.2.7 Servicio	48
6.2.4. Infraestructura sanitaria	49
6.3. Producción histórica de agua.....	58
6.4. Producción per cápita	58
Capítulo 7. Evaluación de la demanda/consumo de agua.....	59
7.1. Cobertura del servicio de agua.....	59
7.2. Padrón y tipos de usuarios (tomas o cuentas).....	60
7.3. Consumo y dotación per cápita	61
Capítulo 8. Balance de agua y evaluación de la capacidad instalada.....	62
8.1. Balance de agua	63
8.2. Capacidad de abasto/ capacidad instalada	63
8.3. Variaciones estacionales de oferta y demanda.....	64
Capítulo 9. Escenarios futuros de la producción y consumo.....	65
Capítulo 10. Análisis para la gestión del agua en sequía	68
10.1. Identificación de deficiencias/debilidades y áreas de oportunidad para mejora del servicio	68
10.2. Acciones recomendadas a los organismos operadores para mitigar la sequía.....	69
Recomendaciones para la difusión del PMPMS urbano	74
Bibliografía	75

Índice de figuras

Figura 1.1. Distribución de los grados de Vulnerabilidad ante la sequía.	10
Figura 1. 2. Mapa de vulnerabilidad ante la Sequía.....	11
Figura 3.1. Elementos que integran PRONACOSE. Fuente: PRONACOSE, 2013.....	15
Figura 4.1. Climas existentes en el municipio de Tapachula. INEGI.....	21
Figura 4.2. Geología del municipio. Fuente: INEGI.....	26
Figura 4.3. Hidrografía del municipio. INEGI.....	27
Figura 5.1. Estaciones climatológicas analizadas para el municipio de Tapachula.	30
Figura 5.2 Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.	31
Figura 5.3. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.	31
Figura 5.4. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.	32
Figura 5.5. Comportamiento histórico del SPI-12de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.	32
Figura 5.6.Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.....	33
Figura 5.7. Eventos históricos del SPI de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.	34
Figura 5.8. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.	34
Figura 5.9. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.	35
Figura 5.10 Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.	35
Figura 5.11. Comportamiento histórico del SPI-12de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.	36
Figura 5.12. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.....	37
Figura 5.13. Eventos históricos del SPI de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.	37
Figura 5.14. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.	38
Figura 5.15.Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.	38
Figura 5.16. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.	39
Figura 5.17. Comportamiento histórico del SPI-12de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.	39
Figura 5.18. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.....	40
Figura 5.19. Eventos históricos del SPI de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.	41
Figura 6.1. Tanque sedimentador	44
Figura 6.2 Fotografía Planta potabilizadora.....	45

Figura 6.3. Fotografía Tanque de regulación no. 1	46
Figura 6.4. Fotografía Tanque de regulación No. 2	47
Figura 6.5. Fotografía Tanque de regulación No. 4	47
Figura 6.6. Fotografía Tanques gemelos de mampostería	48
Figura 6.7. Fotografía Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sur-Oriente	54
Figura 6.8. Fotografía Rejilla manual y mecánica.....	55
Figura 6.9. Bombas sumergibles y Reactor anaerobio UASB	56
Figura 6.10 Reactor biológico aerobio y Sedimentador secundario	56
Figura 6.11 Área de desinfección con cloro y Taque de contacto	57
Figura 6.12. Equipo de deshidratación mecánico	58

Índice de tablas

Tabla 4. 1. Áreas Naturales Protegidas, Tapachula. Fuente: CEIEG (Comité Estatal de Información Estadística y Geografía).....	25
Tabla 4. 2.Censo de la Población y Vivienda 2010, Fuente INEGI.	20
Tabla 4. 3. Panorama sociodemográfico, Fuente INEGI 2010.....	20
Tabla 5.1. Categorías SPI.....	29
Tabla 5.2 Estaciones climatológicas analizadas para el municipio de Tapachula.....	29
Tabla 5.3. Eventos históricos del SPI de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.32	
Tabla 5.4. Eventos históricos del SPI de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.....	36
Tabla 5.4. Eventos históricos del SPI de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula. ...	39
Tabla 6.1. Fuentes de suministro.....	42
Tabla 6.2. Línea de conducción.....	44
Tabla 6.3.Datos generales Proyecto Ejecutivo para la Adecuación del Alcantarillado Sanitario.....	50
Tabla 6.4 Agua Producida	58
Tabla 7.1 Cobertura del servicio de agua (fuente COAPATAP).	59
Tabla 7.2. Tipo de usuarios y consumos 2014.....	60
Tabla 7.3. Consumo y dotación per cápita (fuente COAPATAP).....	61
Tabla 8.1. Balance de Agua 2013 (fuente: COAPAPTAP).	63
Tabla 8.2. Dotación y consumo anual contra capacidad instalada	64
Tabla 8.3. Dotación mensual, volumen (m3) producido mensual/habitantes.....	64
Tabla 9.1. Prospección de la demanda de agua de la ciudad de Tapachula, Chiapas.....	67
Tabla 10.1 Análisis de problemáticas para guiar la acciones de prevención	68
Tabla 10.2 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Gubernamental	69
Tabla 10.3 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Residencial.....	71
Tabla 10.4 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Comercial.....	72
Tabla 10.5 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Industrial	74

Capítulo 1. Introducción

1.1. Identificación de la localidad (municipio, ciudad, sistema de agua potable) al que está destinado el programa.

Organismo Operador del Agua Potable y Alcantarillado: Comité de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Tapachula (COAPATAP). Municipio de Tapachula de Córdoba y Ordoñez, Chiapas.

8a Norte No. 13 col. 5 de febrero Tel: (962)62-6-41-39

1.1.1 Antecedentes históricos

Hasta 1981 el Sistema de agua potable y alcantarillado de Tapachula, Chiapas, fue administrado por la federación a través de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

En 1981 los Organismos Operadores fueron transferidos al Gobierno del Estado y con motivo de las modificaciones y adiciones al art. 115 Constitucional, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Febrero de 1983, se estableció que los Municipios con el concurso de los Estados, cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes, tendrán a su cargo los servicios de agua potable y alcantarillado.

Por ello, en 1986 el organismo fue entregado al Municipio, creándose el 1º de febrero de ese mismo año, el organismo operador descentralizado con personalidad y patrimonio propios, denominado “Comité de Agua Potable y Alcantarillado la Ciudad de Tapachula”.

La prestación del servicio de agua potable hasta 1986, fue a través de pozos profundos y a partir de 1986 se puso en funcionamiento la captación por gravedad ubicada en la margen izquierda del río Coatán en la localidad Cantón Victoria y al mismo tiempo se inició la operación de la planta potabilizadora.

En el año 1992 se concluyó el plan maestro para determinar las acciones a desarrollar en materia de agua potable y alcantarillado en la Ciudad de Tapachula.

En las temporadas de lluvias de 1998 y 2005 durante la ocurrencia del huracán Stan, la captación ubicada en el río Coatán y parte de la línea de conducción sufrió severos daños, por lo que la captación se reubicó en el canal de desfogue de la presa Cecilio del Valle e inclusive el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realizó un anteproyecto para utilizar el agua del río Cahuá, afluente del río Cahuacán.

Objetivo:

“Proponer medidas preventivas y de mitigación de la sequía de modo que se incremente la seguridad hídrica en el municipio de Tapachula, Chiapas.

Estrategias:

- a) Reducir y administrar el consumo de agua y la eficiencia de la gestión antes de incrementar las fuentes de abasto y suministro.
- b) Establecer y mejorar un sistema de información y monitoreo que permita mejorar las eficiencias y el servicio.

Capítulo 2. ¿Qué es sequía?

Una definición general de sequía puede ser: “Disminución *temporal y significativa* de los recursos hídricos durante un periodo suficientemente *prolongado* que afecta un área extensa con *consecuencias socioeconómicas adversas*” (Estela Monreal, s.f.).

La definición indica que el fenómeno es temporal, ya que los ciclos de precipitaciones tienen puntos altos y bajos que se alternan y de forma natural afectan a la disponibilidad de agua, presentándose algunas temporadas en que las lluvias escasean y otras en que llueve de forma abundante. También indica que la reducción se presenta durante un tiempo suficientemente prolongado y sobre un espacio lo suficientemente extenso como para afectar a la población y su actividad económica. Estas afectaciones estarán en función de que tan preparada esté la población para hacer frente a estas condiciones y de las características de las actividades económicas de la región, específicamente, que tan intensivas son en su consumo de agua. Sin embargo, dentro de este concepto de sequía como una disminución temporal y significativa de los recursos hídricos se puede encontrar diferentes tipos de sequía o dicho de otra manera se puede operacionalizar de diferentes modos, según sea la causa de la reducción o disminución temporal de recursos hídricos; ya sea una disminución de las precipitaciones (sequía meteorológica), la reducción de los caudales de fuentes superficiales, almacenamiento de embalses o niveles de las fuentes subterráneas (sequía hidrológica); o bien porque no se satisfacen las necesidades de los usuarios debido que la demanda excede las fuentes disponibles y otros fallos en la gestión del recurso(sequía operativa) (Estela Monreal s.f.).

Otra tipología de la sequía ubica cuatro tipos de sequía: la meteorológica (de precipitaciones), la hidrológica (de escurrimientos y almacenamiento), agrícola (cuando al cantidad de agua no alcanza a cubrir los requerimientos de las actividades agropecuarias) y socioeconómica (cuando la cantidad de agua disponible afecta a la

economía de la población. En esta tipología, la sequía agrícola puede ser considerada una sequía socioeconómica cuando afecta a poblaciones poco desarrolladas cuya actividad económica depende esencialmente de las actividades primarias (Marcos Valiente, 2001).

Como puede observarse, la sequía es un fenómeno de origen multifactorial que se relaciona con el ciclo del agua y las afectaciones que la actividad humana puede ocasionar al mismo. Las precipitaciones varían de manera natural a lo largo del tiempo, por lo que la disponibilidad del agua no es constante. Las fuentes superficiales y subterráneas se abastecen por medio de las precipitaciones, por lo que la cantidad de agua de estas fuentes tiende a variar en función de los ciclos meteorológicos y de las características geológicas, geográficas y ecológicas de una región. Así mismo, la actividad humana influye sobre este ciclo del agua, ya que las actividades económicas (principalmente las agropecuarias) hacen uso de las fuentes de agua, reduciendo su disponibilidad. Además estas actividades pueden alterar el medio ambiente por ejemplo a través de la deforestación, lo cual afecta al reabastecimiento de las fuentes. A su vez, la disminución en la disponibilidad de agua puede afectar a las actividades económicas de una región, por lo que puede presentarse un círculo vicioso que termina afectando al desarrollo humano.

- **Definiciones de los Lineamientos del 22 de noviembre de 2012**

El 22 de noviembre de 2012 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los “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”. El objetivo de estos Lineamientos es: “establecer los criterios y mecanismos aplicables para que la CONAGUA pueda emitir Acuerdos de Carácter General de emergencia por ocurrencia de sequía, así como proponer a los usuarios de las aguas nacionales las medidas preventivas y de mitigación de la sequía conforme a las cuales podrán lograr

un uso eficiente del agua, preservándola.” Estos lineamientos establecen las siguientes definiciones:

Sequía: “La insuficiencia de volumen usual en las fuentes de abastecimiento, que es debido a una menor cantidad de la lluvia para el llenado de las fuentes, derivado de un retraso en la ocurrencia de la lluvia, o a una combinación de ambas causas naturales”. Esta tiene la característica de ser impredecible en el tiempo en el que inicia, en su duración, en la intensidad o severidad, y en la extensión territorial sobre la que ocurre. Además, este concepto debe distinguirse y separarse claramente de una insuficiencia debida a causas de manejo humano, la cual se origina cuando la demanda supera a la oferta de las fuentes de abastecimiento, provocando en éstas disminución de su volumen.

Emergencia por sequía: Situación derivada de un evento hidrometeorológico extremo que genera un déficit de agua en términos de lluvia y/o escurrimiento de características tales, que requiere de una atención inmediata

Mitigación de la sequía: Acción orientada a disminuir el impacto o daño ante la presencia de sequía sobre el conjunto de personas, bienes, infraestructura y servicios, así como sobre el medio ambiente; se establecen los siguientes rangos de intensidad de sequía de acuerdo con los estándares internacionales:

- **Anormalmente Seco (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.
- **Sequía 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. Se requiere uso de agua restringida de manera voluntaria.

- **Sequía 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. Se recomienda se impongan restricciones de uso del agua.
- **Sequía Extrema (D3):** Se dan mayores pérdidas en cultivos o pastos, peligro extremo de incendio, la escasez de agua o las restricciones de su uso se generalizan.
- **Sequía Excepcional (D4):** Se presentan pérdidas excepcionales y generalizadas de los cultivos o pastos, riesgo de incendio excepcional, escasez de agua en los embalses, arroyos y pozos, se crean situaciones de emergencia debido a la ausencia de agua.

Las acciones para enfrentar una sequía pueden ser categorizadas sobre la base del tiempo en que se espera su ejecución en **dos grupos**:

- **Acciones preventivas:** las que permiten estimar y organizar de manera anticipada los recursos humanos, materiales y financieros que podrían ser necesarios para enfrentar el fenómeno de la sequía.
- **Acciones de mitigación,** aquellas que son ejecutadas durante la sequía para atenuar los impactos.

Ambas son acciones concebidas dentro de un proceso de planeación anticipada, a fin de que sean más eficientes, articuladas y conocidas por parte de los sujetos y organizaciones que las habrán de llevar a cabo, y se reduzcan los costos que deriven de una sequía. Siempre resultará de utilidad realizar la evaluación general una vez concluida la sequía, esto a efecto de poder detectar oportunidades de mejorar la organización de acciones implementadas y de actores involucrados.

- **Acuerdos de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía**

Estos Lineamientos se refieren también a los acuerdos de emergencia y establecen que el "Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía" será el acto mediante el cual la CONAGUA determinará que una o varias cuencas hidrológicas o acuíferos se encuentran ante la presencia de una situación natural anormal generada por una sequía severa. Asimismo, establecen que la CONAGUA determinará la extensión territorial de afectación, así como las medidas para enfrentar este fenómeno y llevar a cabo el seguimiento de la emergencia y su conclusión, apoyándose en el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas.

Una vez emitido el "Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía", como parte de las acciones para enfrentar el fenómeno natural, los usuarios de las aguas nacionales podrán implementar medidas preventivas y de mitigación a efecto de hacer un uso eficiente del agua durante la contingencia. Los usuarios de las aguas nacionales podrán tomar medidas adicionales a las indicadas en este instrumento.

Se dará por concluida la vigencia del "Acuerdo de Carácter General de Emergencia por Ocurrencia de Sequía" mediante la expedición de otro Acuerdo de Carácter General, señalando que se han dejado de surtir los efectos de la sequía severa ante la población.

La emisión de los "Acuerdos de Carácter General de emergencia por ocurrencia de sequía" que expide la CONAGUA es independiente de los instrumentos jurídicos que al efecto emitan otras dependencias de la Administración Pública Federal (Cfr. Transitorio de Lineamientos). Este es el caso, por ejemplo, de las declaraciones que emite la SAGARPA para el sector agropecuario.

- **Cambio climático**

Es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, artículo 1. definiciones 1992). El fenómeno del cambio climático introduce un elemento de incertidumbre en torno a la planeación de los recursos hidráulicos, ya que se espera que en el futuro se vean afectadas tanto la temperatura como la precipitación en varios puntos del país. Los modelos con los que se cuenta hasta ahora han pronosticado una reducción de la precipitación en el país y un aumento en la temperatura a lo largo del siglo XXI (Montero y Pérez 2008). El aumento en la temperatura puede ocasionar un incremento en la demanda de agua, mientras que la reducción de las precipitaciones puede restringir la cantidad de agua disponible para las ciudades de México. Si bien no se puede conocer con precisión los posibles efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y su consumo, es indispensable tomar en consideración las tendencias y distintos escenarios de los modelos como una variable en la planeación de los recursos hídricos en el largo plazo.

- **Vulnerabilidad**

Vulnerabilidad es definida por la OMS como “el nivel de susceptibilidad de un sistema o de incapacidad para afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los fenómenos extremos” (OMS, 2003). Esto implica que si bien la población de las ciudades se encuentra expuesta a riesgos generados por la variabilidad climática, estos tendrán un impacto en función de la capacidad de las ciudades para hacer frente a estas eventualidades. Una ciudad con un sistema de agua bien desarrollado, en donde hay una cobertura amplia del servicio, en donde la

calidad del agua se monitorea, en donde se conocen las cantidades de agua que se consumen, en donde se aprovechan de manera más eficiente los volúmenes suministrados de agua, que cuenta con mecanismos para incentivar la conservación de agua, en donde el gobierno y los organismos operadores manejan una buena comunicación y cooperación con la población, en donde existe planeación para hacer frente a contingencias climáticas, y en general, donde existe una buena gobernanza del agua, tendrá menos dificultades para enfrentar los efectos de la sequía que en una ciudad en donde no se presentan estas condiciones.

Por ende, la vulnerabilidad se refiere al hecho de que podamos ser sujetos de efectos negativos del cambio climático ya sea como individuos, como miembros de una comunidad, como ciudadanos de un país o como parte de la humanidad en general.

La vulnerabilidad ante la sequía se distribuye en el Organismo de Cuenca Frontera Sur, que comprende los estados de Chiapas y Tabasco, así como dos municipios de Oaxaca, en 8.33% de las cuencas con vulnerabilidad Muy Alta, el 36.11% con vulnerabilidad Alta, el 20.37% con vulnerabilidad Media, el 2.78% con vulnerabilidad Baja y el 32.41% con vulnerabilidad Muy Baja, desatancando con vulnerabilidad Muy alta, la cuenca Laguna Mar Muerto, Tapanatepec, Encajonado y Cintalapa (Figuras 1.1. y 1.2.).

