



COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

ORGANISMO DE CUENCA FRONTERA SUR

**PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA DE
LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

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

INFORME FINAL

Julio 2015

Índice

Capítulo 1. Introducción	7
1.1. Identificación de la localidad (municipio, ciudad, sistema de agua potable) al que está destinado el programa.....	7
1.1.1 Antigüedad y vida útil estimada de las instalaciones	7
• Objetivo.....	12
• Estrategias.....	12
Capítulo 2. ¿Qué es sequía?	13
Capítulo 3. Marco Legal e Institucional de la gestión urbana del agua en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	23
Capítulo 4. Descripción general del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	29
4.1. Ubicación y Población.....	29
4.2. Clima	31
4.3. Fisiografía.....	32
4.4. Vegetación.....	32
4.5. Áreas Naturales Protegidas	33
4.6. Uso del Suelo	34
4.7. Geología.....	35
4.8. Hidrología.....	36
4.9. Agricultura y Ganadería	36
Capítulo 5. Información climática	38
Capítulo 6. Evaluación de la oferta/abasto de agua	64
6.1. Lista de fuentes de suministro (superficiales y subterráneas, reúso, desalación u otras)	64
6.2. Descripción breve y lista de infraestructura existente	65
6.2.1. Tanques.....	65
6.2.2. Líneas de conducción.....	66
6.2.3. Infraestructura sanitaria.....	67
6.3. Producción histórica de agua	79
6.4. Producción per cápita	79
Capítulo 7. Evaluación de la demanda/consumo de agua.....	80
7.1. Cobertura del servicio de agua	80

7.2. Padrón y tipos de usuarios (tomas o cuentas).....	81
7.3. Consumo y dotación per cápita	83
7.4. Eficiencias	83
Capítulo 8. Balance de agua y evaluación de la capacidad instalada	84
8.1. Balance de agua.....	84
8.2. Capacidad de abasto/ capacidad instalada.....	85
8.3. Variaciones estacionales de oferta y demanda.....	86
Capítulo 9. Escenarios futuros de la producción y consumo	87
Capítulo 10. Análisis para la gestión del agua en sequía	90
10.1. Identificación de deficiencias/debilidades y áreas de oportunidad para mejora del servicio.....	90
Recomendaciones para la difusión del PMPMS urbano	97
Bibliografía.....	99

Índice de figuras

Figura 2.1 Distribución de los grados de Vulnerabilidad ante la sequía.....	20
Figura 2.2 Mapa de vulnerabilidad ante la Sequía.....	21
Figura 3.1 Elementos que integran PRONACOSE. Fuente: PRONACOSE, 2013.	26
Figura 4.1 Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en la subcuenca de Tuxtla Gutiérrez. Fuente. Google Earth, 2014.....	30
Figura 4.2. Vegetación y uso de suelo de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	33
Figura 4.3. Edafología de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	35
Figura 4.4. Geología de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	36
Figura 4.5. Producción agrícola de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	37
Figura 4.6. Censo de Población de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	31
Figura 4.7. Panorama sociodemográfico de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	31
Figura 5.1. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	41
Figura 5.2. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	42
Figura 5.3. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	42
Figura 5.4. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	43

Figura 5.5. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	44
Figura 5.6. Eventos históricos del SPI de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	44
Figura 5.7. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	45
Figura 5.8. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	45
Figura 5.9. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	46
Figura 5.10. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	47
Figura 5.11. Eventos históricos del SPI de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	47
Figura 5.12. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	48
Figura 5.13. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	48
Figura 5.14. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	49
Figura 5.15. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	50
Figura 5.16. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	51
Figura 5.17. Eventos históricos del SPI de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	51
Figura 5.18. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	52
Figura 5.19. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	53
Figura 5.20. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	53
Figura 5.21. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	54
Figura 5.22. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	55
Figura 5.23. Eventos históricos del SPI de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	55
Figura 5.24. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	56

Figura 5.25. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	57
Figura 5.26. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	57
Figura 5.27. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	58
Figura 5.28. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.	59
Figura 5.29. Eventos históricos del SPI de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	59
Figura 5.30 PRONACOSE. Tipo de sequía Anormalmente seco.....	62
Figura 5.31. PRONACOSE Tipo de sequía Moderada.	62
Figura 5.32 Tipo de sequía Anormalmente Severa.	63
Figura 5.33 PRONACOSE. Tipo de sequía Extrema.....	63
Figura 6.1. Esquema de la red primaria de alcantarillado de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (fuente SMAPA).....	78

Índice de tablas

Tabla 5. 1. Valores y fases del SPI.....	39
Tabla 5. 2. Estaciones climáticas por periodos.....	40
Tabla 5. 3. Tabla de eventos históricos del SPI de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	43
Tabla 5.4. Eventos históricos del SPI de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	46
Tabla 5.5 Eventos históricos del SPI de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	50
Tabla 5. 6. Eventos históricos del SPI de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	54
Tabla 5. 7. Eventos históricos del SPI de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.....	58
Tabla 5.8. Estadísticos según el PRONACOSE para eventos de sequía de los años 2008 al 2014.....	61
Tabla 6.1. Fuentes de suministro.....	64
Tabla 6.3 Volúmenes de regulación de a O.O.....	65
Tabla 6.4. Diámetros y longitudes de la red de distribución (elaboración del SMAPA a partir de información contenida en planos y reportes de fugas).....	66
Tabla 6.5. Características planta de tratamiento "Paso Limón".....	67
Tabla 6.6. Características planta de tratamiento "Tuchtlan".....	69

Tabla 6.7. Características planta de tratamiento “Copoya”	70
Tabla 6.8. Características planta de tratamiento “Jobo”	72
Tabla 6.9. Volumen producido y producción per cápita.	80
Tabla 7. 1 Cobertura del servicio de agua (fuente SMAPA).	81
Tabla 7.2 Tipo de usuarios y consumos 2012 (fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012).	82
Tabla 7.3. Consumo y dotación per cápita (fuente SMAPA).	83
Tabla 7.4. Eficiencia (fuente SMAPA).	84
Tabla 8.1. Balance de Agua 2013 (fuente: SMAPA).	85
Tabla 8.2. Dotación y consumo anual contra capacidad instalada.	86
Tabla 8.3. Dotación mensual, volumen (m3) producido mensual/habitantes.	87
Tabla 9.1. Prospección de la demanda de agua de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	89
Tabla 10.1 Análisis de problemáticas para guiar la acciones de prevención.	90
Tabla 10.2. Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Gubernamental.	91
Tabla 10.3 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Residencial.	93
Tabla 10.4 Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Comercial.	95
Tabla 10.5. Acciones de mitigación según nivel de sequía. Sector Industrial.	96

Capítulo 1. Introducción

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

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas con clave geoestadística INEGI 07101 se encuentra entre los paralelos 16°38' y 16°51' de latitud norte; los meridianos 93°02' y 93°15' de longitud oeste; altitud entre 200 y 1,500 msnm. Colinda al norte con los municipios de San Fernando, Osumacinta y Chiapa de Corzo; al este con el municipio de Chiapa de Corzo; al sur con los municipios de Suchiapa y Ocozocoautla de Espinosa; al oeste con los municipios de Ocozocoautla de Espinosa y Berriozábal. Ocupa el 0.46% de la superficie del estado.

El organismo operador del agua potable es: Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA), con dirección oficial en: Boulevard Andrés Serra Rojas #1090, Anexo 3B Nivel 3, Torre Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Teléfonos (961) 61 8 71 70 y 61 8 71 71, C.P. 29000

1.1.1 Antigüedad y vida útil estimada de las instalaciones

En 1560, unos frailes dominicos, encabezados por fray Antonio de Pamplona, fundaron formalmente dentro de esta comarca, el pueblo de San Marcos Evangelista Tuxtla en la margen derecha del río El Sabinal. La Ciudad de Tuxtla Gutiérrez tiene aproximadamente 445 años.

El 19 de junio de 1768, por decreto del rey de España, la Real Audiencia obtuvo cédula para que Chiapas se dividiera en dos alcaldías mayores: La de Ciudad Real y la nueva alcaldía de Tuxtla y Chiapa, cuya cabecera era San Marcos Tuxtla y su primer alcalde Juan de Oliver fungió en 1769. La alcaldía de Tuxtla y Chiapas

tuvo jurisdicción en los partidos zoques y soctones y surgió para controlar el gran número de tributos indígenas recolectados allí y por su ubicación estratégica. La alcaldía de Ciudad Real (actualmente San Cristóbal de las Casas) siguió teniendo jurisdicción en el resto de la provincia.

Tuxtla Gutiérrez fue una de las primeras poblaciones capitales de estado en contar con agua entubada mediante el aprovechamiento de manantiales. Durante un largo periodo pareció ser suficiente para dotar a la población y aún regar parques y jardines, así como para alimentar las fuentes ubicadas en todos los barrios, de donde se surtían los pobladores que carecían de servicios en sus hogares. El problema de la escasez en época de estiaje continua y en busca de soluciones se obtiene un crédito para la obra de construcción de una galería filtrante en La Chacona y su tubería de conducción, en el año 1937, con capital del Gobierno del Estado, el Banco Hipotecario Urbano y de Obras Públicas y el Ayuntamiento; con lo que se abastece a la ciudad con 50 litros por segundo que en esa época tenía 20,000 habitantes.

De 1954 a 1957: Ante la demanda de una ciudad de 35,000 habitantes, que necesitaba 132 litros por segundo y solo podía abastecer en época de lluvias un total de 105 lts/seg, se realizó un estudio de 12 alternativas para proveer de agua a Tuxtla, siendo la alternativa más viable y económica el construir una galería filtrante en el río Santo Domingo para surtir por bombeo mediante líneas de conducción y 3 rebombes (que hoy llamamos línea antigua) y una nueva conducción de La Chacona a la ciudad.

De 1970 a 1980: Debido a la continuidad de los problemas basados en la falta de abastecimiento por la creciente demanda (66,000 habitantes) se instalan nuevos equipos de bombeo en las estaciones de Santo Domingo, que permiten aprovechar su máxima capacidad de 200 lts/seg. Se inicia el programa de seccionamiento de la red con sus tanques reguladores y la conducción al tanque

de La Lomita de 3,000 mts cúbicos, pero la obra más importante sin lugar dudas es la construcción de la planta potabilizadora para tratar 500 L.P.S. Cabe mencionar que en esta época el sistema era parte de la Junta Federal de Agua Potable (SRH, SARH, SAHOP) hasta 1979.

De 1981 a 1985: Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Chiapas: Tuxtla es una ciudad de 150,000 habitantes a finales de los setenta. El problema más palpable en esta época es el escaso sistema de drenaje que hay en la ciudad y que en época de lluvias su capacidad se ve rebasada por la cantidad de líquido de las avenidas. Se lleva a cabo la obra del cárcamo de Santo Domingo y la planta potabilizadora dos, asegurando el abastecimiento para Tuxtla de un gasto máximo de 1,000 litros.

De 1985 a 1995: Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se realizan las obras de la Barcaza sobre el río Grijalva para abastecer en época de estiaje con 500 litros por segundo más y el tanque sedimentador en la captación del río Santo Domingo para apoyar en la labor de las plantas potabilizadoras en la época de lluvias.

De 1995 a 2000: Se cuenta con cinco captaciones río Grijalva, río Santo Domingo, La Chacona, San Agustín, y Rancho Viejo, con las que se captan y distribuyen 1,250 litros por segundo a más de 100,000 tomas domiciliarias.

- **Ciudad del Agua**

Tuxtla Gutiérrez cuenta con la planta potabilizadora “Ciudad del Agua Juan Sabines Gutiérrez”, con una producción de 2000 litros de agua por segundo, lo que permite abastecer, del vital líquido a la población tuxtleca. El agua se capta directamente del río Grijalva, frente a la isla Cahuaré, a unos 500 metros del

puede Belisario Domínguez que comunica a Tuxtla Gutiérrez, con Chiapa de Corzo.

El complejo hidráulico fue construido por el gobernador Juan Sabines Guerrero, quien preocupado por la escasez de agua que se estaba presentando en la ciudad, dio origen a un proyecto integral, para luego edificar una planta potabilizadora que garantiza que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, tenga suficiente agua para los próximos 30 años.

Desde el inicio de su gestión como diputado local en el año 2003, el ahora ex gobernador, presentó el proyecto, en contraste a la situación que padecía la ciudad. Por un lado situada a escasos kilómetros del segundo río más caudaloso de México; por el otro con graves carencias en el suministro de agua potable para una población mayor a los 600 mil habitantes.

El 4 de septiembre de 2007, el presidente C. Felipe Calderón Hinojosa y el gobernador C. Juan Sabines Guerrero, inauguraron la magna obra, que brinda el servicio de agua potable de calidad las 24 horas, los 365 días del año. La obra se construyó con una inversión de 400 millones de pesos, el 70 por ciento de los recursos se destinaron a la compra de materiales y equipos de alta tecnología, y el 30 por ciento a la obra civil.

La planta potabilizadora y línea de conducción son actualmente el complejo hidráulico más importante del sureste de la República; equipada con tecnología francesa. Consta de una planta potabilizadora de 2000 litros por segundo, incluye una obra de toma, un proceso de pretratamiento, dos sedimentadores, un sistema de filtración y uno de cloración.

Cuenta también con 4 estaciones de bombeo y 17 kilómetros de líneas de conducción de 48 y 36 pulgadas de diámetro con una tubería de hierro dúctil,

consideradas la columna vertebral del sistema de distribución de agua potable en la ciudad.

La cobertura actual en el servicio de agua potable es del 90 por ciento, se necesita de mayor infraestructura para llevar el agua a toda la ciudad. En este sentido, el gobierno municipal, debe dar continuidad al proyecto del brazo Sur y Norte que dotará del vital líquido a toda la ciudad. Dependiendo del mantenimiento que se den a estas instalaciones, su vida útil puede ser indefinida.

- **Objetivo**

“Proponer medidas preventivas y de mitigación de la sequía de modo que se incremente la seguridad hídrica en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, 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?

El concepto de sequía puede definirse de manera general como: “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 la 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 Baja, desatancando con vulnerabilidad Muy alta, la cuenca Laguna Mar Muerto, Tapanatepec, Encajonado y Cintalapa (Figuras 2.1 y 2.2).

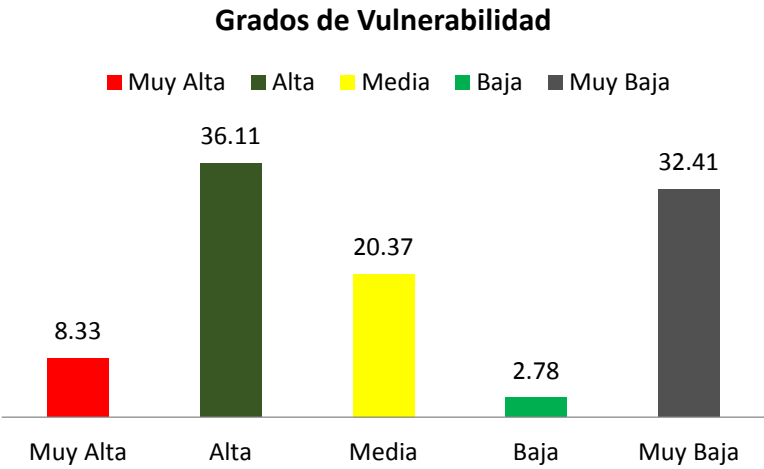


Figura 2.1 Distribución de los grados de Vulnerabilidad ante la sequía.

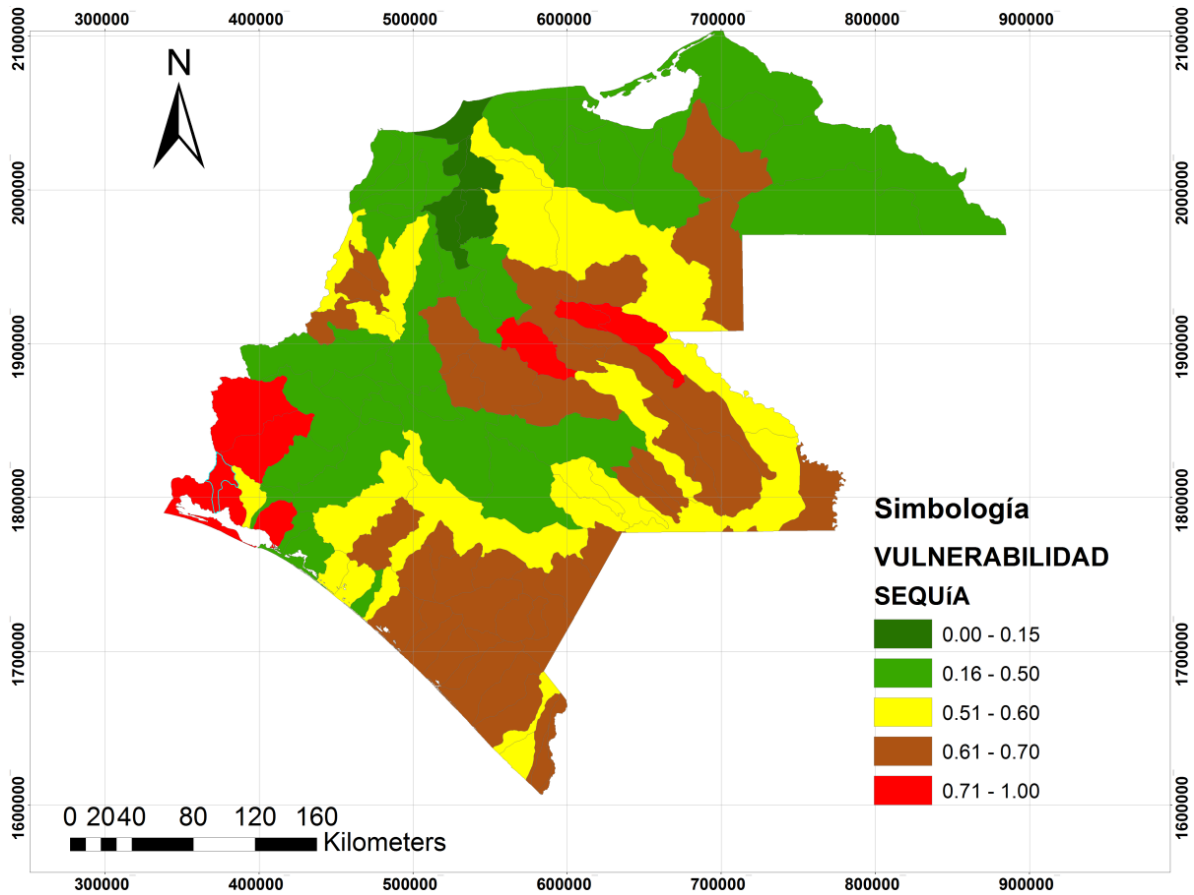


Figura 2.2 Mapa de vulnerabilidad ante la Sequía.