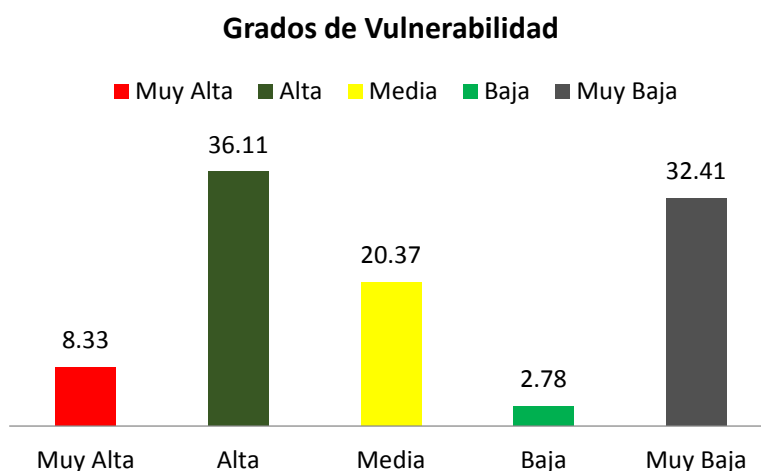
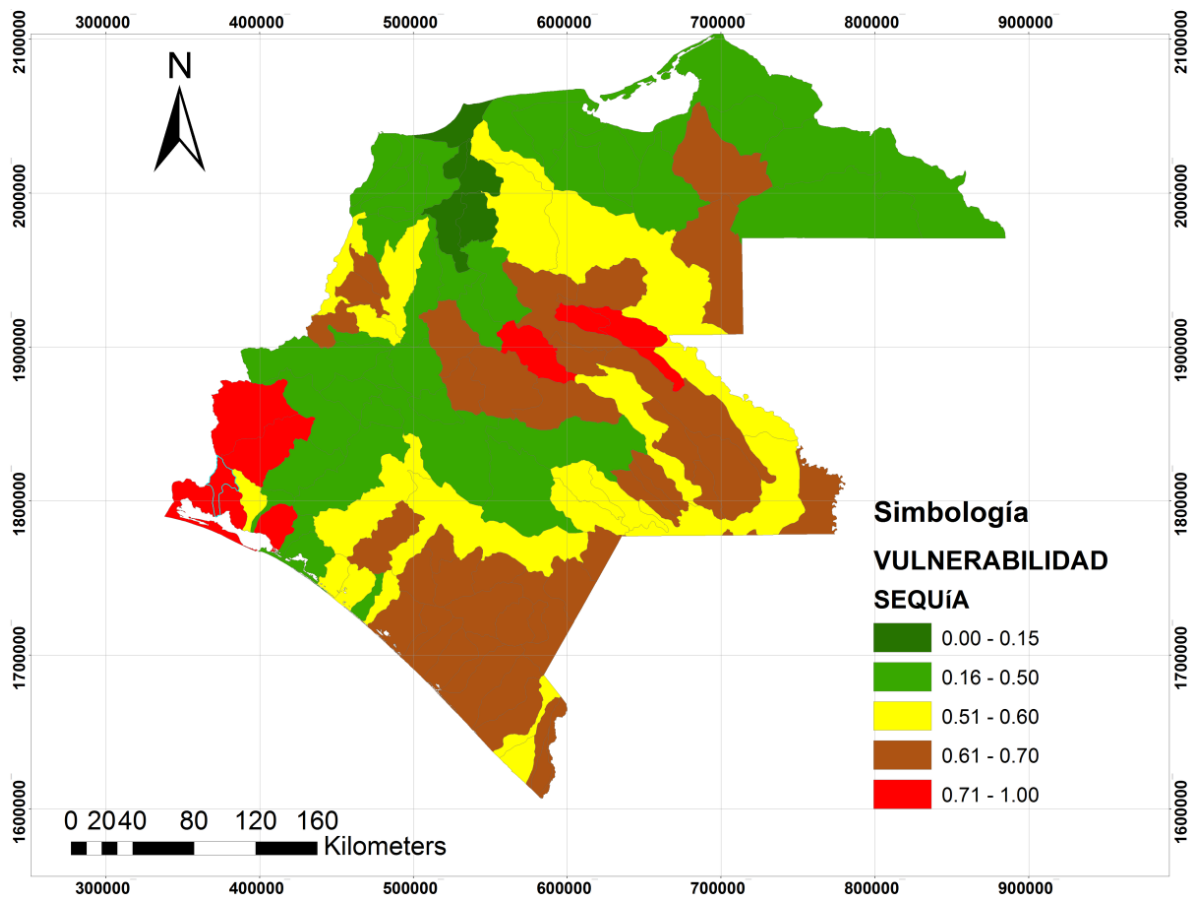


Figura 1.1. Distribución de los grados de Vulnerabilidad ante la sequía.



1. 2. Mapa de vulnerabilidad ante la Sequía.

- **La sequía y las ciudades en México**

De acuerdo con el censo de 2010 alrededor de 87 millones de mexicanos habitan en localidades urbanas equivalente al 78% de la población del país. El sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento de las ciudades está estrechamente vinculado al medio ambiente que lo rodea. Del medio ambiente provienen las fuentes de abastecimiento y al medio ambiente se regresan también las aguas residuales. De este modo, el ciclo urbano del agua es sólo una parte menor del ciclo hidrológico del agua en la naturaleza. Por ello, la sequía impacta directamente en la disponibilidad de agua para las ciudades.

Sin embargo, existen diferencias fundamentales entre las ciudades dependiendo del tipo de fuente de abasto de agua; mientras que unas ciudades se abastecen de aguas

superficiales y pueden observar directamente el volumen de los embalses y almacenamientos y su vinculación con el ciclo hidrológico es más directa, otras se abastecen de fuentes subterráneas donde su volumen y dinámica es más incierta y más distante del ciclo hidrológico estacional.

México ha cubierto ciertas metas importantes en cuanto al abasto y cobertura de agua potable y alcantarillado se refiere. Sin embargo, aún existen profundas diferencias entre los organismos municipales al interior de México. Mientras que algunos municipios son capaces de proveer el servicio de agua potable a casi todos sus habitantes, algunos se encuentran muy lejos de lograrlo, pues aun requieren conectar a grandes segmentos de la población a su red de distribución. Además de las deficiencias en cobertura, los organismos enfrentan otros problemas que dificultan la provisión adecuada de agua potable.

Conforme las localidades crecen, el agua se vuelve relativamente más escasa y costosa, pues debe ser transportada desde lugares más lejanos o extraída del subsuelo mediante sistemas de bombeo eléctrico. Por otra parte, a pesar del crecimiento poblacional y la escasez de recursos hídricos, casi la mitad del agua producida se pierde en los sistemas de distribución debido a las deficiencias de la infraestructura del sistema, o no se contabiliza y factura adecuadamente. Las pérdidas de agua implican otros problemas, tales como la insolvencia financiera de los Organismos Operadores de Agua (OOA), riesgos a la salud por la contaminación del agua potable a través de las fugas, y el deterioro ambiental asociado con la sobreexplotación de los recursos hídricos. Un asunto que empeora esta situación es la baja proporción de recaudación de tarifas, la cual desincentiva su conservación y afecta la sustentabilidad financiera de los OOA.

El déficit de agua que padecen las ciudades durante una sequía no debe ser enfrentado sólo con aumento en la extracción de agua subterránea o superficial, principalmente cuando existen acuíferos sobreexplotados; sino por el contrario, se debe adoptar primeramente estrategias de control y reducción de la demanda. Entre

las principales medidas está la reducción de pérdidas y el incremento de la eficiencia en el manejo del agua.

Esta situación hace que muchos organismos sean más vulnerables a la sequía, pues no cuentan con un funcionamiento regular, lo cual reduce la efectividad de las posibles medidas aplicables en caso de un evento de sequía. En este contexto se busca guiar la elaboración de un documento que permita hacer una evaluación de la vulnerabilidad de los municipios a través de una descripción estadística de las capacidades y deficiencias de los sistemas de agua potable y que una vez identificadas las áreas de oportunidad se prioricen las acciones para reducir la vulnerabilidad en el mediano y largo plazo, lo que permitirá una mayor efectividad de las acciones que se lleven para enfrentar eventos de sequía en el corto plazo.

Capítulo 3. Marco Legal e Institucional de la gestión urbana del agua en la ciudad de Tapachula, Chiapas.

La sequía es un problema que afecta la calidad de vida y las actividades económicas de la población. Debido a su mayor recurrencia y severidad, ha reclamado la atención principalmente del gobierno federal y se está incorporando también a las agendas de los gobiernos estatales y municipales. Puede decirse que, en materia de sequía, México ha pasado de un enfoque reactivo y remedial a un enfoque preventivo y proactivo. Anteriormente, sólo se tomaban acciones *a posteriori* y de manera remedial. La política adoptada por el actual gobierno mexicano es preventiva, proactiva y orientada a reducir la vulnerabilidad y a aumentar la resiliencia.

- **EI PRONACOSE**

En enero de 2013, el Ejecutivo Federal instruyó a la CONAGUA desarrollar el Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE) orientado a la atención,

seguimiento, mitigación y prevención al fenómeno recurrente de la sequía en el territorio nacional. Este programa tiene el objetivo de elaborar y difundir instrumentos que permitan la gestión integrada de los Consejos de Cuenca para enfrentar la sequía. El programa tiene la característica innovadora de que su puesta en práctica incluye la participación un grupo de universidades públicas, centros de investigación y organismos de gobierno, además de especialistas nacionales e internacionales en la materia (Figura 3.1).

El PRONACOSE consta de dos componentes o líneas de acción:

1. **Elaborar los Programas** de medidas para prevenir y enfrentar la sequía a nivel cuenca o grupos de cuenca. Esta línea a su vez incluye:

✚ **Monitoreo.** Desarrollar los indicadores de la condición de la sequía; y publicarlos en la página Internet de la CONAGUA.

✚ **Programas** de medidas para prevenir y enfrentar la sequía a nivel cuenca o grupos de cuenca. Cada uno de los 26 Consejos de Cuenca elaborará su Programa de medidas para prevenir y mitigar la sequía a nivel cuenca y los programas para los usuarios de las aguas nacionales. La CONAGUA brindará apoyo a través de sus 13 Organismos de Cuenca. *Además, aquí también entran los programas para usuarios de agua potable y saneamiento.*

La coordinación de la formulación de los programas se llevará 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 (IMTA).

2.-**Ejecución de acciones** para mitigar sequías existentes. Esta línea incluye la creación de los siguientes comités:

- Un **Comité Interinstitucional para la Atención a la sequía**, conformado por Presidencia, CONAGUA, CONAFOR, ECONOMIA, EDUCACIÓN, ENERGIA, SAGARPA, SALUD, SEDENA, SEDESOL, SEGOB, TURISMO. Este comité dará seguimiento a las acciones que realicen todas las dependencias del Gobierno Federal ante la eventual ocurrencia de una sequía y buscará la convergencia de programas institucionales federales existentes para atención de sequías en las dependencias mencionadas.
- Un **Comité de Expertos**. Este comité tendrá la función de evaluar el avance del Programa Nacional contra la Sequía y emitir recomendaciones.

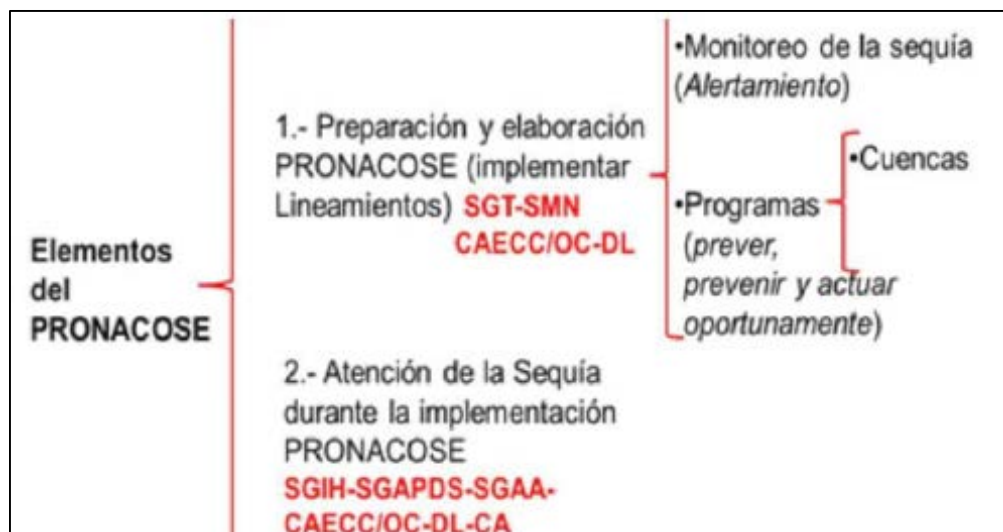


Figura 3.1. Elementos que integran PRONACOSE. Fuente: PRONACOSE, 2013.

- **Programas de Organismos de Cuenca 2013**

Con base en el PRONACOSE en abril de 2013, la SEMARNAT y el IMTA expidieron la Guía para la formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Posteriormente se expidieron también los Programas de cada uno de los 13 Organismos de Cuenca en que está organizada la Comisión Nacional del Agua.

- **Programa Nacional Hídrico 2014-2018**

El Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH, 2014-2018) plantea como el **objetivo número 2**: “Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones”. Este objetivo se define de la siguiente manera: “Se requiere reducir la vulnerabilidad de asentamientos humanos para evitar pérdida de vidas humanas y daños materiales a la infraestructura por efecto de fenómenos hidrometeorológicos extremos.”

Más adelante plantea, “se requiere atender las sequías que afectan la distribución adecuada y oportuna de agua a la población, a la industria y la producción de alimentos”. Se pondrá en marcha un programa diseñado de tal manera que la población esté mejor preparada para afrontarlas, auxiliadas por la autoridad del agua con oportunidad y eficacia. Se actualizarán las políticas de operación de las principales fuentes de abastecimiento, bajo criterios de optimización orientadas a la máxima productividad hídrica y con restricciones para minimizar el impacto de las inundaciones y las sequías.

Para conseguir lo anterior, el PNH 2014-2018 estipula la acción coordinada de los tres órdenes de gobierno y las siguientes estrategias:

- **Estrategia 2.1** Proteger e incrementar la resiliencia de la población y áreas productivas en zonas de riesgo de inundación y/o sequía.
 - 2.1.1 Implementar el Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACH).
 - 2.1.2 Implementar el Programa Nacional Contra las Sequías (PRONACOSE).
 - 2.1.3 Fortalecer o en su caso crear grupos especializados de atención de emergencias capacitados y equipados.
 - 2.1.4 Actualizar las políticas de operación de las presas privilegiando la protección de los centros de población.

- 2.1.6 Fortalecer los sistemas de alerta temprana y las acciones de prevención y mitigación en caso de emergencias por fenómenos hidrometeorológicos.
- 2.1.7 Fomentar la construcción de drenaje pluvial sustentable.
- 2.1.8 Realizar acciones de restauración hidrológica ambiental en cuencas hidrográficas prioritarias.

- **Estrategia 2.2 Reducir la vulnerabilidad** a los efectos del cambio climático o variabilidad climática.
- 2.2.1 Incrementar la participación y corresponsabilidad de estados y municipios para acciones de adaptación frente al cambio climático o variabilidad climática.
- 2.2.2 Crear o fortalecer fondos financieros para la adaptación al cambio climático y para el mantenimiento y rehabilitación de infraestructura hidráulica.
- 2.2.3 Incrementar el intercambio de información con instancias nacionales e internacionales.

Para complementar estas estratégicas específicas, el PNH 2014-2018, plantea además estrategias transversales y líneas de acción generales en las que se habla de la coordinación interinstitucional e intergubernamental y la creación de sistemas conjuntos de información, la rendición de cuentas y la participación de la sociedad civil en todas las acciones.

- **Marco legal e institucional estatal y municipal**

Además de la legislación anterior, para la formulación de los PMPMS para agua potable y saneamiento doméstico y urbano, se requiere tener en cuenta la legislación estatal y municipal, así los programas específicos que tengan que ver con el tema de la sequía. En el marco legal y los programas locales en materia de sequía, están los siguientes:

- Ley estatal de Protección Civil
- Sistemas Estatales y Municipales de Protección Civil
- Atlas de Riesgo
- Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático

La gran mayoría de las entidades federativas tiene legislación y entidades relacionadas con la protección civil. Aunque éstas están relacionadas principalmente con huracanes, terremotos e inundaciones es decir eventos de una escala de tiempo menor, con mucha frecuencia contienen también lineamientos y previsiones relacionadas con la sequía que conviene tomar en cuenta.

A este respecto, hay que tener en cuenta la estructura institucional creada en torno a la protección civil y que está muy relacionada también con la prevención de la sequía.

Capítulo 4. Descripción general del Municipio de Tapachula de Córdoba y Ordoñez, Chiapas

4.1. Ubicación y Población

El municipio de Tapachula de Córdoba y Ordoñez, ocupa parte de la Sierra Madre y parte de la Llanura Costera del Pacífico, presentando un relieve muy variado. Sus

coordenadas geográficas son 14° 54' N y 92° 16' W. Limita al norte con el municipio de Motozintla, al noroeste con la República de Guatemala, al este con los municipios de Cacahoatán, Tuxtla Chico, Frontera Hidalgo y Suchiate, al oeste con Tuzantán y Huehuetán y Mazatán y al sur con el océano Pacífico.

Se encuentra en la Región del Soconusco, ubicada en la Costa Sur del Estado de Chiapas, limita al norte con Motozintla, al este con Cacahoatán, Tuxtla Chico, Frontera Hidalgo y Suchiate, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Huehuetán, Tuzantán y Mazatán. Su extensión territorial es de 303 km², que equivale al 0.04% de la superficie total del estado. Su altitud es de 170 msnm.

Por su ubicación geográfica, la región presenta una combinación adecuada de lluvias y desniveles geológicos, sin embargo se encuentra expuesta a huracanes, ciclones, depresión y tormentas tropicales que se generan en el océano pacífico (INEGI, 2010).

En el 2010 según estadísticas del INEGI, contaba con 320, 451 habitantes 154, 221 eran hombres y 166, 230 mujeres, además el municipio tiene una superficie de 93,615 ha a una altitud media de 171 msnm.

De la Población Económicamente Activa del Municipio el 18.03% se dedica a labores agropecuarias, 16.48% en la industria de la transformación y el 62.67% se emplea en actividades relacionadas con el comercio o la oferta de servicios. De las principales actividades se tiene: Agricultura, industria ligera, comercio transfronterizo. La actividad pesquera también es representativa en la captura de atún 34 mil toneladas, comercializadas por la empresa Herdez.

Tabla 4. 1.Censo de la Población y Vivienda 2010, Fuente INEGI.

Volumen poblacional y sexo	Nacional	Estado de Chiapas	Municipio de Tapachula
Total de habitantes	112, 336, 538	4, 796, 580	351, 165
Total de población masculina	169, 022	2, 352, 807	169, 022
Total población femenina	57, 481, 307	2, 443, 773	182, 143

Tabla 4. 2. Panorama sociodemográfico, Fuente INEGI 2010.

Tasa	Nacional	Estado de Chiapas
Tasa Media de Crecimiento Anual, 2000-2010 *	1.4	2.0
Tasa Global de Fecundidad **	2.1	2.3
Tasa de mortalidad***	5.1	4.4

4.2. Clima

Los climas existentes en el municipio de Tapachula son los siguientes (Figura 4.1):

- Am, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, que abarca el 41,07% de la superficie municipal.
- A (w1), cálido subhúmedo con lluvias en el verano, de mediana humedad, que abarca el 31,64% de la superficie municipal.
- A (w2), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, que abarca el 17,66% de la superficie municipal.

- ACm, semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, que abarca el 4,45% de la superficie municipal.
- C(m), templado con abundantes lluvias en verano, que abarca el 5.18% de la superficie municipal.

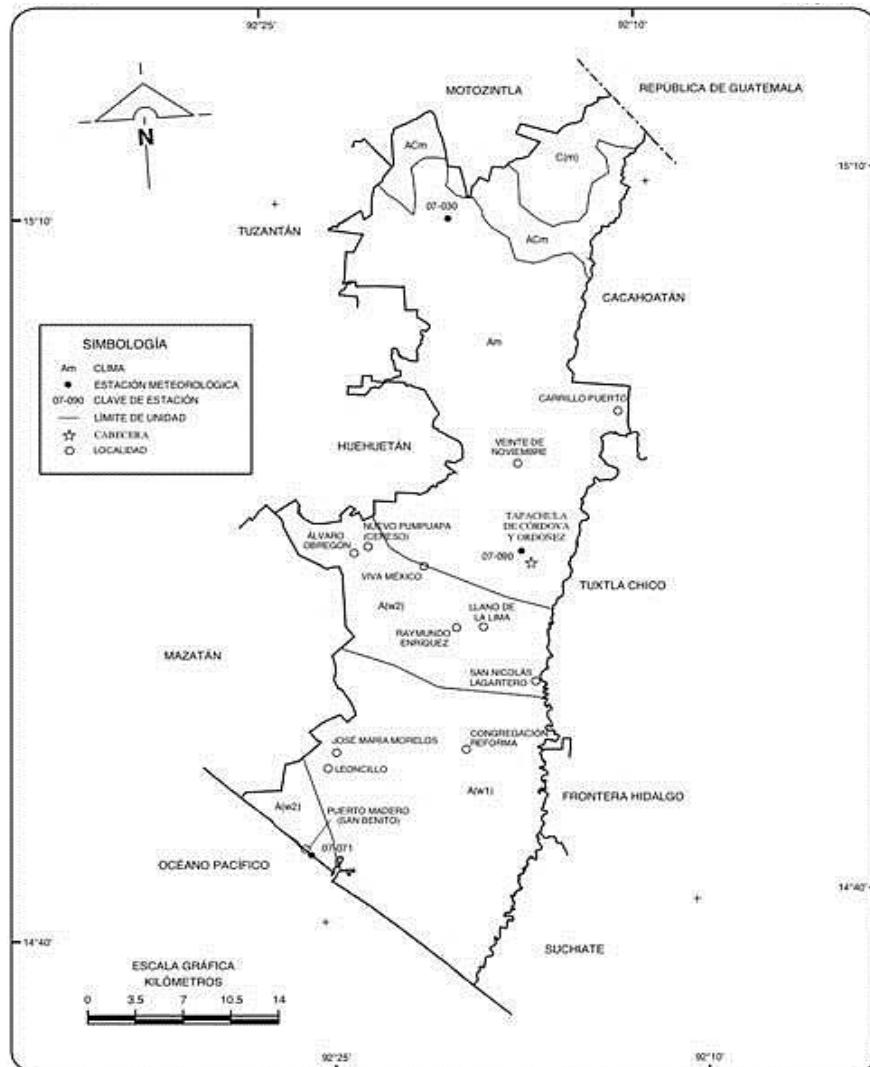


Figura 4.1. Climas existentes en el municipio de Tapachula. INEGI

4.3. Fisiografía

La superficie municipal se caracteriza por su diversidad que va desde las planicies a nivel del mar hasta elevaciones de 2,600 msnm., en los cerros el Tochmay y el Siete Orejas. El Cerro San Pedro se localiza a 2,100 msnm y el Cerro San Cristóbal a 1,700 msnm. La ciudad de Tapachula está asentada en una zona semiplana, con algunos

barrancos y lomeríos con una pendiente promedio del 1.6%. Las principales elevaciones dentro del municipio de Tapachula son las siguientes:

- Volcán Tacaná a 4,092 msnm
- Cerro Siete Orejas a 2,680 msnm
- Cerro Caballete a 1,940 msnm
- Cerro Tochmay a 2,680 msnm
- Cerro Las Tenazas a 1,960 msnm
- Cerro Chespal Viejo a 1,840 msnm
- Cerro San Cristóbal a 1,700 msnm

4.4. Vegetación

En el municipio existen diferentes tipos de vegetación: *Selva baja, mediana, bosque de encino-pino y páramo de altura.*

Vegetación de los páramos de altura: Constituida principalmente por plantas bajas que se levantan pocos centímetros arriba del suelo y tienen con frecuencia porte cespitoso o arrosetado (rosulifolios herbáceos inermes), como *Arenartabryoides*, *Draba popocatepetlensis*, etc. Parte de la vegetación está constituida por gramíneas de los géneros *Muhlenbergia*, *Trisetum*, *Calamagrostis*, *Poa* y *Agrostis*.

Selva mediana o baja perennifolia: Es muy densa. Se encuentra en las regiones elevadas (1,200 a 2,500 m.) de las serranías, en declives abruptos del Golfo o del Pacífico, y tiene en consecuencia poca extensión. Se desarrolla en clima fresco (temperatura media anual por debajo de 18° C), con escasa oscilación térmica, muy húmedo (precipitación anual media por encima de los 1,500 mm.), de temporada seca corta o nula y con nieblas muy frecuentes. Los árboles más abundantes pertenecen a géneros como *Billia*, *Clusia*, *Engelhardtia*, *Meliosma*, *Oreopanax*, *Podocarpus*, *Saurauia*, *Styrax*, *Symplocos*, *Weinmannia*, etc.

Cuando se talan diversos tipos de selva de lugares húmedos, se origina una vegetación secundaria, cuya altura varía según el tiempo transcurrido desde la tala. Al principio se forman matorrales perennifolios, pero con el tiempo pasan a selvas secundarias, que cuando son suficientemente altas, se confunden con las selvas primarias a las que sustituyen. En el sureste estas agrupaciones secundarias llevan en general el nombre de acahuales, y se distinguen en bajos, medianos o altos, según su altura o lo que es lo mismo, su edad. La reversión a la selva primaria puede realizarse con suficiente tiempo si la alteración no ha sido muy profunda y si las causas de destrucción cesan de actuar.

4.5. Fauna

El municipio presenta una gran diversidad de hábitats por lo que existe una gran variedad de especies, muchas de ellas consideradas como rara, amenazadas o en peligro de extinción. Entre las especies que destacan, en el grupo de reptiles más importantes están: la mazacuata (*Boa constrictor*); caimán o pululo (*caimán crocodiluschiapensis*); cocodrilo de río (*Crocodylusacutus*); iguana de ribera (Iguana iguana); tortuga casquito (*Kinosternuncrentatum*); tortuga parlama (*Cheloniamydas*); tortuga laúd (*Dermodochelyscoriacea*); tortuga carey (*Eretmochlysimbricata*); tortuga prieta (*Cheloniaagassizi*) y tortuga golfina (*Lepidochelyesolivacea*).

En cuanto a las aves, las más importantes por encontrarse en peligro de extinción son las siguientes: La gallareta (*Fulica americana*); garza ganchuda (*Eudocimusalbus*); garza espátula (*Aiaiaaiaia*) gavián caracolero (*Rosthramus sociabilis*); águila cangrejera (*Ruteogallusanthracinus*); águila pescadora (*Pandionhaliaetus*) y el pato collajero (*Anasplatyrhynchos*)

Entre los mamíferos destacan el jaguar (*pantheraonca*), el ocelote (*Leoparduspardalis*), leoncillo (*Puma yagouaroundsi*), mico de noche

(*Aotuslemorinus*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), venado cola blanca (*Odocoileusvirginianus*), entre otros.

Las principales especies acuáticas son, el camarón café (*Renneoscalifornicus*); camarón blanco (*R vannamei*); camarón azul, también se halla en peligro de extinción el peje lagarto. De los peces sobresalen el bagre, jurel y róbalo. La extensión que corresponde a Tapachula dentro de la Reserva Ecológica "La Encrucijada" se localiza en la laguna de Cabildos y sus inmediaciones.

4.6. Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo con la CONABIO (2004), Chiapas es uno de los estados con mayor biodiversidad a nivel nacional. Asimismo, es una región donde los núcleos agrarios (ejidos y comunidades) muchos de ellos predominantemente indígenas, se sobreponen con zonas importantes para la conservación de los recursos naturales y la provisión de servicios ambientales. Así, podemos decir que Chiapas es un estado con gran diversidad biológica y cultural, importante nacional e internacionalmente.

La propiedad social, representada por ejidos y comunidades, constituye el 47% del territorio estatal. Esto incluye a 2,474 ejidos y comunidades con una superficie total de 3,425,714 hectáreas. Chiapas es una de las cuatro entidades del país con mayor superficie protegida de México, tiene 50 Áreas Naturales Protegidas federales y estatales (ANP). El municipio cuenta con 4,920.07 hectáreas de áreas naturales protegidas, que representan el 14.51 por ciento de la superficie municipal y 0.3 del territorio estatal.

Chiapas cuenta con una vasta diversidad territorial, ecológica y cultural. Es una de las entidades con mayor diversidad y riqueza de recursos naturales en el planeta. Posee siete de los nueve ecosistemas más representativos en el país y 46 Áreas Naturales Protegidas. En este sentido, en la región existen tres reservas ecológicas:

- Cabildo-Amatal

- El Gancho-Murillo
- Volcán Tacaná

La Reserva de la Biósfera Volcán Tacaná también conocida como la Casa del Fuego se ubica a poco más de 57 km de la ciudad de Tapachula, esta reserva constituye el punto más elevado del estado de Chiapas, más de 4,100 msnm, dividido a la mitad por la línea que delimita a México de Guatemala y que pasa exactamente por su cima.

El volcán Tacaná es parte y el único representante en México de la cadena volcánica del Núcleo Centroamericano, siendo ésta el hábitat de un conjunto de ecosistemas frágiles que contienen una gran riqueza de especies de flora y fauna silvestres de relevancia biológica, económica, científica y cultural, su rica biodiversidad y alto endemismo se manifiesta especialmente en los ecosistemas y paisajes de alta montaña y en el edificio volcánico que presenta rasgos geofísicos de gran valor científico y estético representativos de los ambientes húmedos de origen andino que se encuentran en México (CEIEG, 2014).

4. 3. Áreas Naturales Protegidas, Tapachula. Fuente: CEIEG (Comité Estatal de Información Estadística y Geografía).

Nombre	Categoría	Municipio	Superficie total (km)
El Gancho Murillo	Zona de protección ecológica	Tapachula	72.84
El Cabildo-Amatal	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Tapachula	36.1
Volcán Tacana	Reserva de la Biosfera	Tapachula	63.78

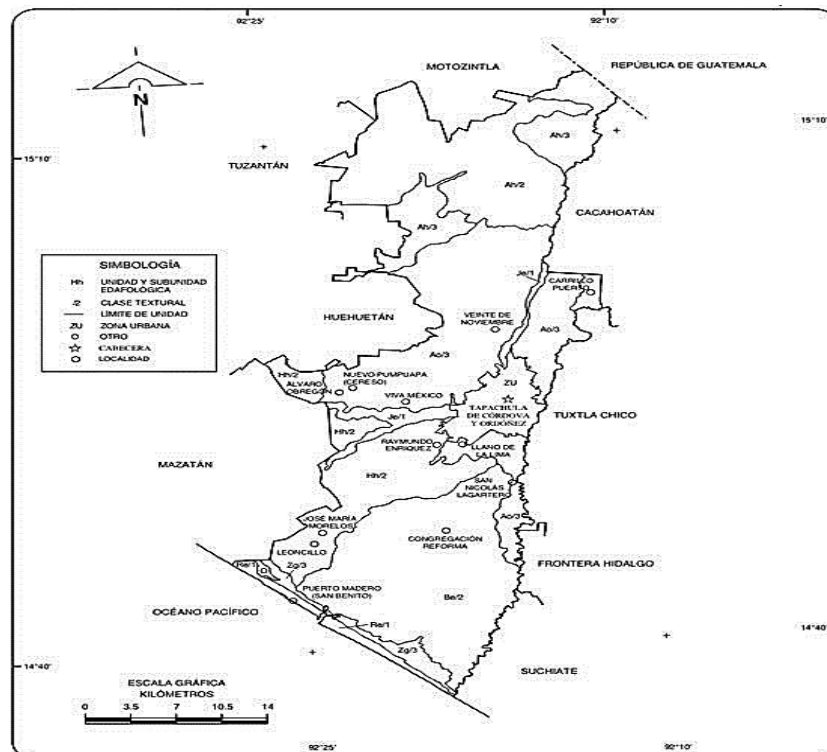
4.7. Uso del Suelo

El aprovechamiento de la superficie del territorio del municipio es de la siguiente manera: agricultura de temporal con el 65.20%; pastizal cultivado con el 17.61%; Agricultura de riego con el 3.54% y la zona urbana que ocupa el 2.63% de la

superficie municipal. Los tipos de suelos presentes en el municipio son: acrisol con el 52.75%; cambisol con el 25.83%; feozem con el 13.55%; fluvisol con el 3.11%; solonchak con el 1.97%; regosol con el 1.14%; andosol con el 0.78%; zona urbana con el 0.64% y cuerpos de agua que ocupa el 0.16% de la superficie municipal.

4.8. Geología

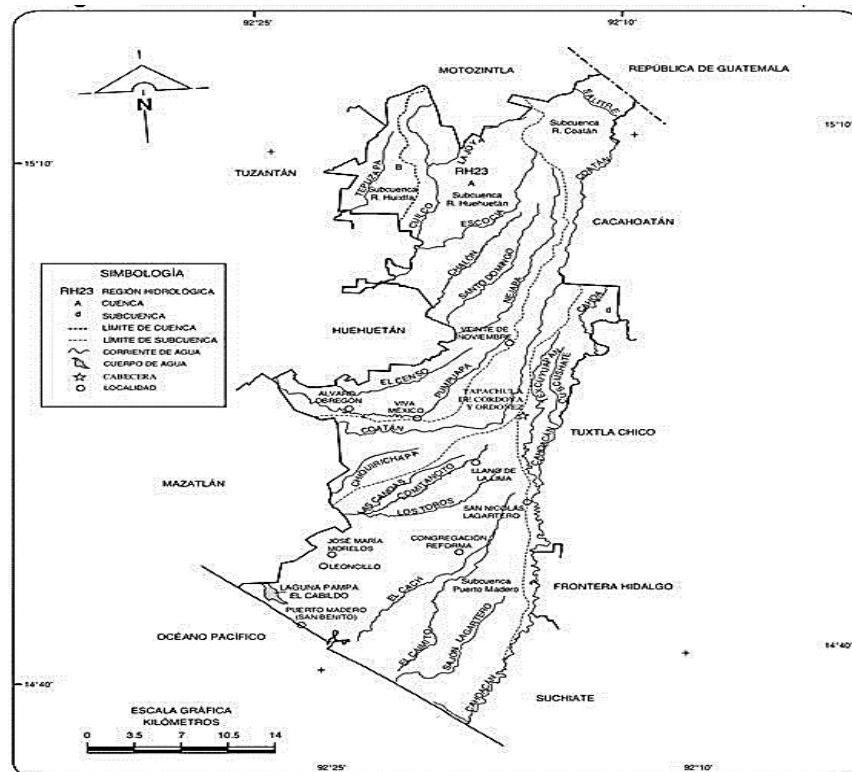
Las características geomorfológicas del municipio corresponden a suelos del cuaternario y del paleozoico. Los tipos de suelos que predominan son el planosol, regozol (suelos de textura gruesa con menos del 15% de arcilla); solonchak; luvisol (representan texturas muy finas, muy lavados, de drenaje moderado a lento, considerados ricos en materia orgánica y poco permeables); cambisol (son texturas muy finas, pobres en materia orgánica, colores claros, permeables y tienen un horizonte "A" pálido y sombrío con un horizonte "B" cámbrico, el cual tiene una situación de bases del 50% o mayor) y litosol (Figura 4.2).



4.2. Geología del municipio. Fuente: INEGI

4.9. Hidrología

Tapachula de Córdova y Ordoñez pertenece a la región hidrológica No. 23 Costa de Chiapas con presencia de acuíferos que alcanzan volúmenes máximos de agua de 80 litros por segundo, siendo los más altos del Estado de Chiapas. Las corrientes de agua de mayor importancia se localizan en la porción Norte del municipio, éstas son: Coatán, la Joya, Escocia, Nextapa, Santo Domingo y Cuiculco. La ciudad es atravesada por tres ríos y un canal con rumbo norte-sur de la ciudad: El río Coatán con 11.5 Km.; el río Manga de Clavo o Tripillo con 4.5 Km. Y el canal conocido como el Coatancillo de 7.6 Km. Los principales recursos hidrológicos son: Huehuetán, Coatán y Cuilco. Otras corrientes dentro del municipio son: Pumpuapa, Cahoacán, Texcuyuapam, Nejapa, El Caimito, Juan Manuel, Chalón, Toros, San Juan Lagartero, Cuscuchate, Madronal, Cahoa, El Censo, Salitre y Cahua (4.3.).



4.3. Hidrografía del municipio. INEGI.

4.10. Agricultura y Ganadería

Los principales cultivos son: Café, Plátano, Cacao, Mango, Sorgo, caña de Azúcar y Soja. El ganado vacuno es la principal actividad pecuaria en la zona.

Capítulo 5. Información climática

Para la caracterización histórica de la sequía se utilizó el **Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés)**. El SPI fue desarrollado por Edwards y McKee (1997), está basada en la función Gamma (la cual es más acorde con la distribución de la lluvia) y representa el número de desviaciones estándar que cada registro de precipitación se desvía del promedio histórico. Como la precipitación acumulada no se distribuye de acuerdo a una distribución normal, se define una función de la precipitación que una vez tipificada se ajusta a una distribución de este tipo. A cada valor de la precipitación acumulada se le asigna un valor de la función y se determina la probabilidad de ocurrencia de esta función que coincide con la probabilidad de precipitación (SPI del dato de precipitación acumulada). El valor del SPI representa la probabilidad de ocurrencia de una determinada precipitación acumulada. No es otra cosa que el número de veces que un valor concreto de la precipitación acumulada en un periodo temporal se separa de la media de la serie, medido en unidades de desviación típica. Dependiendo de los valores que se obtengan del SPI, la sequía puede categorizarse como: extremadamente húmedo, muy húmedo, moderadamente húmedo, condiciones normales, sequía moderada, sequía severa o sequía extrema.