- **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 que utilizan para abastecerse 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 que por el contrario, se debe adoptar primeramente estrategias de control y reducción de la demanda. Entre las principales medidas están 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 Tuxtla Gutiérrez, 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.

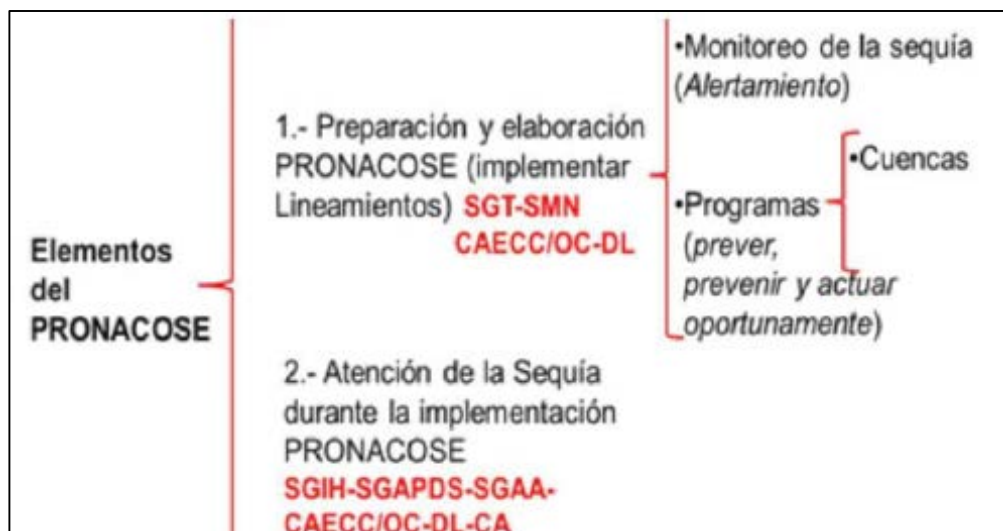


Figura 3.1 Elementos que integran PRONACOSE. Fuente: PRONACOSE, 2013.

- **Programas de Organismos de Cuenca 2013**

Con base en el PRONACOSE en abril de 2013, la SEMARNAT y el IMTA expedieron la Guía para la formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Posteriormente se expedieron 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 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

4.1. Ubicación y Población

Está ubicado en la Depresión Central presentando relieve montañoso tanto al sur como al norte, sus coordenadas geográficas son 16° 45' N y 93°07' W. Limita al norte con San Fernando y Osumacinta, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Suchiapa y al oeste con Ocozocoautla y Berriozábal.

Su extensión territorial es de 412.40 km², lo que representa el 3.26 por ciento de la región Centro y el 0.55 de la superficie estatal, su altitud en la parte central del valle es de 525 sobre el nivel del mar (msnm). En México, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es considerada de mediana extensión territorial. Entre las ciudades del sur es más extensa que Villahermosa, Campeche y Oaxaca, y menos extensa que Mérida (Figura 4.1).



Figura 4.1 Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en la subcuenca de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: Google Earth, 2014.

De acuerdo al censo de población y vivienda (INEGI, 2010). La distribución de la población en el territorio chiapaneco a nivel municipal, muestra que la capital del estado, Tuxtla Gutiérrez, concentra a más de medio millón de habitantes (553 374), el cual es de los municipios más poblados del Estado (Figuras 4.6 y 4.7).

Volumen poblacional y sexo	Nacional	Estado de Chiapas	Municipio de Tuxtla Gutiérrez
Total de habitantes	112,336,538	4,796,580	553,374
Total de población masculina	54,855,231	2,352,807	263,941
% de la población masculina	48.83	49.05	47.70
Total de población femenina	57,481,307	2,443,773	289,433
% de población femenina	51.17	50.95	52.30
Relación hombres-mujeres*	95.43	96.28	91.19

Figura 4.6. Censo de Población de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
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

Figura 4.7. Panorama sociodemográfico de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Fuente. INEGI, 2010.

4.2. Clima

El clima predominante en el municipio es el cálido subhúmedo con lluvias en verano (de mayo a octubre), con temperatura máxima antes del solsticio de verano y poca oscilación termal a lo largo del año. En las partes más altas se presentan variaciones de promedio térmicos y de humedad. En los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va de los 15°C a los 22.5°C, mientras que la máxima promedio oscila entre 27°C y 34.5°C. En el periodo de noviembre-abril, la temperatura mínima promedio va de 12°C a 18°C, y la máxima promedio fluctúa entre 24°C y 33°C. En los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 900 mm y los 1,200 mm, y en el periodo de noviembre-abril, la precipitación media va de los 25 mm a 200 mm.

4.3. Fisiografía

El municipio de Tuxtla Gutiérrez está ubicado en la Depresión Central de Chiapas. Fisiográficamente está compuesta por el Valle de Tuxtla y zonas de relieve montañoso tanto al sur como al norte del municipio: la mesa de Copoya con la eminencia del cerro Mactumatzá y la Mesa de las Ánimas que bordea el Cañón del Sumidero. El valle comienza en la frontera con el municipio conurbado de Berriozábal y avanza hasta terminar en las riberas del Río Grande. La altitud del valle oscila entre 520 y 600 msnm. Sus principales elevaciones son:

- Cerro Mactumatzá: 16°43 'N, 93°09 'O y 1160 msnm.
- Cerro Tampongozoc: 16°48 'N, 93°12 'O y 1040 msnm.
- Loma Verde: 16°48 'N, 93°09 'O y 1000 msnm.
- Loma Zanate: 16°42 'N, 93°08 'O y 920 msnm.
- Cerro Hueco: 16°43 'N, 93°05 'O y 900 msnm.
- Loma El Tambor: 16°47 'N, 93°10 'O y 900 msnm.
- Loma El Tarai: 16°47 'N, 93°08 'O y 840 msnm.
- Mesa Nido de Águilas: 16°46 'N, 93°08 'O y 720 msnm

4.4. Vegetación

La vegetación presente en el municipio es la siguiente: vegetación secundaria (selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) que abarca el 24.18 por ciento; selvas secas (selva baja caducifolia y subcaducifolia) el 15.20; pastizales y herbazales (pastizal inducido) el 4.56; vegetación secundaria (selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) 0.29; selvas húmedas y subhúmedas (selva

alta y mediana subperennifolia) que abarca el 0.23 y bosques deciduos (bosque de encino) que ocupan el 0.18 de la superficie municipal (Figura 4.2).

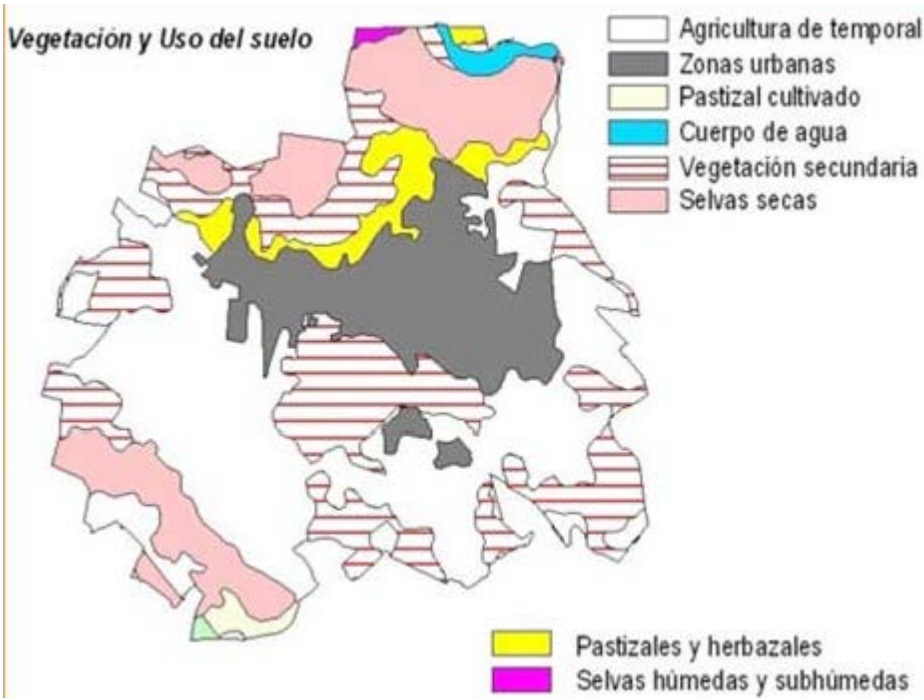


Figura 4.2. Vegetación y uso de suelo de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Fuente. Plan Municipal de Desarrollo Tuxtla Gutiérrez, 2008.

4.5. Áreas Naturales Protegidas

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.

En el municipio se encuentran áreas naturales protegidas que son: La Reserva Estatal “Cerro Mactumatzá” constituida principalmente de vegetación secundaria (selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria

arbustiva y herbácea), 613.20 hectáreas de esta reserva se ubican en el municipio que representan el 1.81 por ciento de la superficie municipal y el Centro Ecológico Recreativo “El Zapotal” constituido principalmente de vegetación secundaria (selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea), 80.5 hectáreas de este centro se encuentran en el municipio representando el 0.24 de la superficie municipal; además abarca porciones del Parque Nacional “Cañón del Sumidero” el cual se constituye principalmente de selvas secas (selva baja caducifolia y subcaducifolia), 3,781.32 hectáreas de este parque se ubican en el municipio representando el 11.15 por ciento del territorio municipal y de la Zona Protectora Forestal Vedada “Villa Allende” la cual se constituye principalmente de selvas secas (selva baja caducifolia y subcaducifolia), 445.03 hectáreas de esta zona se ubican en el municipio representando el 1.31 por ciento de la superficie municipal.