El SPI, es un índice que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía, los valores que adquiere representan la condición hídrica actual respecto a la serie histórica, registros de precipitación superiores al promedio histórico del mes

correspondiente, darán valores del SPI positivos, esto representa condiciones de humedad; registros de precipitación inferiores al promedio histórico del mes correspondiente, arrojarán valores del SPI negativos, lo cual indica una intensidad en el déficit de humedad. El SPI se clasifica en categorías, según la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Categorías SPI

2 y Más	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Condiciones normales
-1 a -1.49	Sequía moderada
-1.5 a -1.99	Sequía severa
-2 y Menos	Sequía extrema

El SPI se calcula a partir de los datos de precipitación acumulada mensual de una serie de datos suficientemente larga, para esto se utilizó el método empleado por la Organización Meteorológica Mundial (Colorado Climate Center, 2012), el cual recomienda que el análisis se haga para las estaciones con más de 20 años de registros, el cual permite hacer los análisis con base en varios periodos de tiempo, en este caso, se elaboró para 3, 6, 9 y 12, meses.

Para la caracterización de la sequía histórica con el método del SPI, se utilizaron cuatro periodos de agregación: Enero-Marzo (SPI-3), Enero-Junio (SPI-6), Enero-Septiembre (SPI-9) y Enero-Diciembre (SPI-12). Se realizó la estimación del SPI para las estaciones dentro de las subcuencas a las que pertenece la ciudad de Tapachula. En total se analizaron 3 estaciones climatológicas, y se estimó para cada una de estas, la cantidad de eventos históricos en las fases o categorías de sequía siguientes: sequía moderada, sequía severa y sequía extrema. A continuación se enlistan las estaciones climatológicas analizadas.

Tabla 5.2 Estaciones climatológicas analizadas para el municipio de Tapachula.

Estación Climatológica	Periodo Calculado
Finca Argovia	1983 - 2011

Malpaso I	1972 - 2009
Cacahoatán	1988 - 2008

Las estaciones climatológicas analizadas cumplen con el periodo de estudio (20 años mínimos). De las estaciones anteriores se completaron los datos diarios faltantes con el método llamado inverso de la distancia (Campos Aranda, 1998). Una vez completados los datos diarios faltantes se obtuvo la lluvia mensual para cada una de las estaciones, y se realiza la estimación de datos mensuales faltantes para aquellas estaciones que así lo requerían. El método utilizado para estimar datos faltantes mensuales fue el Método Racional Deductivo (Campos Aranda, 1998). El método permite estimar los registros mensuales faltantes (como máximo once), apoyándose en la información que brindan los datos mensuales de los años completos de la estación en análisis. Completada las estaciones climatológicas con todos los datos de precipitación (datos medidos y estimados faltantes) se procedió a estimar el SPI para cada una de las estaciones, como se muestra en las figuras siguientes.



Figura 5.1. Estaciones climatológicas analizadas para el municipio de Tapachula.

Finca Argovia

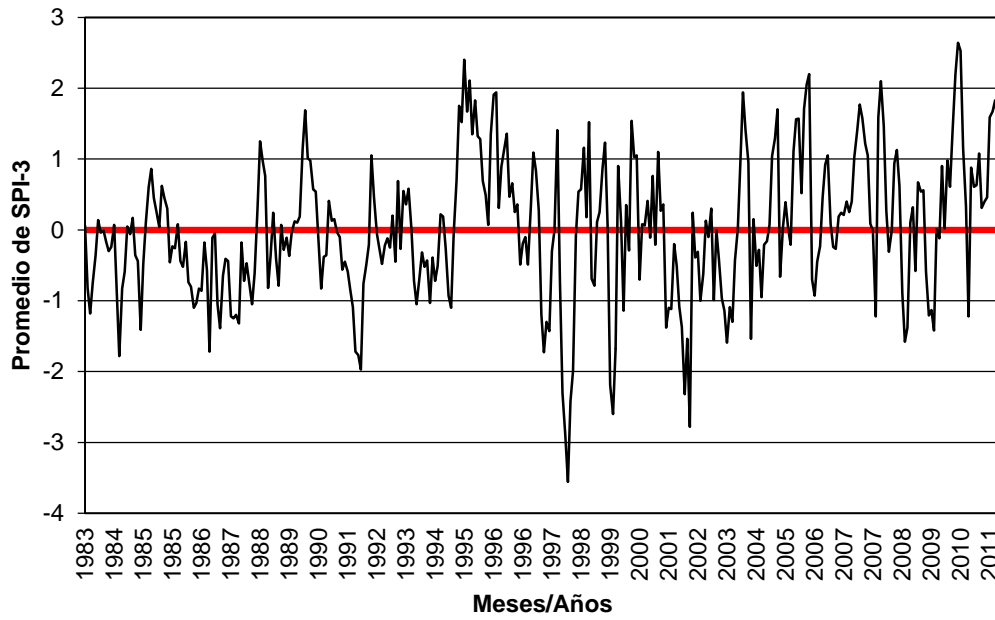


Figura 5.2 Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.

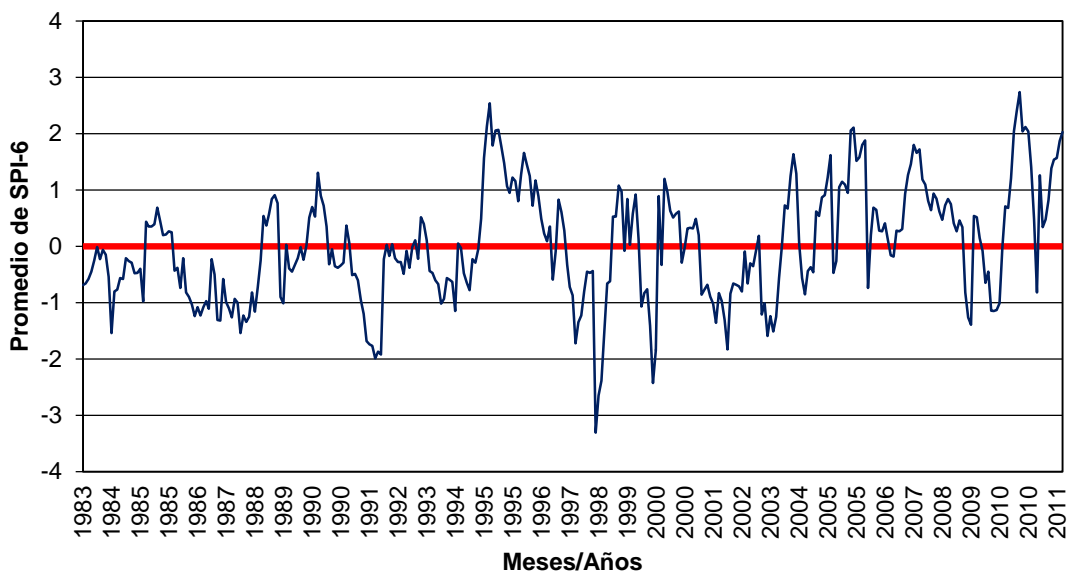


Figura 5.3 Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.

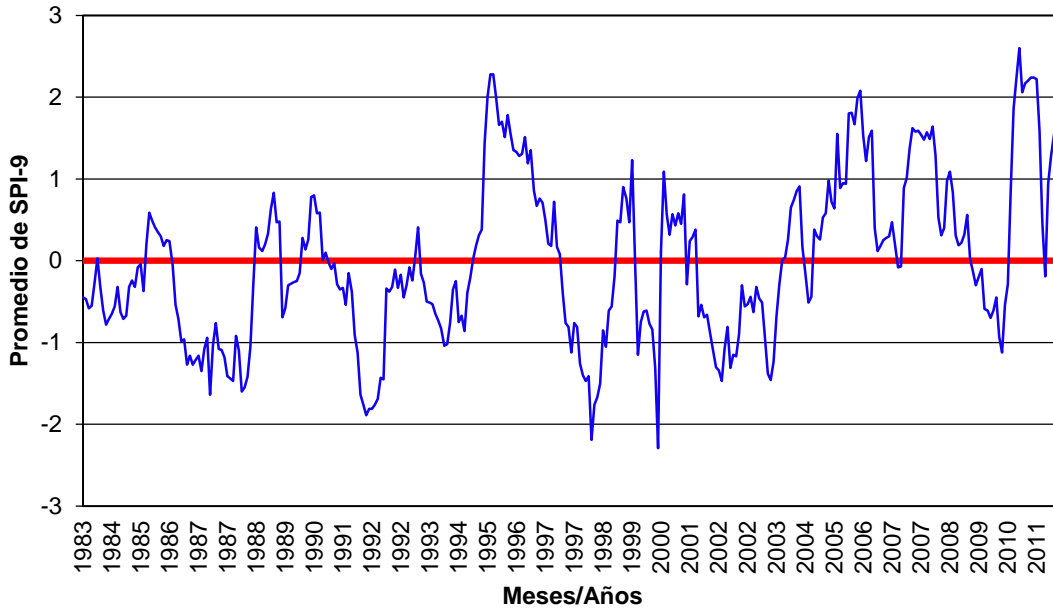
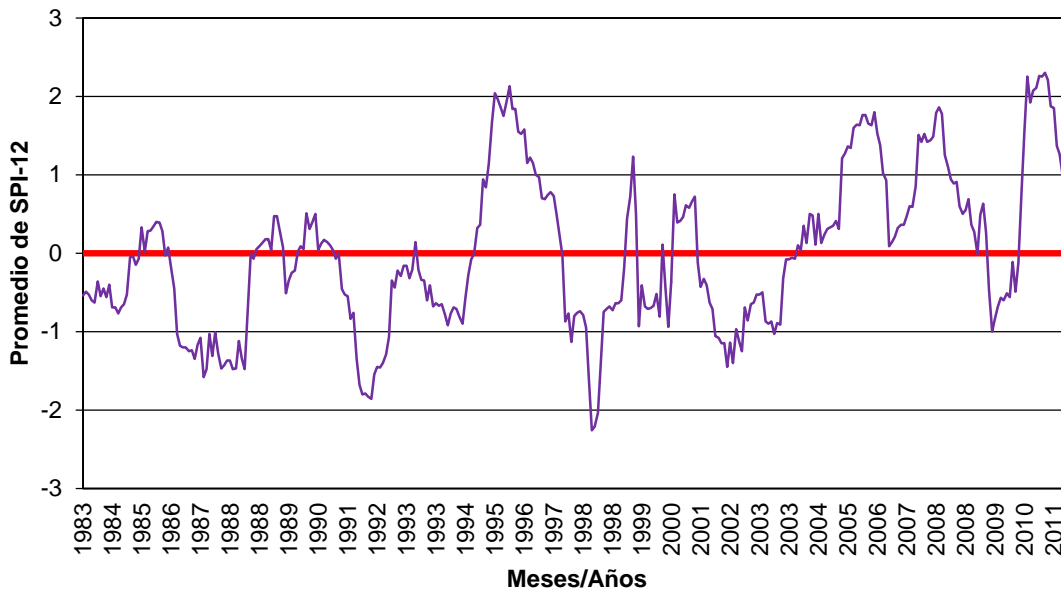


Figura 5.4. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.



Figurar 5.5. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.

Tabla 5.3. Eventos históricos del SPI de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.

Valor del SPI			Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2	y	Mas	Extremadamente húmedo	8	13	12	9
1.5	a	1.99	Muy húmedo	21	16	27	31

1	a	1.49	Moderadamente húmedo	32	25	17	21
-0.99	a	0.99	Condiciones normales	230	234	227	223
-1	a	-1.49	Sequía moderada	35	37	42	42
-1.5	a	-1.99	Sequía severa	12	14	13	8
-2	y	Menos	Sequía extrema	8	4	2	3
				346	343	340	337

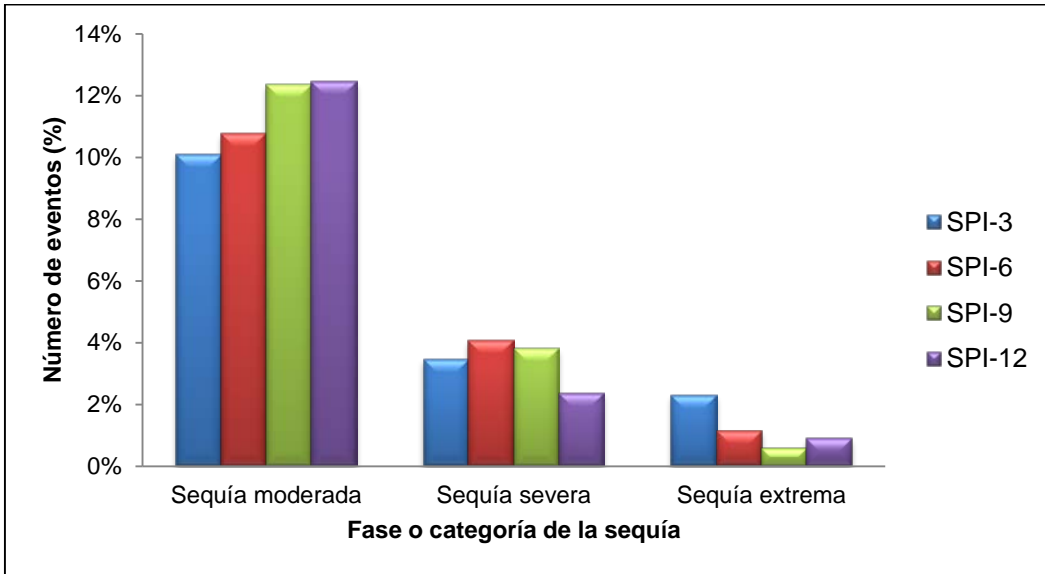


Figura 5.6. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.

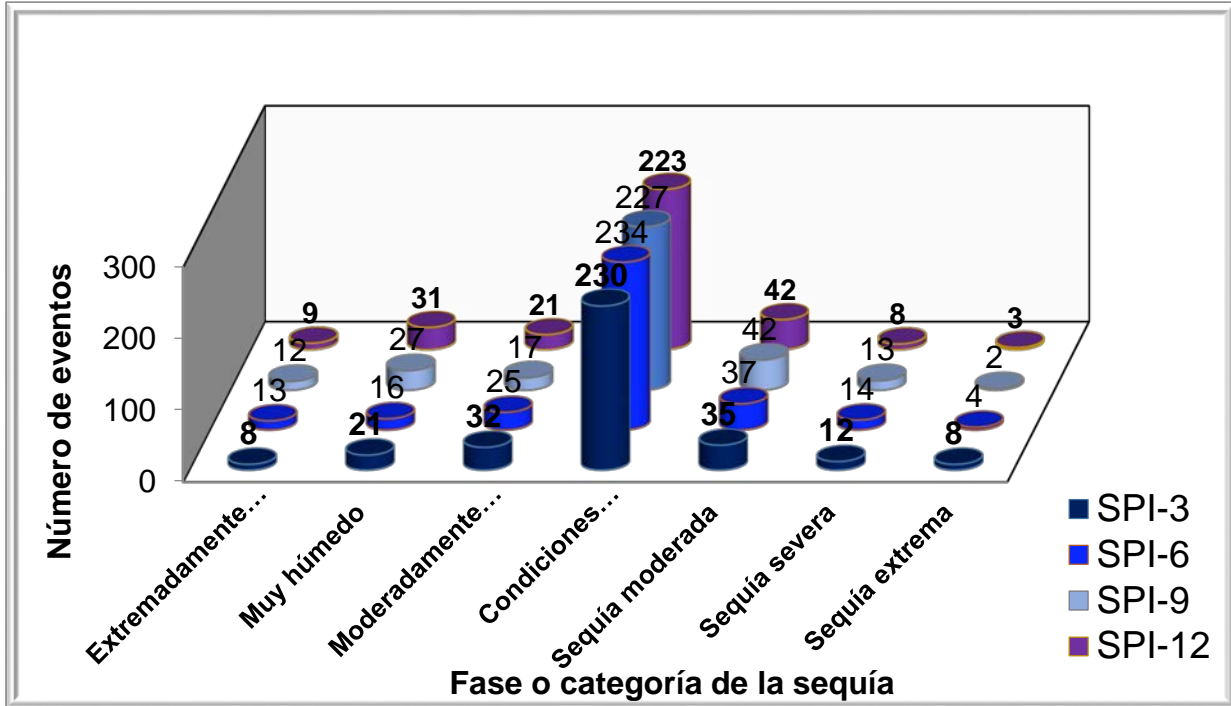


Figura 5.7. Eventos históricos del SPI de la estación Finca Argovia, para el municipio de Tapachula.

Malpaso I

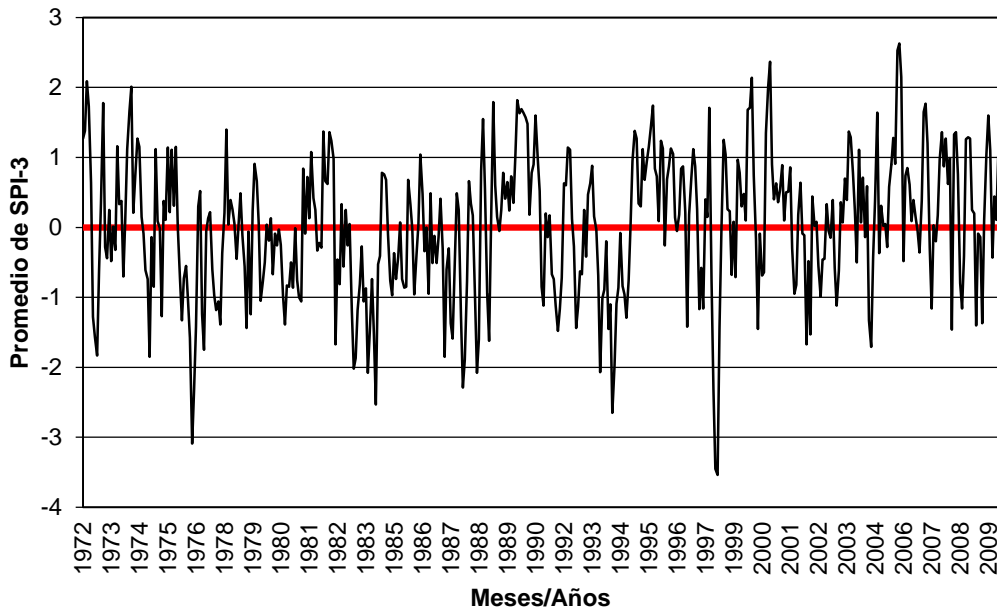


Figura 5.8. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.

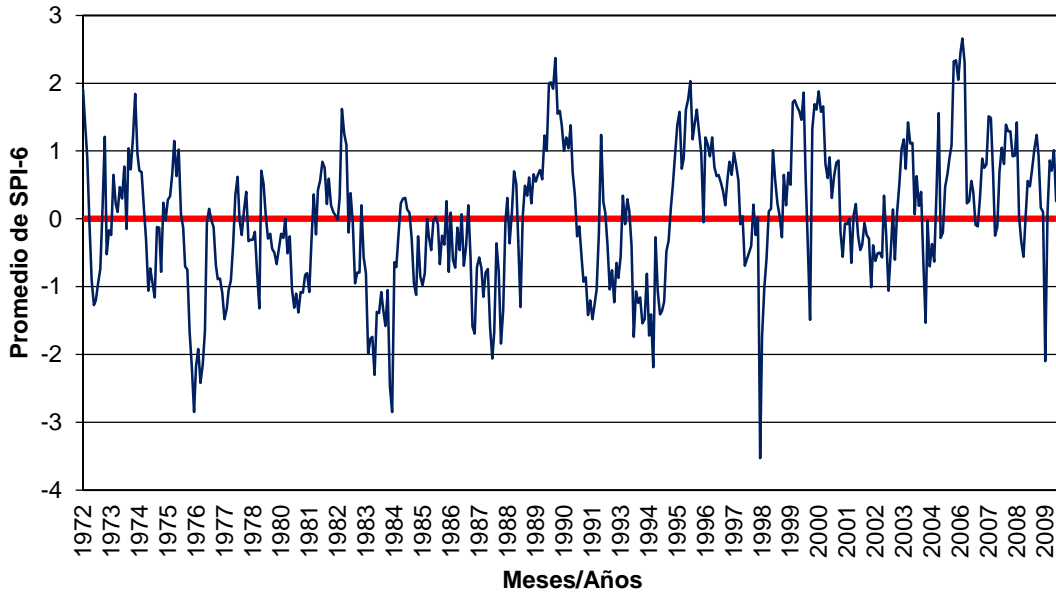


Figura 5.9. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.

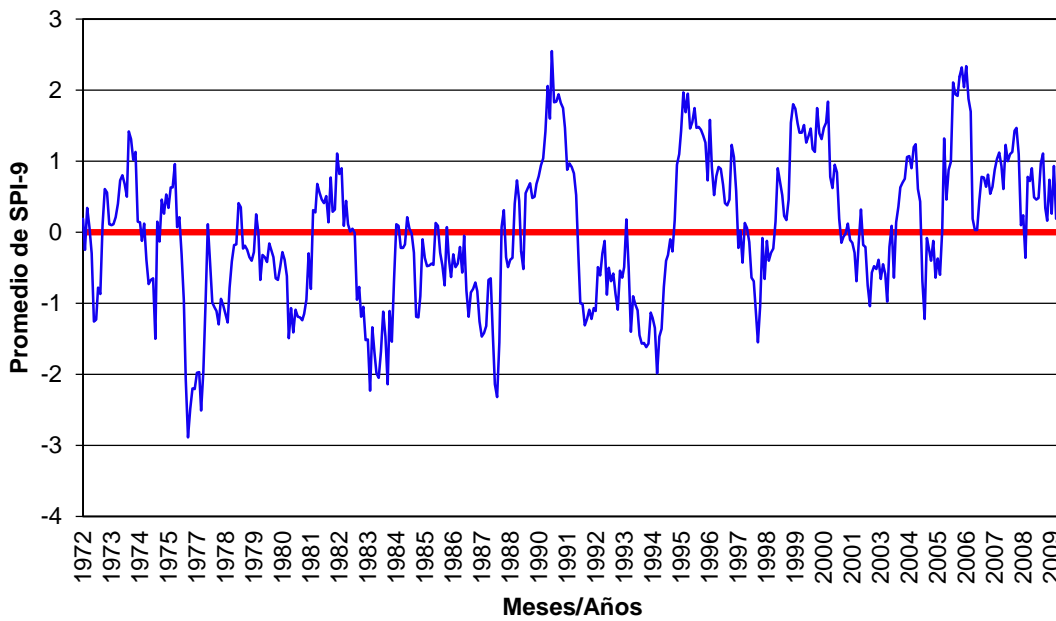


Figura 5.10 Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.

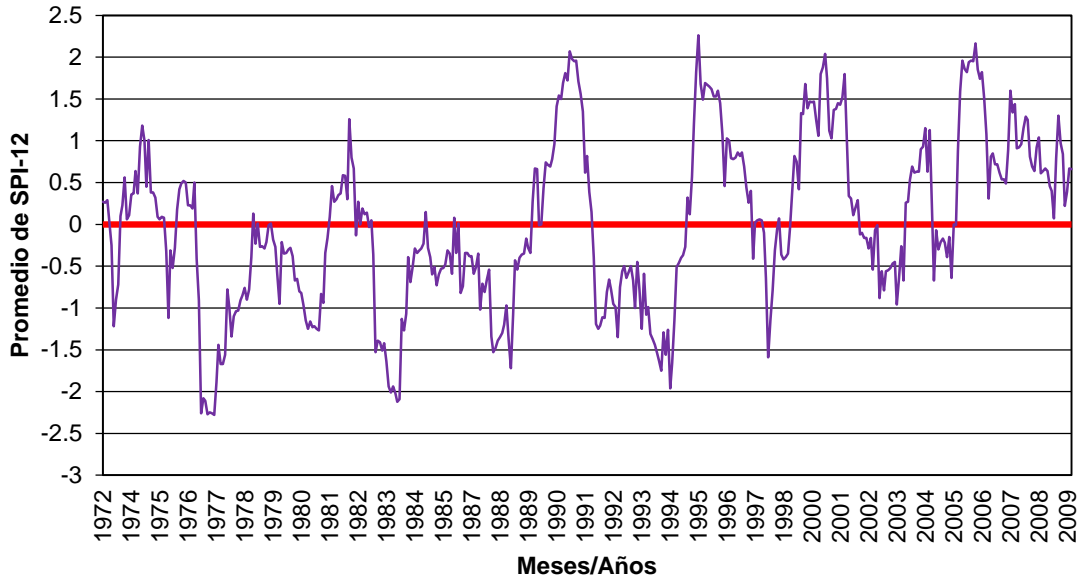


Figura 5.11. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Malpasos I, para el municipio de Tapachula.

Tabla 5.4. Eventos históricos del SPI de la estación Malpasos I, para el municipio de Tapachula.

Valor del SPI			Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2	y	Más	Extremadamente húmedo	8	10	7	4
1.5	a	1.99	Muy húmedo	19	22	24	37
1	a	1.49	Moderadamente húmedo	48	42	43	37
-0.99	a	0.99	Condiciones normales	304	303	293	290
-1	a	-1.49	Sequía moderada	45	44	52	48
-1.5	a	-1.99	Sequía severa	18	18	18	18
-2	y	Menos	Sequía extrema	12	12	11	11
				454	451	448	445

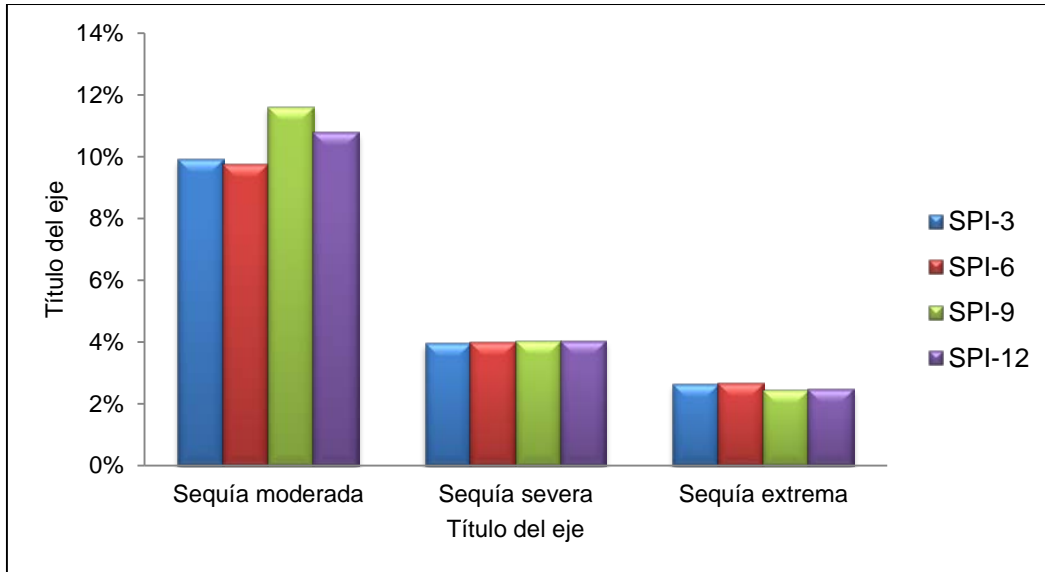


Figura 5.12. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.

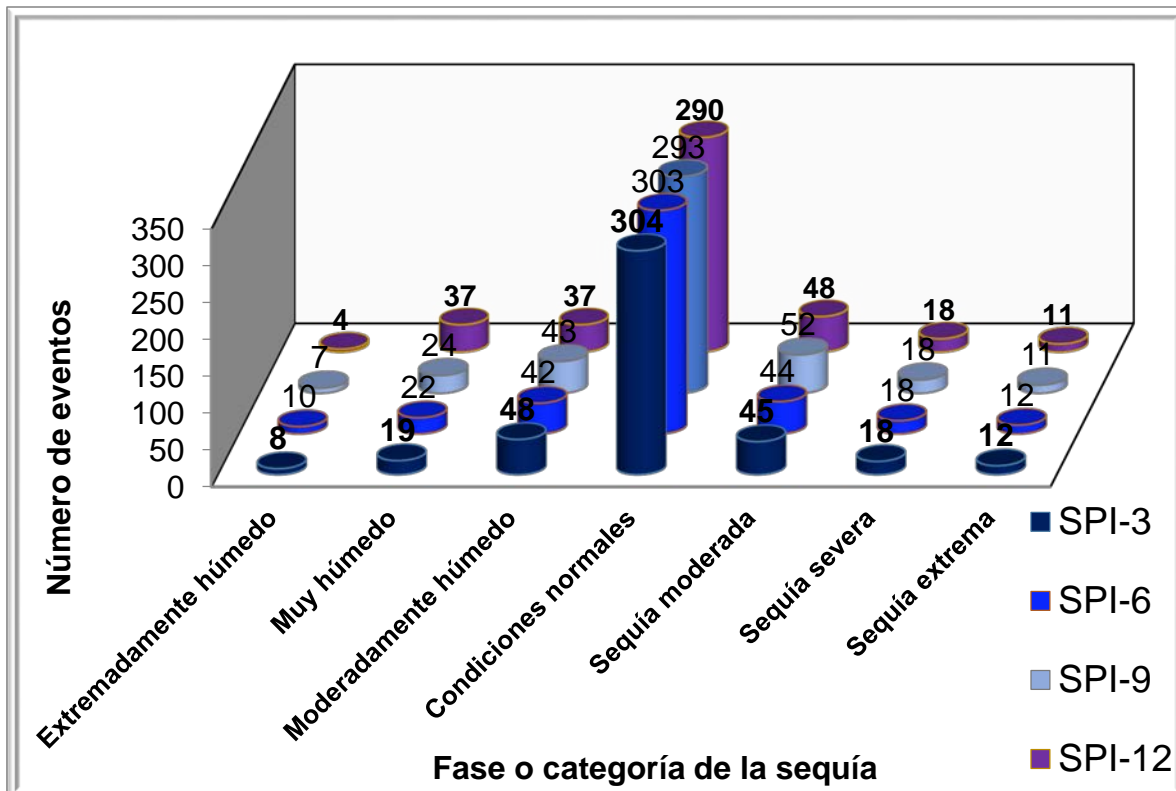


Figura 5.13. Eventos históricos del SPI de la estación Malpaso I, para el municipio de Tapachula.

Cacahoatán

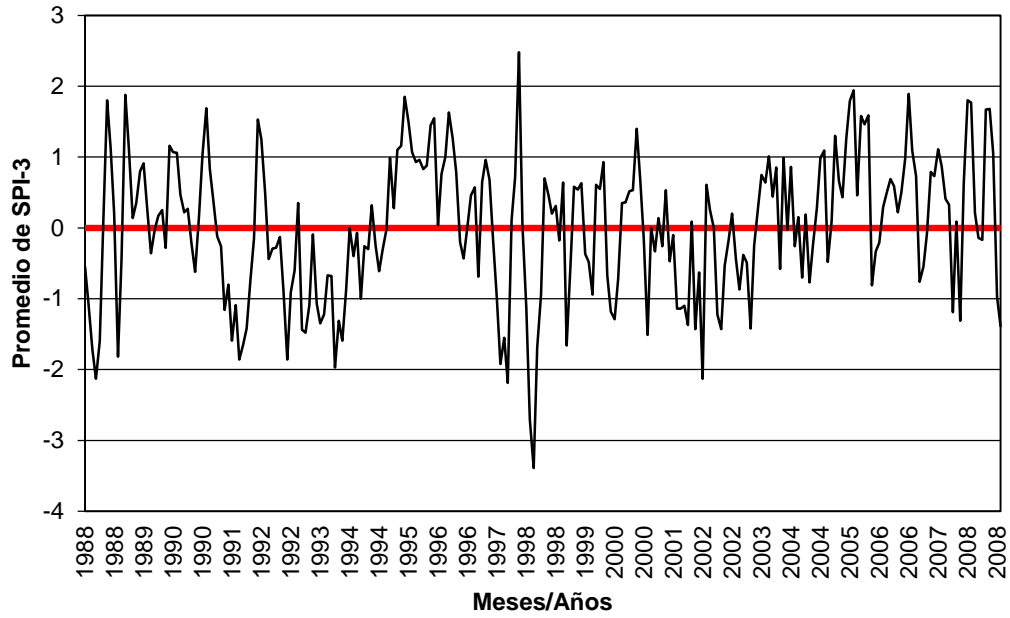


Figura 5.14. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

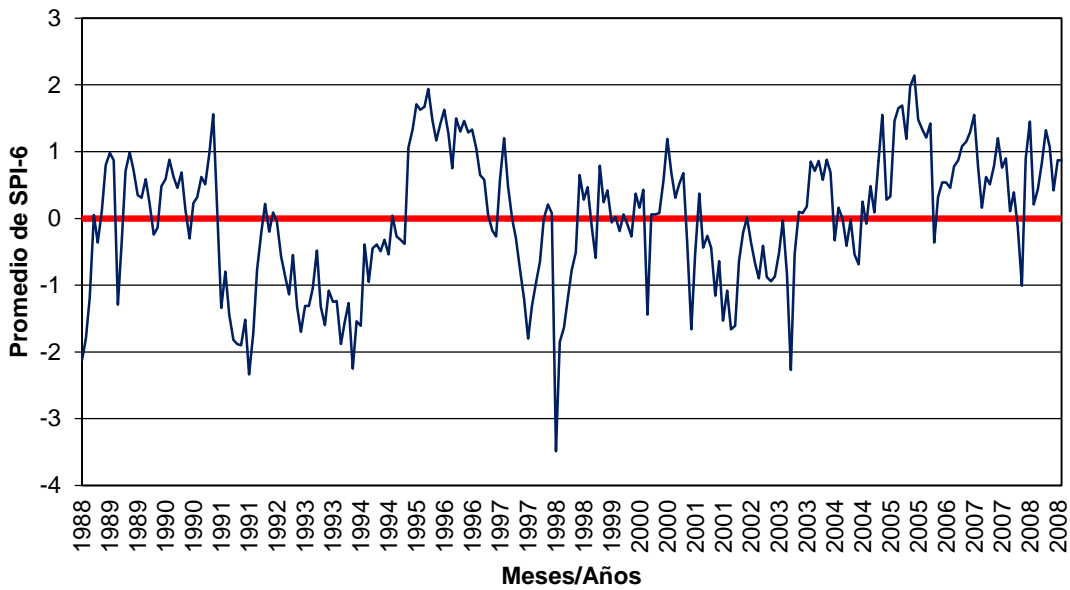


Figura 5.15. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

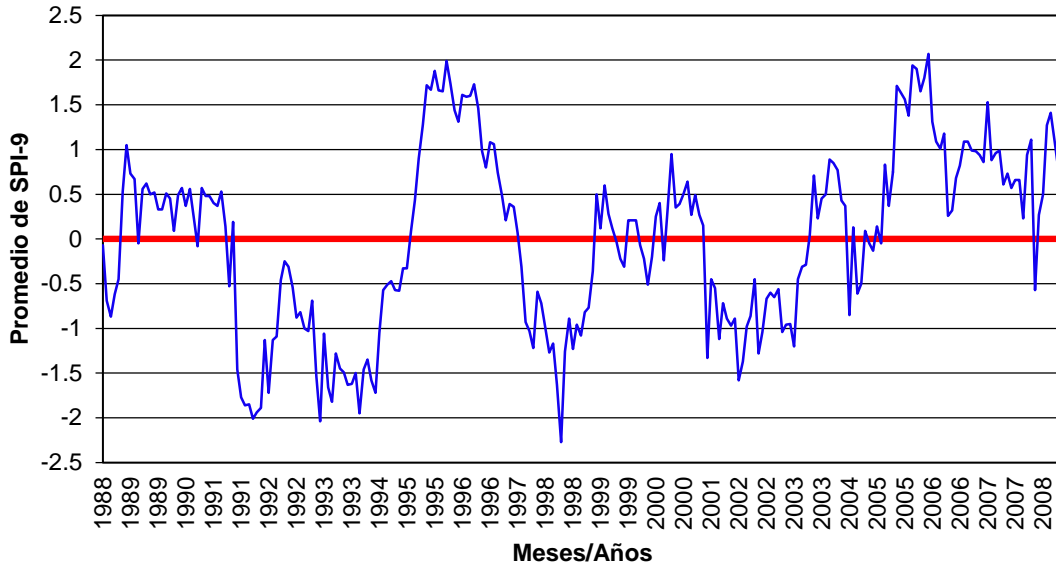


Figura 5.16. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

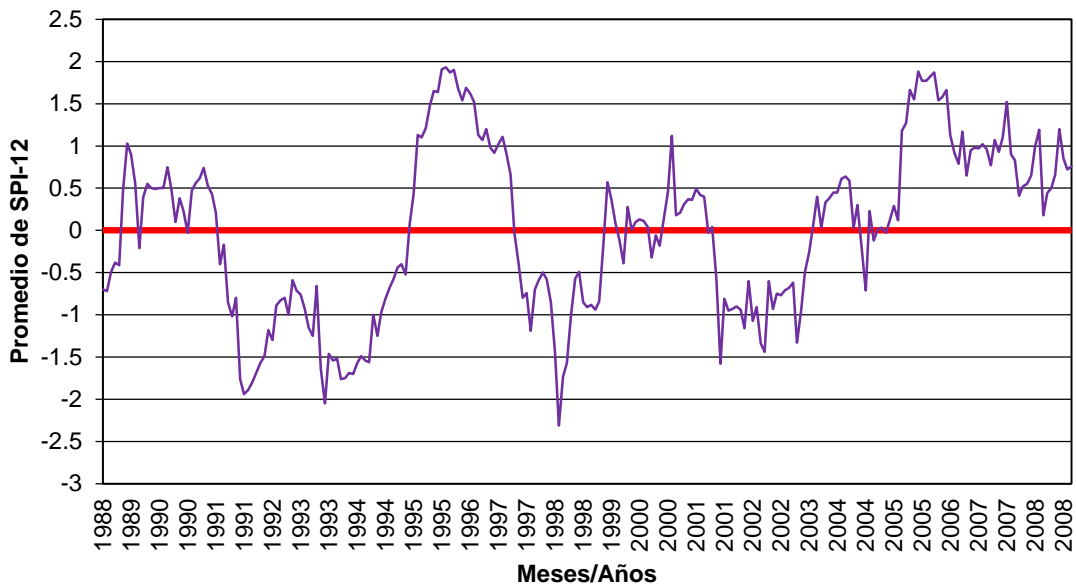


Figura 5.17. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

Tabla 5.5. Eventos históricos del SPI de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