4.6. Uso del Suelo

El aprovechamiento de la superficie del territorio municipal es: agricultura de temporal con el 36.48 por ciento; pastizal cultivado con el 0.93; y la zona urbana que ocupa el 17.08 de la superficie municipal. Los tipos de suelos presentes en el municipio son: litosol con el 29.26 por ciento; regosol con el 20.46; rendzina con el 24.39; vertisol con el 23.22 y la zona urbana que ocupa el 2.66 de la superficie municipal. El área urbana actual abarca 7,800.0 hectáreas (incluyendo el aeropuerto militar, Copoya, El Jobo y la colonia Alianza Popular), en donde habita una población urbana permanente de 543,900 habitantes, dando una densidad promedio de 69.73 hab./ha. En ella, el 46.8 por ciento tiene un uso habitacional de diversas tipologías y densidades; el 2.1 son de uso comercial; otro 2.1 de uso mixto (habitacional, comercial y de servicios); el 2.2

son corredores comerciales y de servicios, uso que se presenta a todo lo largo de las principales avenidas y bulevares; el 0.5 son espacios de usos colectivos o comunitarios, religiosos, sindicales o de servicio; el 1.1 son de uso industrial y agroindustrial; el 5.5 son grandes predios baldíos (incluyendo el predio del viejo aeropuerto de Terán). El 10.6 por ciento del suelo urbano se destina para el equipamiento e infraestructura urbana, el 4.9 se destina como equipamiento verde (no incluye la Reserva Estatal El Zapotal), el 0.2 se destina para la zona militar, el 1.8 se destina en escurrimientos superficiales, el 0.3 se destina a las franjas federales a todo lo largo de las líneas de alta tensión, y el 21.9 se destina a todas las vialidades existentes (Figura 4.3).

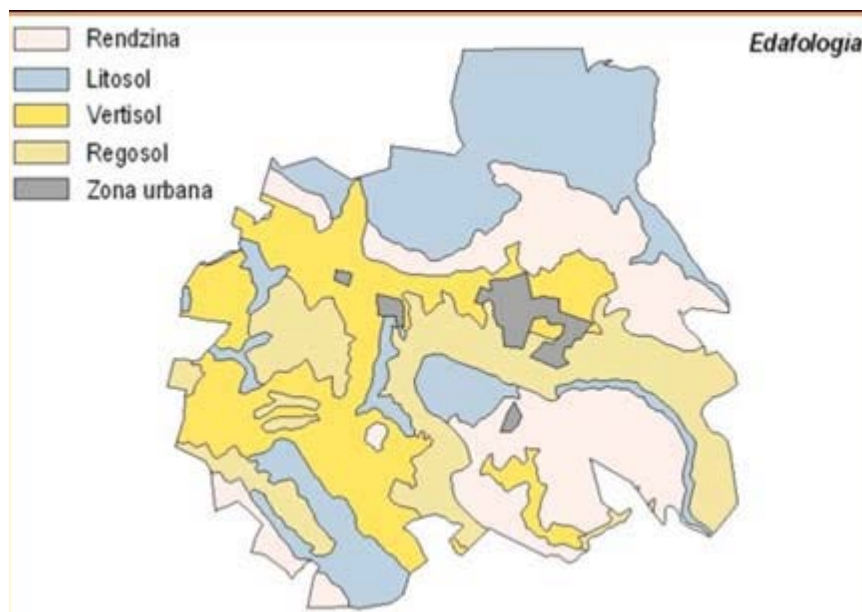


Figura 4.3. Edafología de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Fuente. Plan Municipal de Desarrollo Tuxtla Gutiérrez, 2008.

4.7. Geología

La corteza terrestre del municipio está formada por: rocas sedimentarias (arenisca que abarca el 41.7 por ciento; caliza el 25.65; limolita el 15.16; lutita el 5) y suelos aluviales que ocupan el 12.49 de la superficie municipal (Figura 4.4).



Figura 4.4. Geología de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fuente. Plan Municipal de Desarrollo Tuxtla Gutiérrez, 2008.

4.8. Hidrología

Las principales corrientes del municipio son: los ríos perennes El Sabinal y Grijalva; y los ríos intermitentes Sabino, San Francisco y Poti, entre otros. El territorio municipal se encuentra dentro de las subcuencas Tuxtla Gutiérrez, Suchiapa, Presa Chicoasén (de la cuenca Río Grijalva Tuxtla Gutiérrez).

4.9. Agricultura y Ganadería

Las 4,518 hectáreas dedicadas a la agricultura en el municipio representan el 0.29 por ciento del total estatal, dedicados principalmente al cultivo del maíz y sorgo, como cultivos cíclicos; y al café y limón como perennes, ambos de temporal. El volumen de la producción total significa el 0.53 por ciento de la producción chiapaneca, con un valor total 15 millones 409 mil pesos (Figura 4.5).

Producción agrícola de Tuxtla Gutiérrez

PRINCIPALES CULTIVOS	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	
	VOLUMEN (TONELADAS)	VALOR (MILES DE PESOS)
Total	8,914	15 409.00
Cultivos Cíclicos	8,762	14 773.00
Maíz Grano	8,490	14 433.00
Sorgo Grano	272	340.00
Cultivos Perennes	152	636.00
Café	136	612.00
Limón	16	24.00

Figura 4.5. Producción agrícola de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Fuente. Plan Municipal de Desarrollo Tuxtla Gutiérrez, 2008.

La actividad ganadera en el municipio de Tuxtla Gutiérrez es poco significativa a nivel estatal. La existencia de especies ganaderas en el municipio es de 91,702 cabezas de ganado, distribuidos de la siguiente manera: 76,816 son aves, 6,843 es ganado porcino 6,677 bovino, 793 equino y 573 ovino; en conjunto hacen un valor de la producción de 51 millones 702 mil 90 pesos, que representa el 0.25 por ciento del valor estatal. En Tuxtla, al año se sacrifican 139,685 cabezas de ganado (incluida pollos de engorda y gallinas de desecho); de los cuales 26,643 son bovinos, 2,117 porcinos y 191 ovino, el resto son aves. Con un volumen de producción de carne de 657 toneladas con valor aproximado de 21 millones 534 mil 760 pesos.

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. Valores y fases del 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, 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 de la cuenca del Rio Sabinal. En total se analizaron 8 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.

La subcuenca Tuxtla Gutiérrez cuenta con tres estaciones climatológicas dentro de la subcuenca: Berriozábal, San Fernando y Tuxtla (DGE), se analizaron

también las estaciones más próximas al área de estudio: El Progreso, Galeana, Ocozocoautla, Las Limas y La Selva.

A continuación se enlistan las estaciones climatológicas analizadas.

Tabla 5. 2. Estaciones climáticas por periodos.

Estación Climatológica	Periodo Calculado
Tuxtla Gutiérrez (DGE)	1952 - 2010
Berriozábal	1989 - 2012
El Progreso	1988 - 2011
Galeana	1983 - 2004
La Selva	1988 - 1999
Las Limas	1990 - 1999
Ocozocoautla	1953 - 2012
San Fernando	1997 - 2011

Las estaciones climatológicas que cumplen con el periodo de estudio (20 años mínimos) son: Berriozábal con 24 años, El Progreso con 24 años, Galeana con 22 años, Ocozocoautla con 55 años y Tuxtla Gutiérrez DGE 59 años de registro. De las estaciones anteriores se estimaron los datos diarios faltantes con el método llamado inverso de la distancia (Campos Aranda, 1998). Una vez completados los datos diarios se obtuvo la lluvia mensual para cada una de las estaciones, y se realizó la estimación de datos mensuales faltantes para aquellas estaciones que así lo requirieron. 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 años completos de cada una de las estaciones. Completada las estaciones climatológicas con todos los datos de precipitación (datos medidos y estimados faltantes) se precedió a estimar el SPI para cada una de las estaciones, como se muestra en las figuras siguientes:

Estación Tuxtla Gutiérrez (DGE)