Valor del SPI	Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2 y Mas	Extremadamente húmedo	1	1	1	0

1.5	a	1.99	Muy húmedo	16	12	19	22
1	a	1.49	Moderadamente húmedo	23	26	18	20
-0.99	a	0.99	Condiciones normales	164	163	159	159
-1	a	-1.49	Sequía moderada	27	21	26	17
-1.5	a	-1.99	Sequía severa	14	19	18	21
-2	y	Menos	Sequía extrema	5	5	3	2
				250	247	244	241

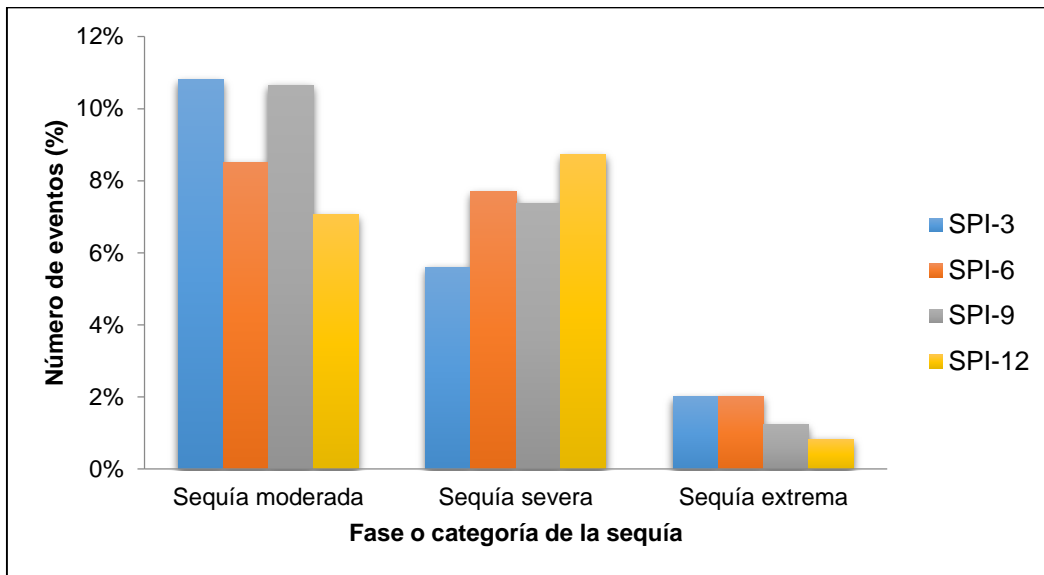


Figura 5.18. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

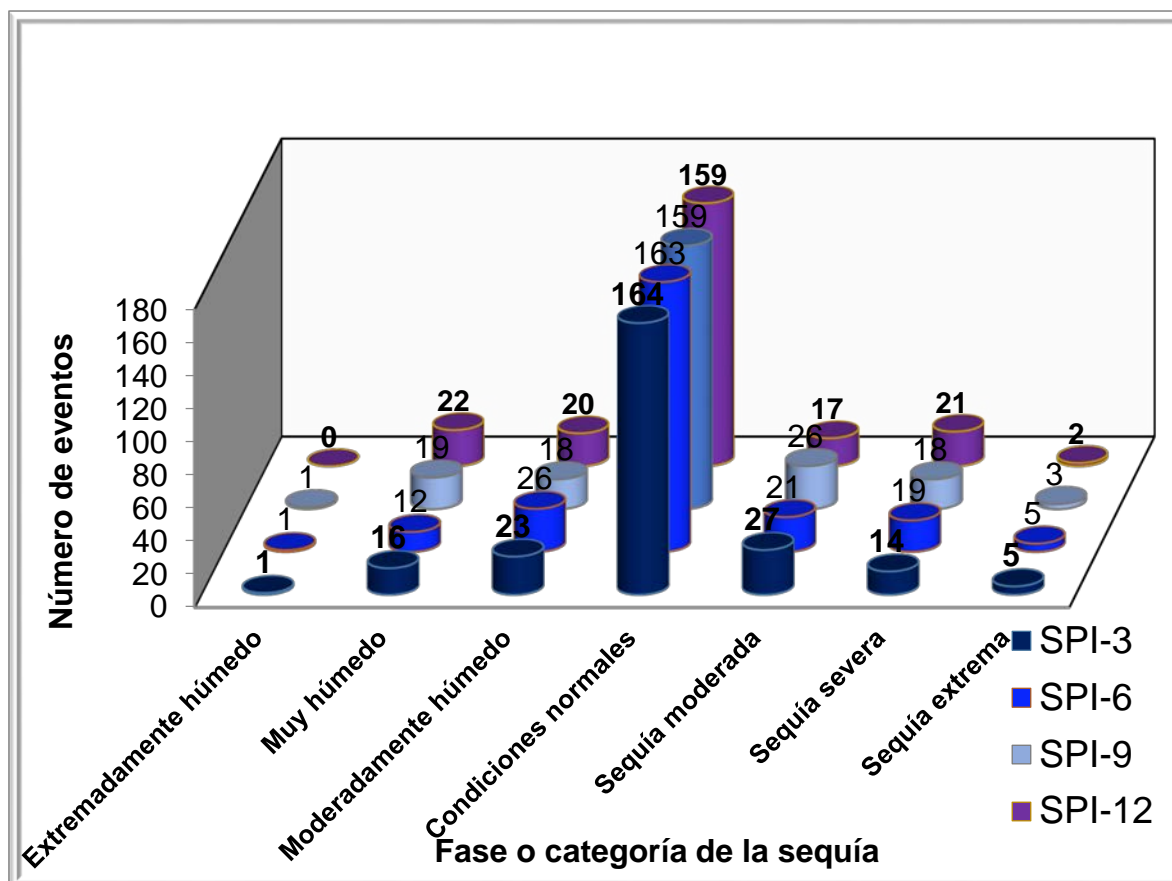


Figura 5.19. Eventos históricos del SPI de la estación Cacahoatán, para el municipio de Tapachula.

En las anteriores figuras se presentan los análisis históricos del SPI en el territorio de la ciudad de Tapachula, el cual pertenece a el Consejo de Cuenca Costa de Chiapas, para los cuatros periodos de agregación (3, 6, 9 y 12 meses). Donde se denota que han existido diferentes fases de sequía.

En todas estas figuras se puede apreciar que se han tenido periodos de sequías en las diferentes zonas de estudio que van de las fases de sequía moderadas a severas, estos periodos van seguidos de periodos con ausencia de sequía (humedad), por lo que se puede inferir que las sequía se han presentado de forma cíclica. Se sugiere realizar más investigación al respecto para explicar la causa de esta periodicidad de la sequía.

Capítulo 6. Evaluación de la oferta/abasto de agua

La ciudad de Tapachula de Córdoba y Ordoñez se abastece de agua principalmente del río Coatán, a partir de una obra de toma, ubicada fuera de la ciudad aproximadamente a 8 Km. aguas arriba sobre la margen izquierda del río mencionado. La obra de captación fue recientemente (2006) reconstruida por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, con un aforo superior al requerido por la población actual y futura (1,500 l/s).

Asimismo se cuenta con aprovechamientos auxiliares (20 pozos profundos) que se ponen en operación cuando son necesarios.

6.1. Lista de fuentes de suministro (superficiales y subterráneas, reúso, desalación u otras)

La fuente de suministro de agua para uso público urbano es principalmente superficial, el escurrimiento superficial donde se capta agua es el río Coatán. En menor escala se tienen fuentes subterráneas como son: 11 pozos profundos que están operación y 9 pozos profundos que no operan y que podrían considerarse de reserva. En la Tabla 6.1 se presenta un resumen de las fuentes de suministro. La captación del río Coatán es potabilizada en la planta potabilizadora del Organismo Operador de Tapachula (700 l/s) y los 11 pozos profundos aportan a la red aproximadamente 83.5 l/s, con la desinfección de 783.5 l/s.

Tabla 6.1. Fuentes de suministro.

Fuentes	Actuales	De reserva	Posibles o de emergencia
Río Coatán	Una Captación sobre el Río Coatán		

Pozos profundos	11 Pozos Profundos en operación	9 Pozos profundos que no operan	

6.2. Descripción breve y lista de infraestructura existente

En esta sección se presenta una descripción breve de la infraestructura con la que cuenta el organismo operador para brindar el servicio de abastecimiento de agua potable así como el de saneamiento de aguas residuales.

6.2.1 Obra de Captación

Consiste en una Caja Colectora de concreto armado ubicada en el lecho del canal de desfogue de la Planta Hidroeléctrica Cecilio del Valle, construida en el año del 2006, a través del programa del FONDEN, y opera actualmente con un gasto de diseño de 1,500 L.P.S.

6.2.2 TANQUE PRE-SEDIMENTADOR

Construido en 1998, por el Gobierno del Estado, consistente en dos cámaras de concreto que permiten reducir los sólidos en suspensión antes de la llegada a la planta potabilizadora a cabecera municipal cuenta con varios tanques de regulación.



Figura 6.1. Tanque sedimentador

6.2.3. Líneas de conducción

La línea de conducción tiene una longitud total de 7,980.00 metros, los cuales se dividen en: 2,050.14 metros de tubería de acero soldable de 36"(914 mm), 1,449.86 metros de tubería de acero soldable de (30") de diámetro (762 mm) y 4,480 metros de tubería de asbesto cemento de 500 mm (20") de diámetro, operando por gravedad y se encuentra en malas condiciones los tramos de acero soldable (cruce de arroyos) y asbesto cemento. Con la tubería existente se puede conducir aproximadamente 1,100.00 l.p.s de la captación hasta el km 3+500, 800 L.P.S. del km 3+500 al tanque sedimentador y del tanque sedimentador a la planta potabilizadora únicamente se conduce 600 l.p.s.

Tabla 6.2. Línea de conducción

EST. INICIAL	EST. FINAL	LONGITUD metros	GASTO Lp.s.	TIPO DE TUBERIA	DIAM. EN PULG.	CLASE
0+000 (Captación)	2+050.14	2,050.14	1100	Acero.	36"	Cedula -10
2+050.14	3+500	1,449.86	1100	Acero	30"	Cedula -10
3+500	4+410 (sedimentador)	910.00	800	A – C	20"	Clase -5

4+410 (desarenador)	7+958 (planta potabilizadora)	3,548.00	600	A – C	20"	Clase -5
---------------------	-------------------------------	----------	-----	-------	-----	----------

6.2.4. Planta potabilizadora

Se construyó una planta potabilizadora durante el periodo de 1983 a 1988, con una capacidad de proyecto de 1,000 l.p.s. de los cuales actualmente se producen 660 l.p.s. aproximadamente. La planta se localiza a 1.4 km. sobre la carretera Tapachula-Nueva Alemania.

El tratamiento que se utiliza es a través de procesos físico-químicos de coagulación-sedimentación, mediante la adición de sulfato de aluminio para desestabilizar las partículas en suspensión.

La planta potabilizadora su operación es del 50% ya que únicamente se cumple con el 50% de la coagulación-sedimentación realizando también la filtración al 50%.

Por lo que se requiere urgentemente la rehabilitación de la planta potabilizadora para poder alcanzar a producir los 1,000 l.p.s. de agua potable que requiere actualmente la población.



Figura 6.2 Fotografía Planta potabilizadora

6.2.5. Tanques

La Ciudad de Tapachula cuenta con 4 tanques de regularización superficiales, contruidos a base de concreto armado, distribuidos y localizados de la siguiente manera:

- TANQUE No. 1.- Se encuentra ubicado sobre la Prolongación de la 8ª. Avenida Norte (Carretera a Nueva Alemania), Frente al Club Campestre. Este tanque cuenta con una capacidad de 3,000 M3. Este tanque abastece a las Colonias del Centro, Norte-Poniente.



Figura 6.3. Fotografía Tanque de regulación no. 1

- TANQUE No. 2.- Este tanque está ubicado sobre la 6ª. Avenida Norte y 53ª. Calle Poniente de la Colonia Revolucionaria Campesina, cuenta con una capacidad de 2,500 M3. Este tanque abastece a las Colonias del Norte-oriente, centro-oriente y Sur-oriente.



Figura 6.4. Fotografía Tanque de regulación No. 2

- TANQUE No. 3.- Se localiza por la Carretera Costera y prolongación de la central Poniente a la Altura del Fraccionamiento Framboyanes y cuenta con una capacidad de 5,000 M3. Este tanque abastece a las Colonias del Sur poniente y sur oriente.
- TANQUE No. 4.- Se localiza por la colonia Lázaro Cárdenas del Rio, a un costado de la tienda SORIANA y cuenta con una capacidad de 2,500 M3. Este tanque abastece a las Colonias del Sur-Oriente. No está en operación por tener una fuga en la losa de piso.



Figura 6.5. Fotografía Tanque de regulación No. 4

- **TANQUES GEMELOS DE MAMPOSTERÍA.-** Este tanque está ubicado sobre la 6ª. Avenida Norte y 51ª. Calle Poniente de la Colonia Revolucionaria Campesina, cuenta con una capacidad de 800 M3. Estos tanques abastecen a la zona centro de la ciudad.



Figura 6.6. Fotografía Tanques gemelos de mampostería

6.2.6. Red de distribución

La distribución se inicia prácticamente, en el tramo de la línea de conducción. De la planta potabilizadora a los tanques de regularización, ya que existen conexiones de colonias y tomas domiciliarias en esa línea.

La red de distribución tiene una longitud aproximada de 350 km se compone por tubería de P.V.C., asbesto cemento, fierro fundido, fierro galvanizado, de 14”, 12”, 8”, 6”, 4”, 3” y 2” de diámetro en regulares condiciones. Actualmente está toda interconectada y por no tener capacidad para proporcionar un servicio continuo se realizan operaciones manuales de válvulas para proporcionar el servicio. De esa manera el 40 % de los usuarios tienen servicio continuo y el 80% restante recibe el servicio de 6 a 12 horas diarias y a cada tercer día.

6.2.7 Servicio

El servicio a la población se da por medio de toma domiciliaria, abasteciendo al 95% de la población. Se cuentan con 61,121 tomas contratadas. Las tomas domiciliarias, de acuerdo a su antigüedad y el material con que fueron instaladas son de: fierro galvanizado o poliducto negro.

A partir del año 1990, se instalaron con tubería de cobre flexible y del año 2007 se realizaron las instalaciones a los usuarios con tubería de PVC-ALUMINIO-PVC.

6.2.4. Infraestructura sanitaria

Red de atarjeas

La ciudad de Tapachula cuenta actualmente con el servicio de Alcantarillado Sanitario en todas las colonias regulares y solamente en las de reciente creación no se cuenta con el servicio, pero existe la infraestructura suficiente para el desalojo de las aguas negras que en un futuro estas aporten a la red existente. La red que existe actualmente está construida la mayoría con tubería de Concreto simple y tubería de P.V.C. Sanitario serie 25, de acuerdo a resultados arrojados del cálculo hidráulico la mayoría de las colonias cuentan con tubería de 200 mm (8”), 300 mm (12”) de diámetro.

La cobertura en este servicio se estima en 85%. Además algunos asentamientos descargan sus aguas residuales directamente a los ríos que atraviesan la ciudad.

Las principales causas de azolves en la red son las siguientes: un gran número de casas y edificios tienen conectados sus bajantes de aguas pluviales a la red municipal, en muchas calles, sobre todo en las del primer cuadro de la ciudad, existen tuberías muy antiguas, azolvadas y algunas destruidas, de diámetro reducido o todavía de pequeños canales de ladrillo.

En la construcción de la red han intervenido diversas dependencias ejecutoras; sin ninguna planeación acorde al crecimiento y desarrollo de la población urbana.

Las colonias que no cuentan con la red de alcantarillado son: Colonia 12 de Octubre, Col. Los Pajarillos, Col. Luis Donald Colosio, Col. El Rosario, Col. Juárez, Col. Los Girasoles, Col. Alianza 6 de Abril, Col. Campestre Independencia, Col. Los Sauces, Col. La Aviación, Col. Ojo de Agua, Col. San Silvestre, Santa Rosa la Joya, entre otras.

Colectores y subcolectores

Con la necesidad y la importancia que el saneamiento presenta para el desarrollo de la ciudad en la mayoría de las colonias se cuentan con colectores y subcolectores de diferentes diámetros los cuales descargan directamente sobre los márgenes de los ríos.

En la siguiente tabla se representa los datos generales con los que se realizó el Proyecto Ejecutivo para la Adecuación del Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Tapachula en el año de 1991, con No. de contrato SGIHUI-90-348 D.

6.3. Datos generales Proyecto Ejecutivo para la Adecuación del Alcantarillado Sanitario.

COLECTOR	POBLACION CONSIDERADA Hab	GASTO MEDIO L.P.S.	LONGITUD DE LA RED (ml)	NUMERO DE POZOS (PZA)
ORIENTE	56843	125.6	8051	95
CENTRO	12523	28.6	2176	22
NUEVO MUNDO	5723	12.9	1618	22
PONIENTE	19661	46.9	4053	46
LAURELES	16629	38.1	4197	46
SUR	31000	73.2	4543	44

Cabe mencionar que los colectores se proyectaron con tubería de concreto simple hasta 45 cm de diámetro y de concreto reforzado para las tuberías de diámetro mayor. Hoy en día en la construcción moderna es de primordial importancia el empleo de las más avanzadas técnicas y materiales para construcción, que satisfagan los factores básicos de seguridad, durabilidad y economía, por eso se pone a consideración el uso de las tuberías de P.V.C. Sanitarias serie 25 o tubería ADS N-12 WT, debido a sus características y su resistencia al ataque de productos y sustancias químicas y corrosivas, facilidad de instalación, por su duración inclusive en suelos agresivos y al ya mencionado bajo costo, son sustitutos indiscutibles de las tuberías de concreto simple.

Emisor oriente:

El proyecto del emisor oriente de alcantarillado sanitario consiste en la recepción de las aguas negras de la zona oriente de la ciudad, representada por una población de aproximadamente de 57,000 habitantes* y con un gasto medio de 125.60 l.p.s.*, contando con una longitud total de 8,051* metros: 2,121.00* m. de tubería de 38 cm. de diám., 1,003.00* m. de tubería de 45 cm. de diám., 3,176.00* m. de tubería de 60 cm. de diám., 1,751.00* m. de tubería de 76 cm. de diám.

Inicia en la Colonia Galaxias a la altura de la calle Aries y la 1ª Avenida Norte con tubería de 38 cm ø, siguiendo por una serie de calles pasando por la 29ª Calle Oriente, 7ª Avenida Norte, 9ª Avenida Norte, 11ª Avenida Norte, 21 Calle Oriente, 13ª Avenida Norte, 19ª Calle Oriente, 15ª Avenida Norte, 13ª Avenida Norte, 11ª Avenida Norte, Calle Central Oriente, 13ª Avenida Sur, 10ª Calle Oriente, 15ª Avenida Sur, 12ª Calle Oriente, 17ª Avenida Sur, 16ª Calle Oriente continuando por la 19ª Avenida Sur, cruzando por las colonias San Marcos, Palmas I, Colonias: Centro, 16 de Septiembre, Calcáneo Beltrán, San José El Edén, El Carmen Maravillas, Fraccionamiento Santa Cruz, Morelos, Doroteo Arango, Fraccionamiento Texcuyuapan, La Joya, Infonavit Santa Cruz de Hidalgo y La Joya II hasta llegar al sitio de tratamiento que sería la zona de minas de banco, localizadas al sureste de la ciudad de Tapachula con las inmediaciones de los ríos Cahuacan y Texcuyuapan.

Colector centro:

Este colector capta las aguas negras de la parte centro de la ciudad, con una aportación de 12,523.00* habitantes que generan un gasto medio de 28.60* l.p.s., acarreándola a través de tuberías de diámetros diferentes hasta descargar al emisor mencionado, contando con una longitud total de 2,176.00* m: 1,663.00* m. de tubería de 38 cm. de diám., 513.00* m de tubería de 45 cm. de diám. Inicia a partir de la 19ª Calle Poniente y 8ª Avenida Norte, siguiendo por la 1ª Avenida Norte hasta la 11ª Calle Oriente, siguiendo por esta hasta la 5ª Avenida Norte, dando vuelta en la 1ª Calle Oriente, llegando a la 11ª Avenida Norte entroncando en la Avenida

Central Oriente con el Emisor Oriente, en el pozo No. 34 localizado en el km 3+124.60*.

Colector Magisterial:

Inicia con tubería de 30 cm \emptyset en la Colonia Magisterial y tiene un recorrido sobre la Calle 12 de Noviembre pasando por la parte posterior del Panteón Jardín continuando por la calzada del mismo nombre, pasando por la Calle de los Robles del Fraccionamiento Laureles, cruza por la Colonia Éxtasis, Los Reyes, Colonia Buena Vista, Colonia Santa Clara, conectando con el Colector Laureles en el Infonavit Santa Clara.

Colector Laureles.

Este colector capta la aportación de 16,629.00* habitantes que generan un gasto medio de 38.10* l.p.s., se encuentra ubicado en la parte oriente de la ciudad, inicia en la margen izquierda del Rio Texcuyuapan y la calle Privada 19^a Avenida Norte, atraviesa varias colonias como la Colonia Pancho Villa en la Prolongación de la 1^a Calle Oriente, pasando por el Fraccionamiento Guadalupe, Laureles II, Fovi Banamex, Fraccionamiento Calpan, Colonia Azteca, Col. Los Pinos, Esmeralda, Las Palomas, 6 de Enero, Esquípalas, Infonavit Santa Clara, Floresta II, Santa Clara II, descargando en una planta de tratamiento que actualmente está fuera de servicio, por lo que el agua residual continúa a cielo abierto por un arroyo sin tratamiento. La longitud total del colector es de 4,197.00 m el inicio de este colector es con 517.00 m de tubería de 30 cm \emptyset , y continúa con 399.00 m. de tubería de 38 cm \emptyset , luego con 2,012.00 m de tubería de 45 cm \emptyset , y terminando con 1,269.00 m de tubería de 60 cm \emptyset ,

Colector Nuevo Mundo:

Este colector capta la aportación de 5,723.00* habitantes que genera un gasto medio de 12.90* l.p.s., que es incorporado al Emisor Oriente según proyecto. Inicia en la 28^a Calle Oriente esq. 11^a Avenida Norte, atravesando una parte de la Colonia El Carmen y Maravilla, Colonias: Nueva España, Nuevo Mundo II, Pedregal San

Antonio, 18 de marzo, Nuevo Mundo III, Indeco Cebadilla y termina en el Fraccionamiento Pintoresco, en donde descarga de manera directa al Rio Texcuyuapan. Cuenta con 1,618.00* m. de tubería de 38 cm ø.

Colector Solidaridad:

Es necesario tomar en cuenta las colonias localizadas en la parte suroeste de la ciudad, que tiene un alto ritmo de crecimiento como son: La Antorcha I, II, III, IV y V, INFONAVIT El Carmen, El Carmen FONHAPO, Nuevo Milenio, Pobres Unidos, Palmeiras, La Primavera, Fraccionamiento Libertad, Las Rosas, La Antorcha VIVAH, Adolfo Zamora, Solidaridad 2000, Buenos Aires, para lo cual se pretende la construcción del Colector Solidaridad.

Colector Sur:

Este colector consiste en recibir las aguas negras de la zona sur de la ciudad, que se encuentra comprendida desde las vías del ferrocarril hasta el sitio de tratamiento y la carretera a Puerto Madero, captando la aportación de 31,000* habitantes que genera un gasto medio de 73.20* l.p.s. Inicia en la 24ª Calle Poniente sobre la 4ª Avenida Sur enfrente de la UNACH, pasando por la zona comercial formada por Pollo Campero, Bodega Aurrera, Plaza Las Palomas, Plaza Crystal, Burguer King, Pitico, terrenos de la FIT, Conagua, Ceramat, siguiendo el trayecto de la carretera hacia puerto madero, Cartonera, llegando hasta el Fraccionamiento Tulipanes, donde deflexiona hacia la izquierda para descargar a la línea actual del par vial. Contando con una longitud total de 4,543.00* metros con 122.00* m. de tubería de 30 cm. de diám., luego con 1,138.00* m. de tubería de 38 cm. de diám., posteriormente con 743.00* m. De tubería de 45 cm ø.

Emisores

Actualmente se cuenta con un emisor al Sur – Oriente de la ciudad (Obra Conjunta con la Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), con tubería Rib-Loc de PVC de pared estructurada de 24” de diámetro, que permite conducir las

aguas negras provenientes de los colectores marginales sobre el Río Texcuyuapan para llevarlas al sitio de su tratamiento.

Saneamiento

El saneamiento juega un papel muy importante para el desarrollo de la ciudad de Tapachula, por ello actualmente cuenta con una planta de tratamiento ubicada en la Zona Sur-Oriente con una capacidad de gasto a tratar de 250 l.p.s. siendo la descripción de los procesos las que a continuación se mencionan:



Figura 6.7. Fotografía Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sur-Oriente

- Rejilla manual.- Donde se remueven los sólidos grandes,
- Rejilla mecánica.- Con orificios de 3 mm de abertura, donde se retiene la mayor parte de los sólidos en suspensión que lleva el agua.



Figura 6.8. Fotografía Rejilla manual y mecánica

- Desarenadores.- Donde se separan las arenas, por su propio peso. Son tres canales de 800 mm. de ancho cada uno. Las aguas desarenadas pasan a través de vertedores especiales, en los cuales se puede medir el caudal que ingresa a la planta.
- Bombeo.- La planta cuenta con 4 bombas sumergibles de operación automática.
- Reactor anaerobio UASB.- El agua ingresa por la parte baja del reactor y sale por la parte superior. Dentro del reactor crecen bacterias anaerobias las cuales producen biogás como resultado del proceso de depuración.



Figura 6.9. Bombas sumergibles y Reactor anaerobio UASB

- Reactor biológico aerobio.- El agua ingresa al reactor donde otro tipo de microorganismos degrada la materia orgánica. En este proceso se genera gas carbónico y más microorganismo aerobios conocidos como lodos biológicos.
- Sedimentador secundario.- En este se separan los lodos biológicos que acompañan el agua mediante un proceso de quietud el cual permite que los lodos vayan al fondo del Sedimentador.



Figura 6.10 Reactor biológico aerobio y Sedimentador secundario

- Desinfección.- el agua recibe el cloro con el fin de eliminar los microorganismos patógenos.

- Tanque de contacto.- Para lograr una buena desinfección, el agua con cloro se introduce en este tanque donde permanecen juntos por espacio de 30 minutos. El agua que sale de él se observa limpia pero no es potable.



Figura 6.11 Área de desinfección con cloro y Tanque de contacto

- Digestión de lodos.- El exceso de lodos aerobios es digerido dentro del reactor anaerobio UASB. Buena parte de los microorganismos se convierte en biogás, el resto debe ser dispuesto junto con el exceso de lodos anaerobios que se generan dentro del reactor.
- Espesado de lodos.- El exceso de lodos del sistema entra en un tanque de almacenamiento temporal. Aquí una parte del agua se retira de la parte superior mientras que los lodos son retirados desde el fondo del tanque y enviados al equipo de deshidratación mecánico.
- Deshidratación.- Se usa un equipo de deshidratación mecánico conocido como filtro de prensa de bandas. El lodo espeso se mezcla con polímero para ayudar en el drenaje del agua, se introduce en el filtro prensa y allí mediante la acción de bandas perforadas y rodillos a presión se le retira el agua. Los lodos ya secos (con un 75 a 80% de agua pero de consistencia solida), también conocidos como biosólidos son utilizados como acondicionadores de suelos, en uso agrícola.



Figura 6.12. Equipo de deshidratación mecánico

Asimismo, atendiendo esta importancia en colonias y fraccionamientos o conjuntos habitacionales donde la topografía del terreno no permita llevar el sistema de alcantarillado hasta una red municipal existente se construyen plantas de tratamientos tipo modular o en su caso tanques sépticos para poblaciones pequeñas.

6.3. Producción histórica de agua

Se presentan aquí datos de producción de agua a partir del año 2011 hasta el año 2014, teniéndose en el año 2012 la mayor producción de agua con 29.06 millones de metros cúbicos producidos y el año de menor producción se registra en el 2011 con 23.39 millones de metros cúbicos.

6.4. Producción per cápita

En cuanto a la producción per cápita se tiene para último año de registro 2014 una producción per cápita de 296.12 l/hab/día. En la Tabla 6.4 se presenta un resumen del volumen producido y la producción per cápita de acuerdo con la información proporcionada por el O.O.

Tabla 6.4 Agua Producida

Año	2011	2012	2013	2014
-----	------	------	------	------

Total de agua producida (introducida al sistema), M3	24,172,344.00	29,060,424.00	25,118,424.00	23,391,828.00
Total de agua suministrada (micromedida o estimada), M3	15,681,692.00	15,344,856.00	12,705,977.00	12,559,437.00
Estimación de pérdida de agua en la red, M3	8,490,652.00	13,715,568.00	12,412,447.00	10,832,391.00
Captación per cápita (producción/población servida) l.h.d.	315.05	374.50	320.60	296.12

Capítulo 7. Evaluación de la demanda/consumo de agua

7.1. Cobertura del servicio de agua

De acuerdo con los datos proporcionados del Organismo Operador para el último ejercicio, año 2014, la ciudad de Tapachula tiene una cobertura de agua potable de 93 %. En la tabla 7.1 se presenta la cobertura del servicio de agua de 2011 al 2014. Se puede observar en la tabla que la cobertura prácticamente no presenta cambios significativos en los últimos 4 años.

Tabla 7.1 Cobertura del servicio de agua (fuente COAPATAP).

año	Viviendas totales (A)	Volumen facturado, M3 (B)	% de viviendas con toma de agua potable en la vivienda
-----	-----------------------	---------------------------	--------------------------------------------------------

2011	54599	15681692	93
2012	55220	15344856	94
2013	55754	12705977	94
2014	56214	12559437	93

7.2. Padrón y tipos de usuarios (tomas o cuentas)

De acuerdo con los datos proporcionados por el Organismo Operador para el año 2014 se contaba con 62,551 usuarios, de los cuales, 56,386 son de uso residencial, 5,042 de uso comercial, 523 de uso industrial y 600 de uso público/gubernamental/otros. En la tabla 7.2 se presenta un resumen de los usuarios. El consumo total de agua en 2014 fue de 12.6 millones de metros cúbicos, de los cuales, 10.57 millones de metros cúbicos (84 %) fue de uso residencial, 1.47 millones de metros cúbicos (12 %) de uso comercial, 0.29 millones de metros (2 %) de uso industrial y 0.25 millones de metros cúbicos (2 %) fue de uso público/gubernamental. Se puede observar que uso de agua en la ciudad de Tapachula es principalmente del tipo residencial.

Tabla 7.2. Tipo de usuarios y consumos 2014

	Tipo de usuario			
	Residencial	Comercial	Industrial	Público/Gubernamental
Total de tomas (A)	56386	5042	523	600
Tomas con medidor instalado (B)	41493	4417	448	429
Tomas con medidor funcionando (C)	31950	4298	443	407
Consumo Total M3/año (D)	10575092	1474322	294221	252852
Cobertura de micromedición instalada (B/A*100)	74	88	86	72

Cobertura de micromedición funcionando (C/A*100)	57	85	85	68
Consumo por toma (D/A)	188	292	563	421

7.3. Consumo y dotación per cápita

Según los datos proporcionados por el Organismo Operador para el último año de ejercicio (2014) se tuvo una producción de 23.39 millones de metros cúbicos (tabla 7.3), un volumen facturado de 12.56 millones de metros cúbicos y una población de 216,426 habitantes; lo que representa una dotación de 108 m³/hab/año y un consumo de 58 m³/hab/año. Los datos históricos a partir del año 2011 de producción, volumen facturado, dotación y consumo per cápita se presentan en la tabla 7.3.

Tabla 7.3. Consumo y dotación per cápita (fuente COAPATAP)

Año	Volumen producido (m3) (A)	Volumen facturado (M3) (B)	Población (habitantes) (C)	Dotación per cápita (A/C)	Consumo Percápita (B/C)
2011	24172344	15681692	210,205	115	75
2012	29060424	15344856	212,597	137	72
2013	25118424	12705977	214,654	117	59
2014	23391828	12559437	216,426	108	58

7.4. Eficiencias

De acuerdo con la información proporcionada por el Organismo Operador, para el último año de ejercicio (2014) de los 23.39 millones de metros cúbicos que se producen únicamente se facturaron 12.56 millones de metros cúbicos y del volumen facturado se recaudó 9.07 millones de metros cúbicos, lo que representa una eficiencia física de 54 %, eficiencia comercial de 72 % y eficiencia global de 39 %. En la Tabla 7.4 se presenta la eficiencia histórica que se tiene del año 2011 al 2014.

Tabla 7.4. Eficiencia (fuente COAPATAP)

Año	Volumen producido (m3) (A)	Volumen facturado (M3) (B)	Volumen recaudado (M3) (C)	Eficiencia Física (B/A)×100	Eficiencia Comercial (C/B)×100	Eficiencia Global (C/A)×100
2011	24172344	15681692	12545353.3	65	80	52
2012	29060424	15344856	10968787.8	53	71	38
2013	25118424	12705977	4277113	51	34	17
2014	23391828	12559437	9070926	54	72	39

Capítulo 8. Balance de agua y evaluación de la capacidad instalada

8.1. Balance de agua

Se presenta el balance de agua para el año 2014, de acuerdo con la tabla 8.1 se tuvo una captación de 23.39 millones de metros cúbicos, de acuerdo con los datos que proporciona el Organismo Operador y al no tener macromedición en el proceso de conducción no se consideran pérdidas, del mismo modo no se tiene el estimado de pérdidas en el proceso de producción por lo que el volumen de captación se supone que se conserva, en el proceso de distribución se tienen pérdidas del orden de los 10.83 millones de metros cúbicos, es difícil para el organismo operador determinar cuánto se pierde en el proceso de facturación (medidores defectuosos, usuarios sin medidores, cuota fija, entre otros) por lo que todas las pérdidas de este tipo se suponen incluidas en el proceso de distribución, facturándose únicamente 12.56 millones de metros cúbicos de los 23.39 millones de metros cúbicos que salen al proceso de distribución, de los 12.56 millones de metros cúbicos facturados, únicamente se cobraron 9.07 millones de metros cúbicos, lo que representa una pérdida de 3.49 millones de metros cúbicos con respecto a lo facturado.

Tabla 8.1. Balance de Agua 2013 (fuente: COAPAPTAP).

Volúmenes	Captación (m3)	Conducción	Producción (desinfección)	Distribución	Facturación	Cobranza
Procesados	23391828	23391828	23391828	12559437	12559437	9070926
Perdidos		0	0	10832391	0	3488511

8.2. Capacidad de abasto/ capacidad instalada

La dotación y consumo anual contra la capacidad instalada puede apreciarse en la tabla 8.2. De acuerdo con dicha tabla se observa que se tiene, para el ejercicio 2014, una razón de producción sobre capacidad instalada de 0.80, la razón de consumo sobre capacidad instalada es bastante baja, de 0.43. Lo anterior indica que se tiene suficiente capacidad instalada y que se están subutilizando la infraestructura de producción, y más aún, del volumen que se está produciendo únicamente se consume el 54 %, teniendo una pérdida del volumen producido de 46 %.