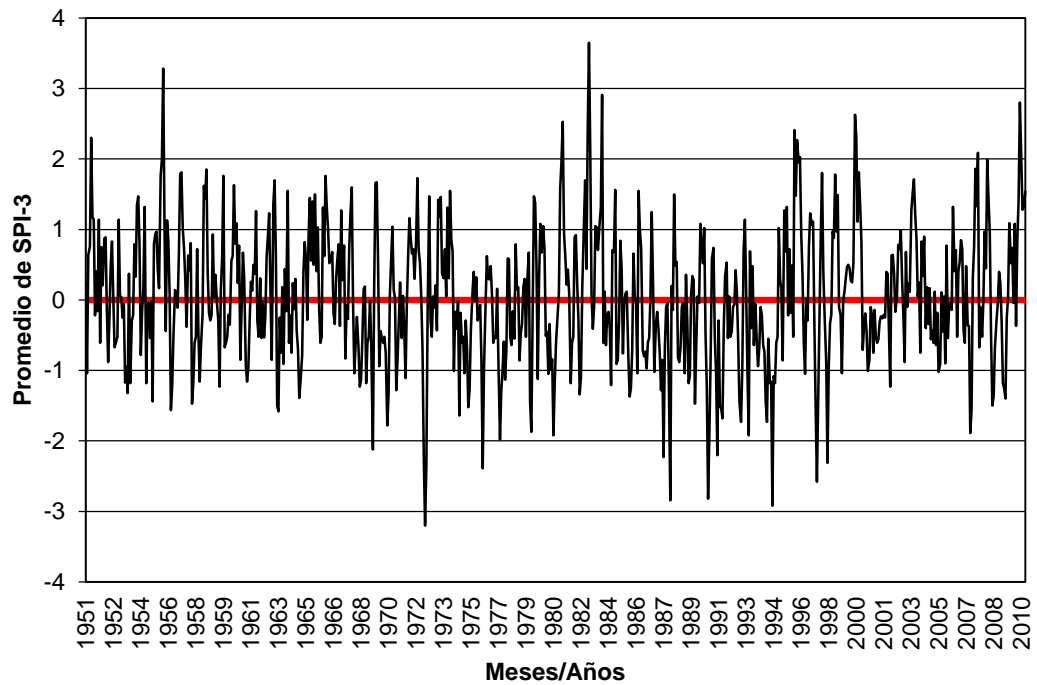


Figura 5.1. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez

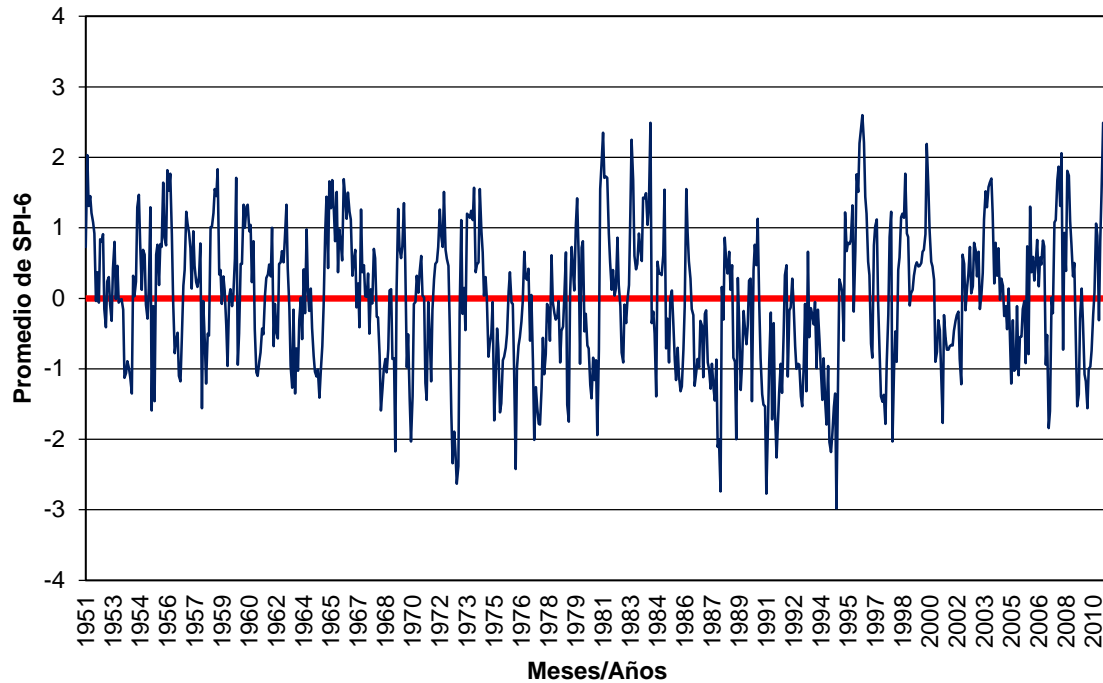


Figura 5.2. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez

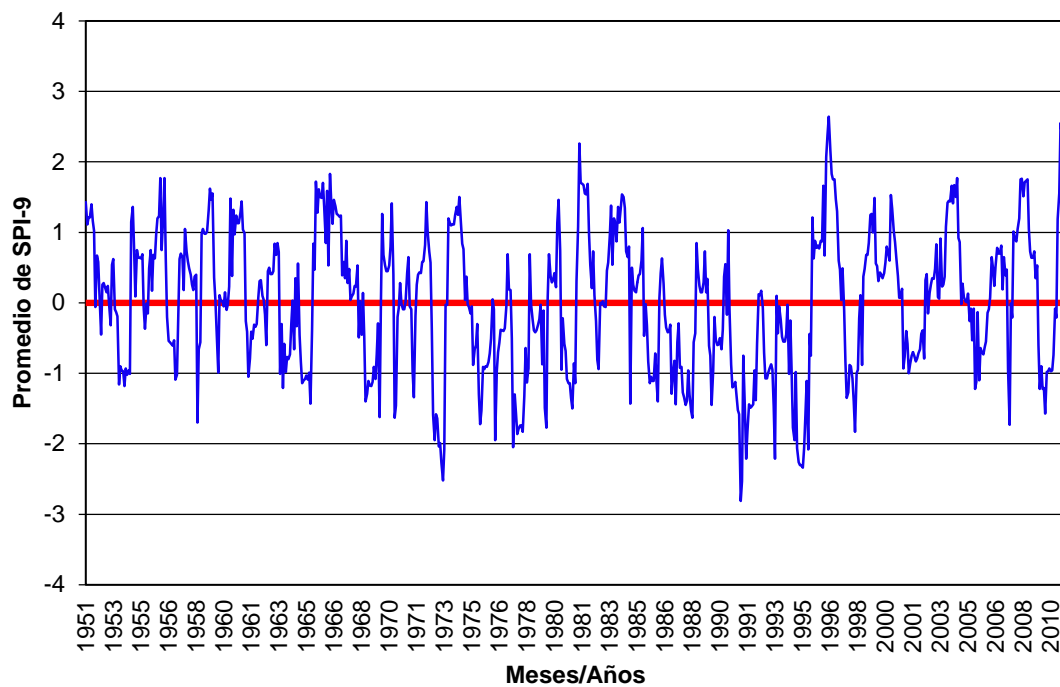


Figura 5.3. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

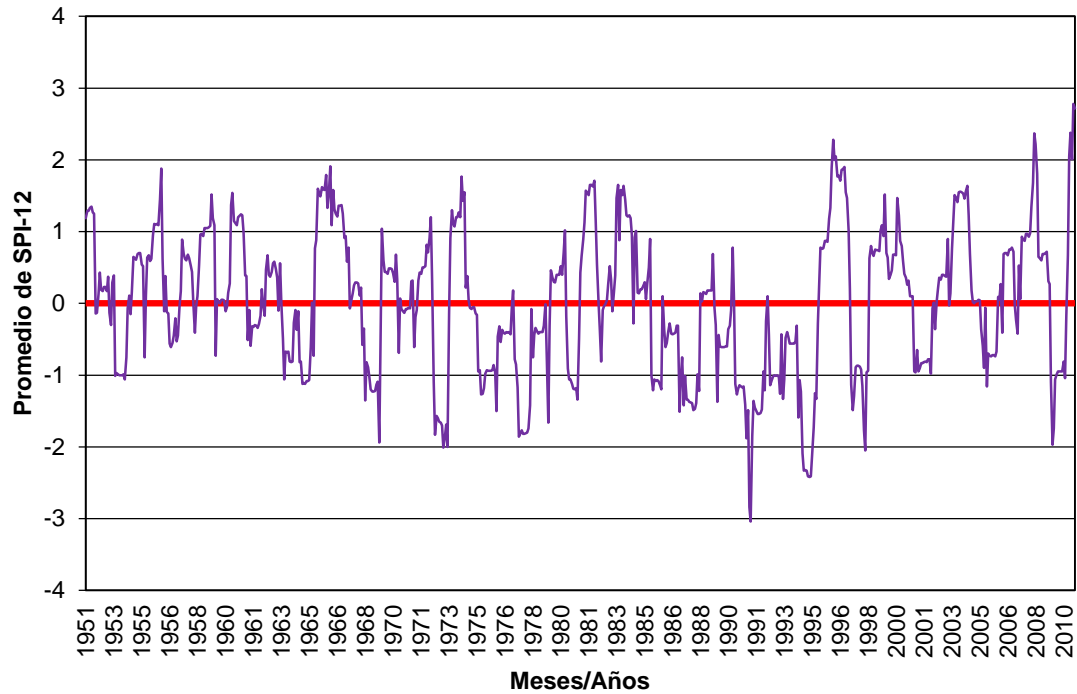


Figura 5.4. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 5. 3. Tabla de eventos históricos del SPI de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez

Valor del SPI			Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2	y	Más	Extremadamente húmedo	16	14	10	10
1.5	a	1.99	Muy húmedo	31	36	35	43
1	a	1.49	Moderadamente húmedo	62	66	80	71
-0.99	a	0.99	Condiciones normales	512	474	465	448
-1	a	-1.49	Sequía moderada	65	77	75	90
-1.5	a	-1.99	Sequía severa	20	30	31	34
-2	y	Menos	Sequía extrema	12	18	16	13
				718	715	712	709

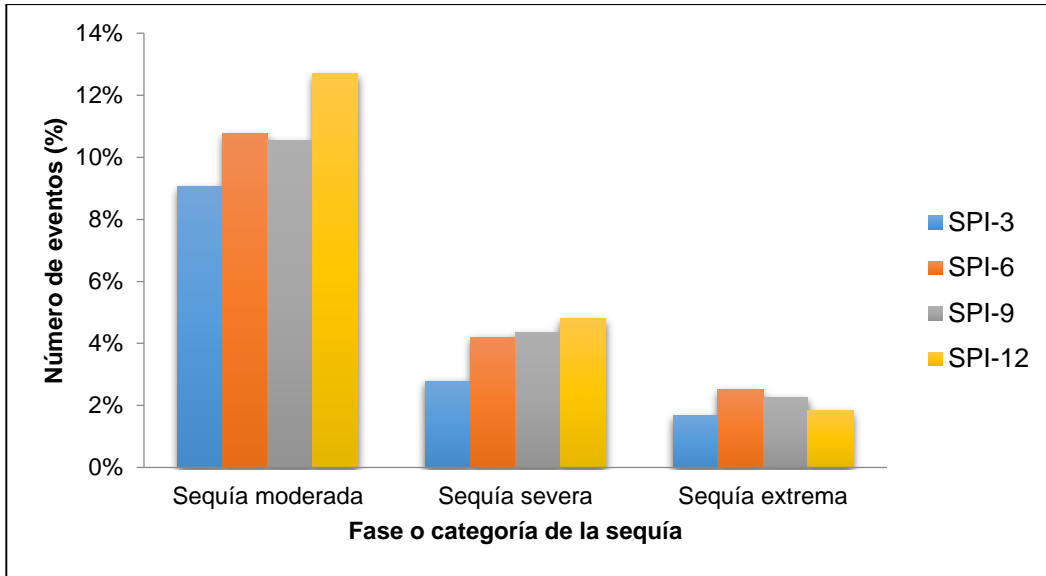


Figura 5.5. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

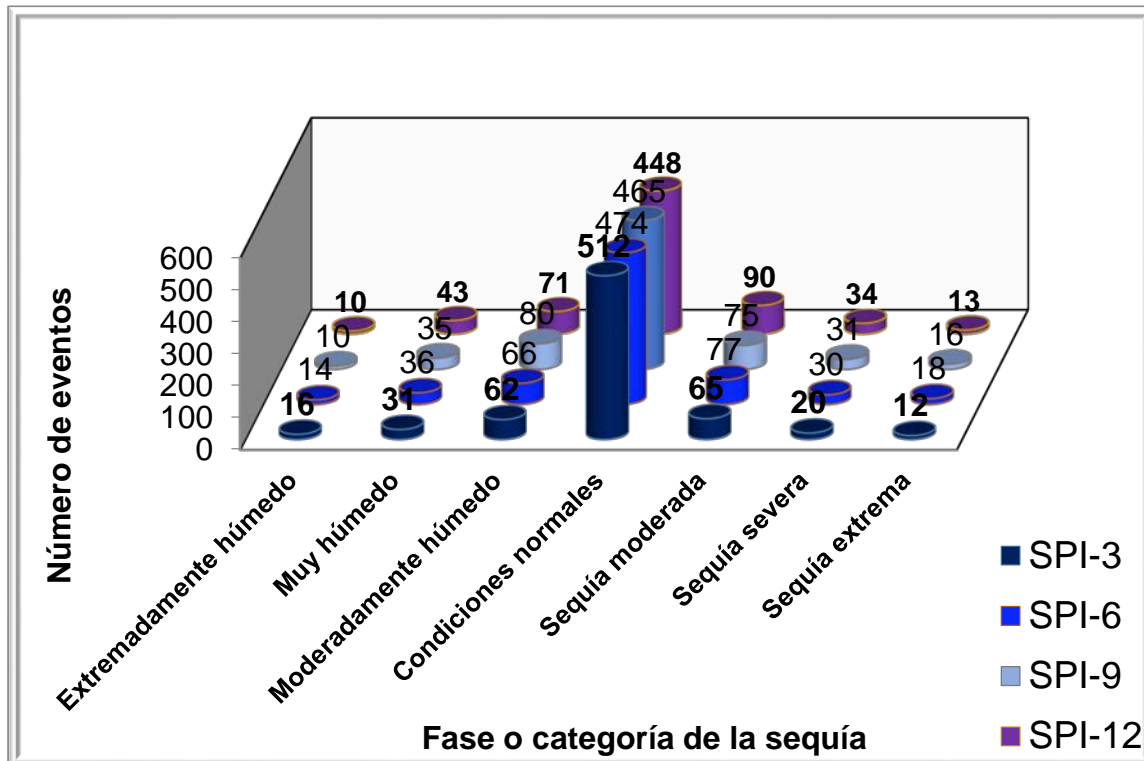


Figura 5.6. Eventos históricos del SPI de la estación Tuxtla Gutiérrez DGE, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Estación Berriozábal

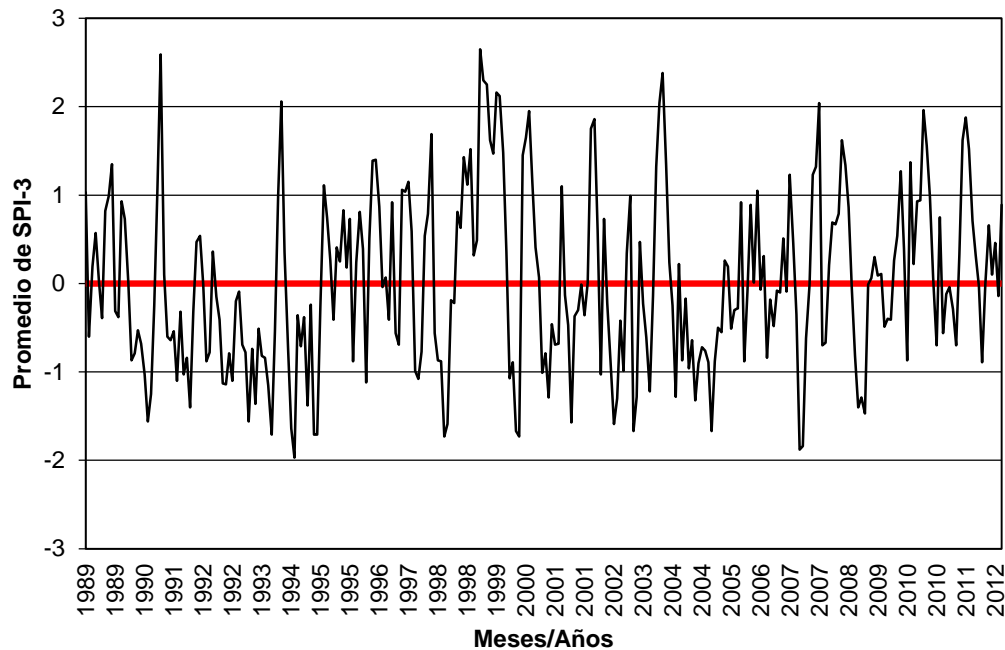


Figura 5.7. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

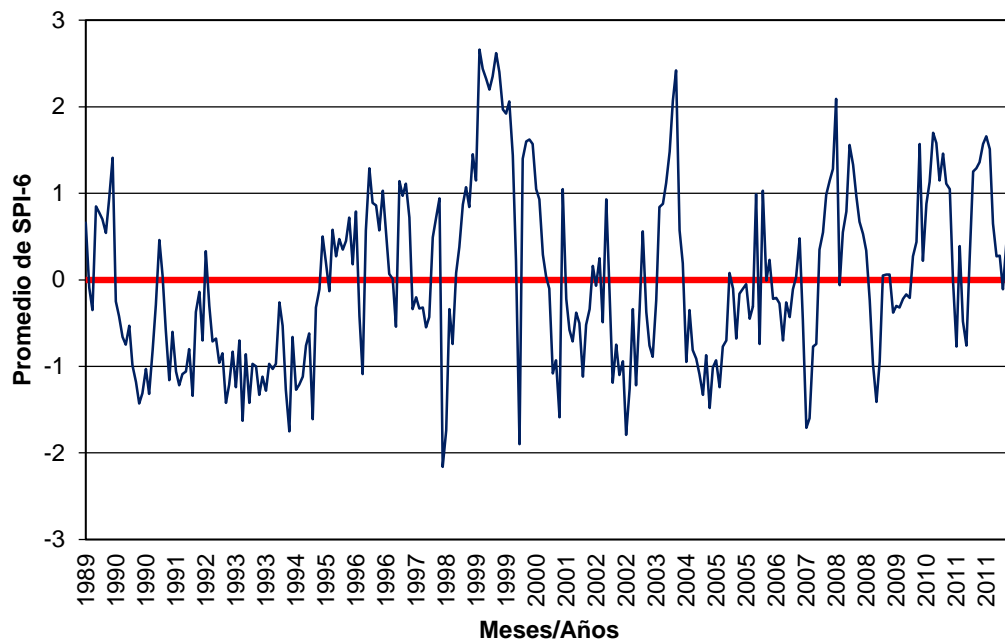


Figura 5.8. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

**Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Berriozabal,
para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez**