Tabla 8.2. Dotación y consumo anual contra capacidad instalada

Año	Volumen producido (m3) (A)	Volumen consumido (M3) (B)	Capacidad instalada (M3) (C)	Razón de producción sobre capacidad (A/C)	Razón de Consumo sobre capacidad (B/C)
2011	24172344	15681692	29060424	0.83	0.54
2012	29060424	15344856	29060424	1.00	0.53
2013	25118424	12705977	29060424	0.86	0.44
2014	23391828	12559437	29060424	0.80	0.43

8.3. Variaciones estacionales de oferta y demanda

Es evidente que la demanda de agua tiene variaciones con los periodos estacionales, se esperaría mayor demanda en las temporadas calurosas (primavera-verano) y menor demanda en las temporadas de menor temperatura (otoño-invierno), bajo este supuesto se tendrían dotaciones diferentes para cada uno de los meses del año, sin embargo de acuerdo con los datos proporcionados por el Organismo Operador no se tienen variaciones, en la dotación mensual para los años de 2011 a 2014, de acuerdo con el análisis de los datos presentados en la tabla 8.3, lo que se hizo fue dividir la producción anual entre los doce meses y se le asignó la misma dotación a cada mes, lo se debe a que no se tiene macromedición.

Tabla 8.3. Dotación mensual, volumen (m3) producido mensual/habitantes.

Mes \ Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2011	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58	9.58
2012	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39	11.39
2013	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75
2014	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01

Capítulo 9. Escenarios futuros de la producción y consumo

En esta sección se presenta los escenarios futuros de la producción y consumo al año 2030 del Organismo Operador de la ciudad de Tapachula. En tabla 9.1 se presentan la proyección de la demanda de agua de la ciudad de Tapachula, Chiapas.

En la tabla 9.1 se presentan dos escenarios de proyección, el primero se realiza considerando las recomendaciones de la Guía de elaboración de Programas de Medidas preventivas y de Mitigación de la Sequía para usuarios urbanos de agua potable y saneamiento (CONAGUA, 2014) y el segundo considerando un estimado aproximado del consumo per cápita de diseño; lo anterior con la idea de estimar el déficit de agua que existe entre el consumo actual y el que se debería de tener de acuerdo a los criterios de diseño de agua potable y alcantarillado (CONAGUA, 1997)

Se puede observar que al realizar los cálculos del consumo per cápita, considerando los criterios expuestos en la Guía de elaboración de Programas de Medidas preventivas y de Mitigación de la Sequía para usuarios urbanos de agua potable y saneamiento, éste disminuye con el tiempo, ya que se considera como un insumo o producto que está en función del índice PIB Per cápita (C) y la elasticidad (B). El consumo per cápita, D, presentado en la tabla 9.1, se estimó de acuerdo al volumen de agua que el organismo operador entrega a cada usuario a través de su red, pero no significa que dicho volumen satisfaga al cien por ciento las necesidades de los usuarios, lo anterior se deduce considerando los criterios de diseño presentados en el Manual de Agua Potable y Alcantarillado (CONAGUA, 1997). Debido a lo anterior se puede decir que el consumo per cápita está en función de las necesidades de agua de los usuarios urbanos, que en la terminología de hidráulica urbana se conoce como dotación. El término de dotación se define como: la cantidad de agua asignada a cada habitante considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, un día medio anual, sus unidades están dadas en l/hab/día, por lo que, el consumo

de agua per cápita no debería de variar de forma considerable con el tiempo. Por lo anterior en el segundo escenario presentado en la tabla 9.1 se consideró una dotación de 250 l/hab/día. Si se considera un 20 % de pérdidas físicas en la red se tendría un consumo de 200 l/hab/día, convirtiendo las unidades a metros cúbico anuales se tendría un consumo per cápita de 73 m³/hab/día.

El organismo operador de la ciudad de Tapachula, para el año 2014, tiene una eficiencia física del 54 % (tabla 7.4) lo que significa que se tienen pérdidas en el sistema (físicas, fugas, clandestinaje) del orden de 46 %. Dada la situación de baja eficiencia física del organismo operador el consumo per cápita de agua estimado es muy bajo y considerando dicho consumo y los criterios de prospección descritos en la Guía Práctica (CONAGUA, 2014) al año 2030 no se tendría brecha hídrica negativa, lo que significa que no se tendría necesidad de nuevas fuentes de abasto, sin embargo dichos resultados deben tomarse con reserva y considerar los resultados obtenidos con el escenario dos. En el escenario dos se puede observar que actualmente se tiene un déficit en el suministro de agua potable del orden de 7.2 millones de metros cúbicos y que para el año 2030 dicho déficit sería de aproximadamente 16.5 millones de metros cúbicos.

Todo lo anterior es de suma importancia ante un eventual evento de sequía ya que con un consumo per cápita que se tiene actualmente tan bajo (58 m³/hab/día), la ciudad estaría altamente vulnerable ante dicho evento, con baja capacidad de adaptación y sería muy complicado aplicar acciones de mitigación sin que ello impacte de manera importante a los usuarios del vital líquido.

Se sugiere al Organismo Operador implementar de forma urgente medidas y acciones que ayuden a mejorar su eficiencia física y que repercuta en incrementar el consumo per cápita de agua estimado en este trabajo.

Tabla 9.1. Prospección de la demanda de agua de la ciudad de Tapachula, Chiapas.

AÑO	2,014	2,020	2,025	2,030
Escenario 1. Prospección de acuerdo a la GUIA (CONAGUA, 2014)				
Población (A)	259,285.40	272,642.75	279,702.56	284,189.86
Elasticidad ingreso de la demanda (B)	0.30	0.30	0.30	0.30
PIB per cápita (índice 2014=100) (C)*	100.00	33.49	13.46	5.41
Consumo per cápita de agua (m3) (D)**	58.00	46.43	42.94	41.54
Consumo de agua de la ciudad (millones de m3) (AxD)	15,038,553.12	12,658,046.06	12,010,940.15	11,805,567.85
Eficiencia Física (Statu Quo) (E)	54.00	54.00	54.00	54.00
Consumo de agua de la ciudad con pérdidas (m3) (F=A D/E×100)	27,849,172.44	23,440,826.04	22,242,481.77	21,862,162.68
Consumo de agua de la ciudad con 10% menos de pérdidas (millones de m3) (G=A D/(E+10)×100)	23,497,739.24	19,778,196.97	18,767,093.99	18,446,199.76
Capacidad Instalada anual (H)	29,060,424.00	29,060,424.00	29,060,424.00	29,060,424.00
Brecha hídrica (Statu Quo) (H-F)	1,211,251.56	5,619,597.96	6,817,942.23	7,198,261.32
Brecha hídrica (Eficiente) (H-G)	5,562,684.76	9,282,227.03	10,293,330.01	10,614,224.24
Escenario 2. Prospección considerando consumo de agua de diseño aproximado				
Consumo per cápita de agua diseño aproximado considerando 20 % pérdidas físicas (m3) (D2)	73.0	73.0	73.0	73.0
Consumo de agua de la ciudad de acuerdo a consumo per cápita de diseño y eficiencia física actual (millones de m3) (F2=A D2/E×100)	35,051,544.6	36,857,260.1	37,811,642.7	38,418,259.2
Brecha hídrica Diseño(Statu Quo) (H-F2)	-5,991,120.6	-7,796,836.1	-8,751,218.7	-9,357,835.2
Déficit en el consumo de agua actual y el proyectado en Diseño (F-F2)	-7,202,372.2	-13,416,434.1	-15,569,160.9	-16,556,096.5

Capítulo 10. Análisis para la gestión del agua en sequía

En esta sección se plantean y propone una lista de posibles medidas de prevención y mitigación de la sequía.

10.1. Identificación de deficiencias/debilidades y áreas de oportunidad para mejora del servicio

La tabla 10.1 presenta una lista de las principales áreas en donde puede haber deficiencias que comprometan la resiliencia del organismo.

Tabla 10.1 Análisis de problemáticas para guiar la acciones de prevención

Área del problema	Indicador	Evaluación del indicador	Posibles causas	Posibles soluciones
Cobertura	93 %	Alta (90% o más)	No hay recursos para infraestructura	Ordenamiento urbano Gestión de recursos para incrementar cobertura Identificar las fuentes de agua de la población actualmente sin servicio y asegurar el abasto mientras se hacen las conexiones a la red
Continuidad del servicio	3 días por semana 12 horas de servicio	Baja (menos de 12 horas y/o 5 o menos días por semana)	Fugas No hay recursos para el bombeo	Reparación de fugas Revisión de las finanzas Prospección de nuevas fuentes y/o reúso de agua Revisar si el consumo es alto o no hay una cobranza efectiva (Ver eficiencia Comercial)
Eficiencia física	54 %	Mediana (50% a 69%)	No hay sectorización No se controlan presiones No se reparan las fugas Existen problemas de medición (no hay macromedición)	Llevar a cabo sectorización Reparación de fugas Instalar y realizar macromedición Revisar micromedición efectiva

			y micromedición deficiente.	
Eficiencia comercial	72 %	Mediana (70% a 89%)	No hay suficientes micromedidores instalados Existen fallas en el área de cobranza No se están leyendo y/o facturando los consumos	Instalar medidores Revisar micromedición efectiva Identificar fallas en sistema de cobranza
Consumo	58 m3/hab/año	baja: menos de 70 m3 anuales per cápita	Micromedición Problemas de cobranza	Revisión y ajuste de tarifas Revisión de procedimientos de medición y cobranza

10.2. Acciones recomendadas a los organismos operadores para mitigar la sequía

En las tablas 10.2.1 a 10.2.4 se indican una lista de acciones que se pueden llevar a cabo en la etapa de mitigación de la sequía para cada tipo de usuario.

Tabla 10.2 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Gubernamental

Nivel de sequía	D0: Anormalmente seco	D1: Moderada	D2: Severa	D3: Extraordinaria	D4: Excepcional
Medidas					
Desarrollar campañas públicas de educación con estrategias manejo de la demanda a corto y largo plazo *	X	X			
Identificar usuarios de alto consumo de agua y desarrollar metas de ahorro *			X	X	X
Implementar medidas de conservación que también provean beneficios de ahorro de agua durante periodos de sequía	X	X	X	X	X

Restringir la autorización de nuevas tomas			X	X	X
Implementar recargos en la época de sequías *			X	X	X
Implementar una tasa modificada para periodos de sequía *				X	X
Conducir auditorías de irrigación en los administradores municipales de parques y espacios abiertos *	X	X			
Educar al personal de los administradores o municipio sobre cómo ahorrar agua*	X	X	X	X	X
Proveer instrucciones a negocios u oficinas en el desarrollo de medidas específicas para sequías y planes de acciones directas *	X	X	X	X	X
Eliminar o reducir la irrigación en jardines y parques			X	X	X
Limitar el riego de exteriores a tiempos específicos del día	X	X	X	X	X
Limitar el número de días de riego a la semana	X	X	X	X	X
Establecer tiempos límite para el riego			X	X	X
Prohibir el riego durante el otoño, el invierno y los primeros meses de primavera				X	X
Convertir aspersores a irrigación de bajo volumen donde sea apropiado *	X	X	X		
Restringir dispositivos de rocío en exteriores			X	X	X
Limitar o prevenir lavado de las flotas de vehículos de la ciudad o el municipio			X	X	X
Limitar el lavado con hidrantes			X	X	X

Limitar el uso de del agua para entrenamiento en incendios		X	X	X	X
Eliminar todos los hidrantes de incendio, excepto aquellos requeridos para seguridad pública				X	X
Apagar fuentes ornamentales en los edificios y los parques	X	X	X	X	X
Instalar dispositivos ahorradores de agua en los baños de los edificios municipales *	X	X	X	X	X
Conducir auditorías de agua en instalaciones interiores *			X	X	X

Tabla 10.3 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Residencial

Nivel de sequía	D0: Anormalmente seco	D1: Moderada	D2: Severa	D3: Extraordinaria	D4: Excepcional
Medidas					
Aplicar restricciones de riego en jardines			X	X	X
Limitar riego exterior a tiempos específicos del día	X	X	X	X	X
Limitar el número de días de riego por semana			X	X	X
Establecer tiempo límite para el riego		X	X	X	X
Prohibir riego de los jardines durante el otoño, el invierno y la primavera temprana			X	X	X
Limitar el riego con manguera o dispositivos sin aspersores	X	X	X	X	X
Promover auditorías de agua en zonas exteriores			X	X	X
Convertir aspersores a irrigación de bajo consumo, donde sea apropiado	X	X	X	X	X

Limitar o restringir los dispositivos de rocío en exteriores	X	X	X	X	X
Limitar o prohibir el plantar nuevos árboles o vegetación paisajística			X	X	X
Aplicar guías de política para la instalación de nueva vegetación paisajística	X	X	X	X	X
Aplicar restricciones a la aplicación de agua a superficies impermeables	X	X	X	X	X
Prohibir o limitar el lavado de autos		X	X	X	X
Prohibir o limitar las fuentes sin recirculación de agua*	X	X	X	X	X
Prohibir o limitar el llenado y uso de albercas		X	X	X	X
Aplicar restricciones de agua en los interiores			X	X	X
Promover auditorías de agua en interiores			X	X	X
Promover instalación de dispositivos eficientes de agua *	X	X	X	X	X
Promover el uso de las aguas grises*	X	X	X	X	X
Proveer medidores acústicos para ayudar a los consumidores en identificar fugas *	X	X	X	X	X
Requerir el uso de dispositivos eficientes de agua en la reventa de casas o en remodelaciones *	X	X	X	X	X

Tabla 10.4 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Comercial

Nivel de sequía	D0: Anormal- mente seco	D1: Moderada	D2: Severa	D3: Extraor- dinaria	D4: Excepcional
Medidas					
Prohibir o limitar el uso de agua para la construcción			X	X	X

Aplicar guías de política o limitaciones para la instalación de nuevas plantas u otras aplicaciones paisajísticas	X	X	X	X	X
Aplicar restricciones de regadío en paisajes exteriores		X	X	X	X
Promover auditorías de agua en interiores y exteriores donde sea aplicable			X	X	X
Apagar la operación de fuentes ornamentales		X	X	X	X
Prohibir o limitar el llenado y uso de albercas		X	X	X	X
Promover y aplicar la instalación de dispositivos eficientes de agua	X	X	X	X	X
Apagar los surtidores de agua para los bebederos públicos			X	X	X
Promover la reducción del uso de aire acondicionado *			X	X	X
Promover que los edificios con aire acondicionado que usen agua eleven sus termostatos modestamente *			X	X	X
Prohibir el lavado de autos		X	X	X	X
Aplicar restricciones del uso de agua en el lavado de autos comerciales		X	X	X	X
Promover que los autolavados comerciales usen agua reciclada	X	X	X	X	X
Promover el servicio de de agua en restaurantes únicamente bajo pedido	X	X	X	X	X
Promover la reducción en la frecuencia del servicio de lavado y secado de toallas en hoteles *			X	X	X
Proveer recursos para el desarrollo de planes de conservación específicos en oficinas y negocios	X	X	X	X	X

Tabla 10.5 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Industrial

Nivel de sequía Medidas	D0: Anormal- mente seco	D1: Moderada	D2: Severa	D3: Extraor- dinaria	D4: Excepcional
Prohibir o limitar el uso del agua en la construcción			X	X	X
Aplicar guías de política para la instalación de nuevas plantas y otras aplicaciones paisajísticas	X	X	X	X	X
Aplicar restricciones de regadío en paisajes exteriores	X	X	X	X	X
Promover auditorías de agua en interiores y exteriores donde sea aplicable			X	X	X
Promover la reducción del uso de aire acondicionado con agua *			X	X	X
Promover que los edificios con aire acondicionado que usen agua eleven sus termostatos modestamente *		X	X	X	X
Promover la conversión al uso de torres de enfriamiento *	X	X	X	X	X

Recomendaciones para la difusión del PMPMS urbano

El PMPMS debe contener una secuencia metodológica de formación, ejecución y evaluación, y también obedecer a etapas y lineamientos específicos. Este es un Plan para enfrentar las sequías, es un producto, donde hay medidas de respuesta a la anticipación y presencia de la sequía, que deben ser específicas, precisas, en su caso tener medidas alternas, entre otros y considerar su aplicación en el tiempo.

Para la difusión del PMPMS se recomienda seguir el siguiente procedimiento.

- a) Formar un comité técnico interinstitucional, con la participación y cooperación de los organismos operadores de agua potable, para dar a conocer en sus

respectivas áreas de influencia el documentos, así como integrar y actualizar continuamente los siguientes temas:

- i. Información climática de la ciudad o municipio
 - ii. Información histórica la infraestructura y el abasto y producción agua para el sistema urbano.
 - iii. Información histórica sobre los patrones de demanda y consumo de agua en la ciudad.
 - iv. Balance hídrico y propuesta de mejoras y medidas de mitigación de sequía.
- b) Publicar el presente documento de trabajo en medios impresos y digitales, estableciendo espacios para recibir propuestas y comentarios de mejora y actualización.
- c) Actualizar periódicamente el PMPMS, integrando las propuestas de los diversos sectores de la sociedad, el Programa deberá ser aplicable a todos los sectores de uso del agua considerados en la región o que de manera externa podrían tener influencia en el fenómeno de la sequía, aunque no en la misma medida para todos.

Bibliografía

- Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2008. Plan Municipal de Desarrollo Tuxtla Gutiérrez 2008-2010.
- Bravo L. A., Salinas G. H. y Rumayor R.A., (Compiladores) 2006. Sequía: Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México. Libro técnico No. 4. 2ª. Edición, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Comisión Nacional del Agua 2010. Estadísticas del Agua en México, edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional del agua. 2000. Consejo de cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta. PDF.
- Comisión Nacional del Agua. 2010b. Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012 <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Diario Oficial de la Federación 2009. Tomo DCLXXI, No. 20 de México, D.F.
- IMTA-B. 2013. Documento de soporte teórico, Formulación de programas de medidas preventivas y de mitigación de la sequía.
- Índice Normalizado de Precipitación. Organización Meteorológica Mundial (Colorado Climate Center, 2012). http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_es.html.
- Instituto del agua Chiapas. 2013. Cuenca Costa de Chiapas <http://www.institutodelagua.chiapas.gob.mx/costa-de-chiapas>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. Censo Nacional de Población y Vivienda. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17118&c=27769&s=>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. México en cifras. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/default.aspx>

- Ley de Aguas Nacionales 2013. Congreso de la Unión. Última reforma publicada DOF 07-06-2013
- Planeación y Proyectos de Ingeniería, S. C., Noviembre 2000. Libro del Agua de la Cuenca de los ríos Grijalva – Usumacinta, Gerencia Regional Frontera Sur, Programa Hidráulico de Gran Visión 2001 – 2025.
- Organización Meteorológica Mundial. 2012. “Índice normalizado de precipitación - Guía de usuario”. OMM-No 1090. PDF.