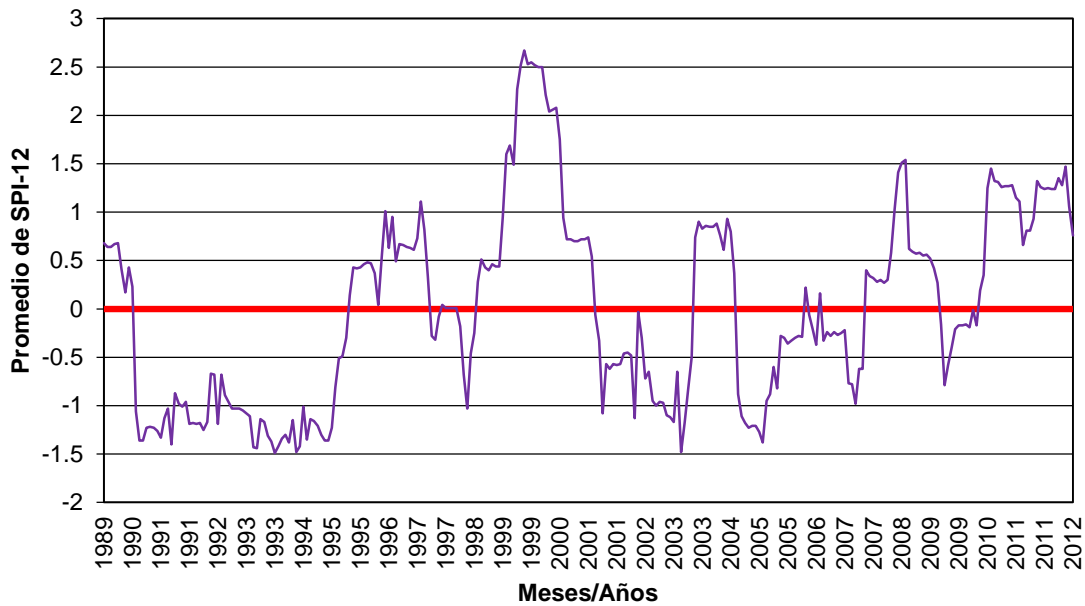


Figura 5.9. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 5.4. Eventos históricos del SPI de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Valor del SPI	Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2 y Mas	Extremadamente húmedo	10	11	9	12
1.5 a 1.99	Muy húmedo	13	12	11	5
1 a 1.49	Moderadamente húmedo	25	26	28	25
-0.99 a 0.99	Condiciones normales	190	182	168	167
-1 a -1.49	Sequía moderada	27	38	55	63
-1.5 a -1.99	Sequía severa	17	9	5	1
-2 y Menos	Sequía extrema	0	1	0	0
		282	279	276	273

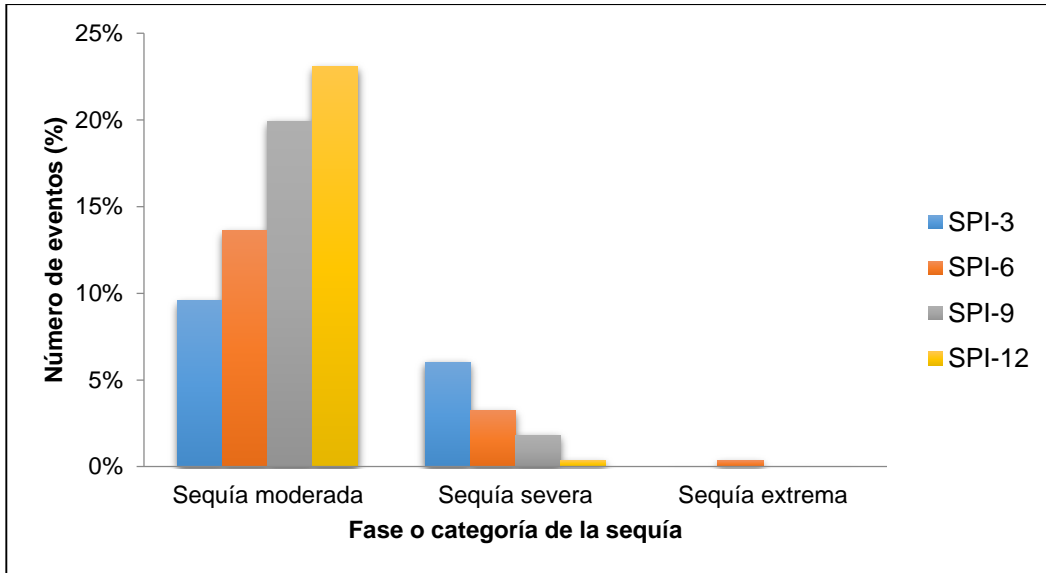


Figura 5.10. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

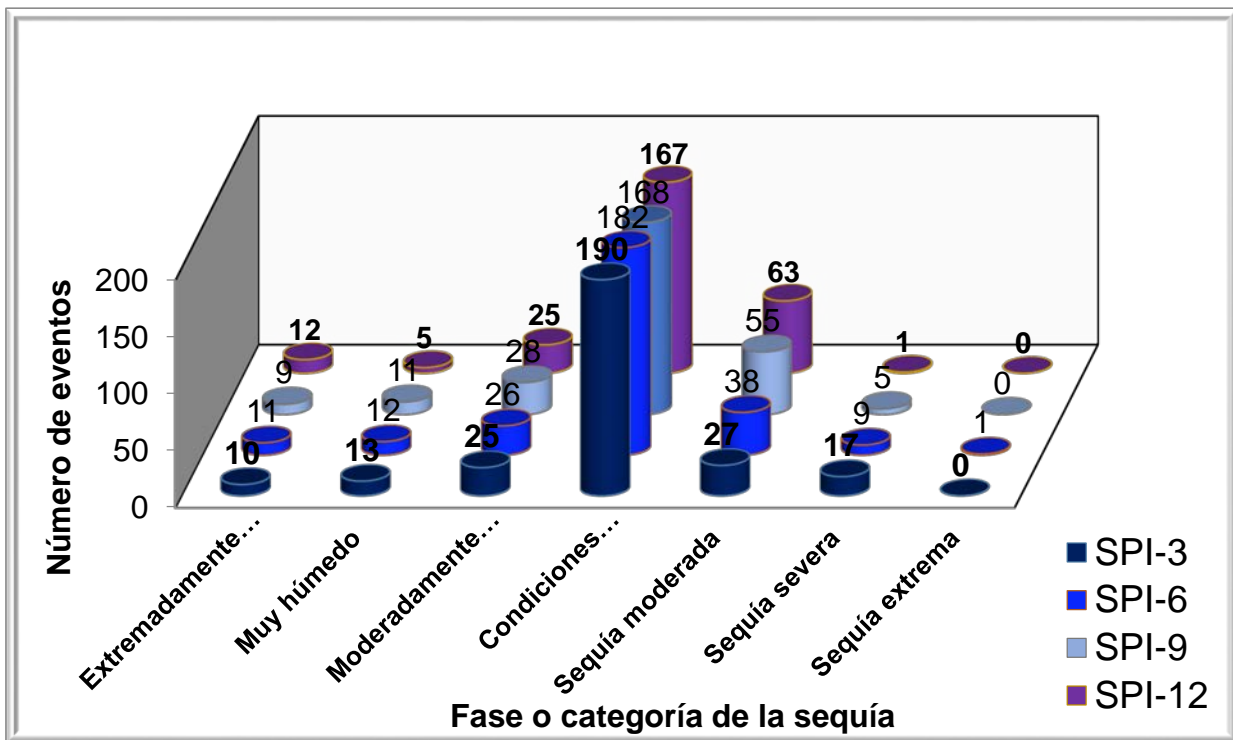


Figura 5.11 Eventos históricos del SPI de la estación Berriozábal, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

El Progreso

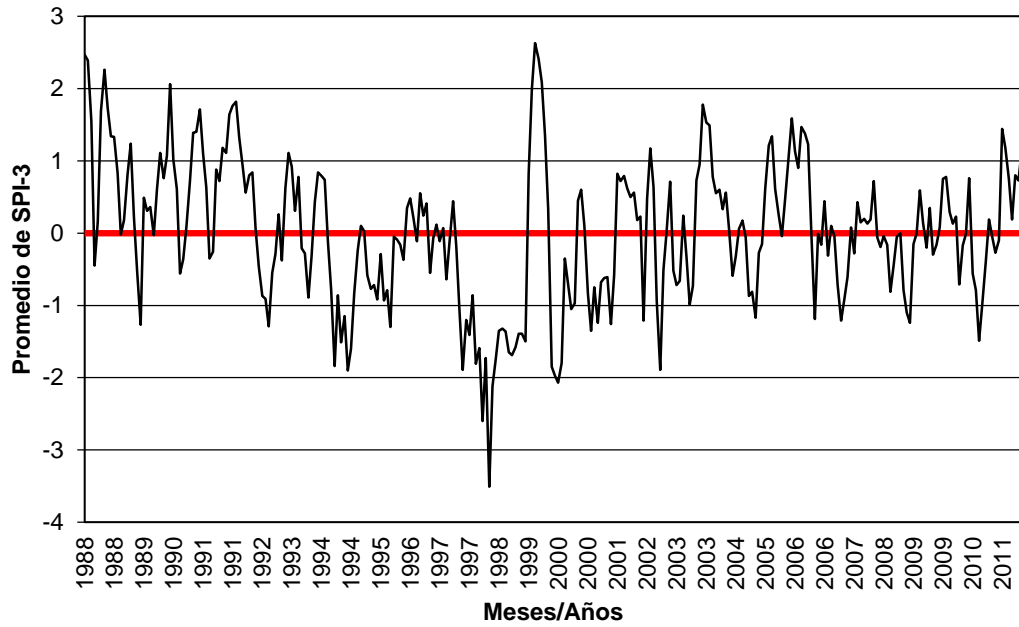


Figura 5.12. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

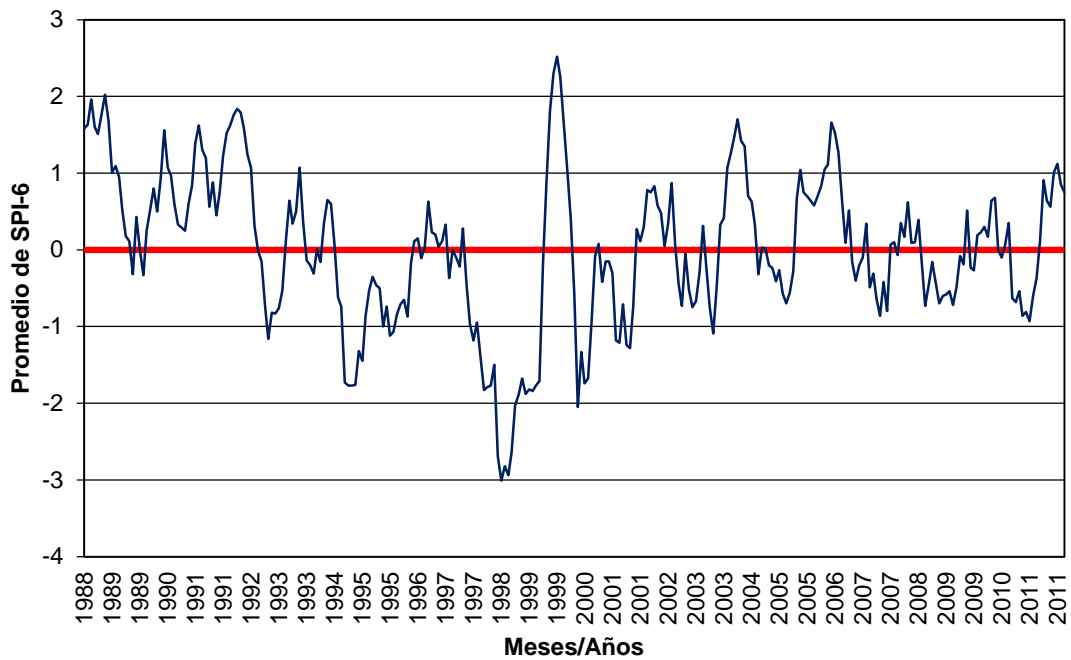


Figura 5.13. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

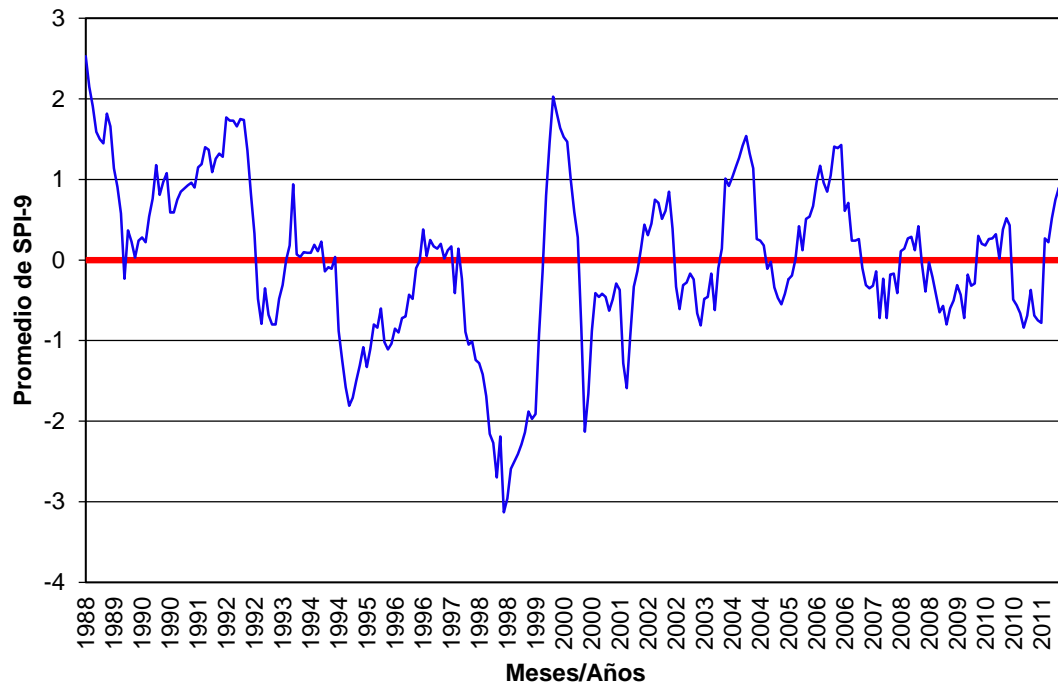


Figura 5.14. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

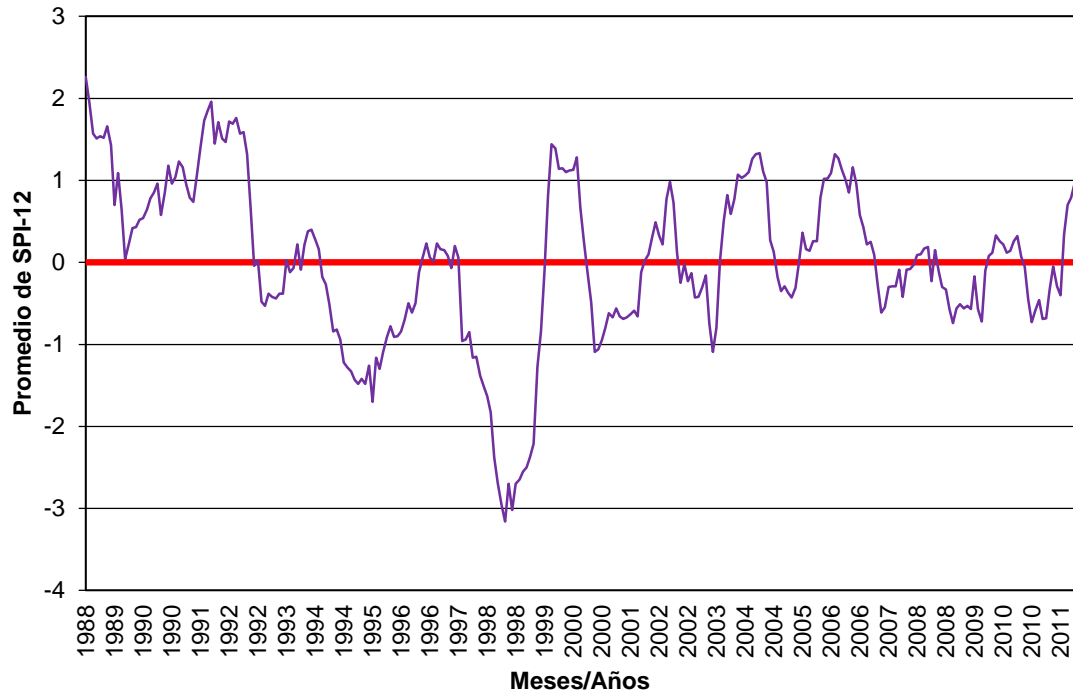


Figura 5.15. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 5.5 Eventos históricos del SPI de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez

Valor del SPI			Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2	y	Más	Extremadamente húmedo	7	4	3	1
1.5	a	1.99	Muy húmedo	11	20	15	16
1	a	1.49	Moderadamente húmedo	26	22	29	35
-0.99	a	0.99	Condiciones normales	197	199	197	191
-1	a	-1.49	Sequía moderada	23	14	14	18
-1.5	a	-1.99	Sequía severa	18	17	10	4
-2	y	Menos	Sequía extrema	4	7	12	12
				286	283	280	277

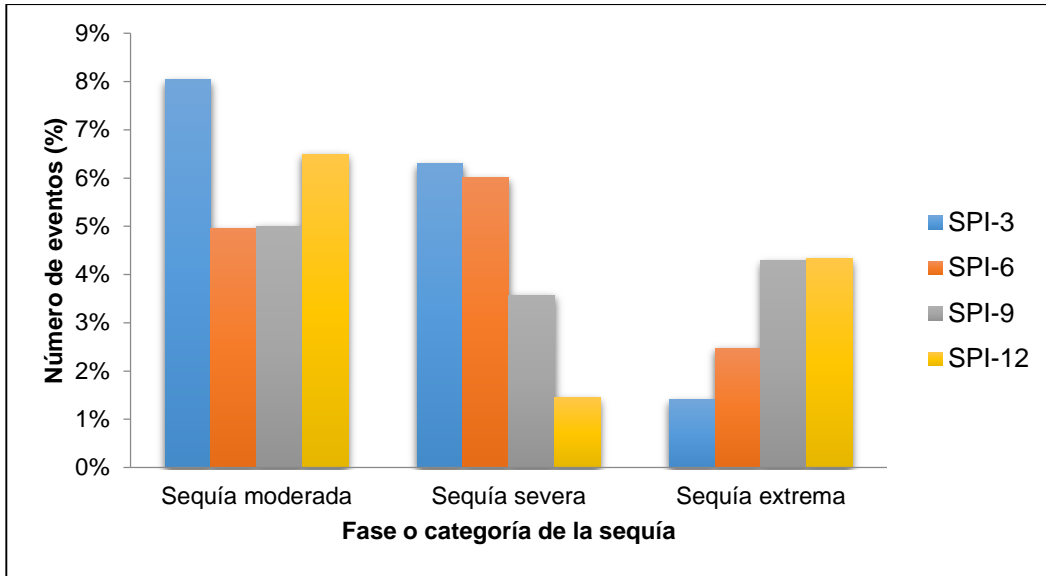


Figura 5.16. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

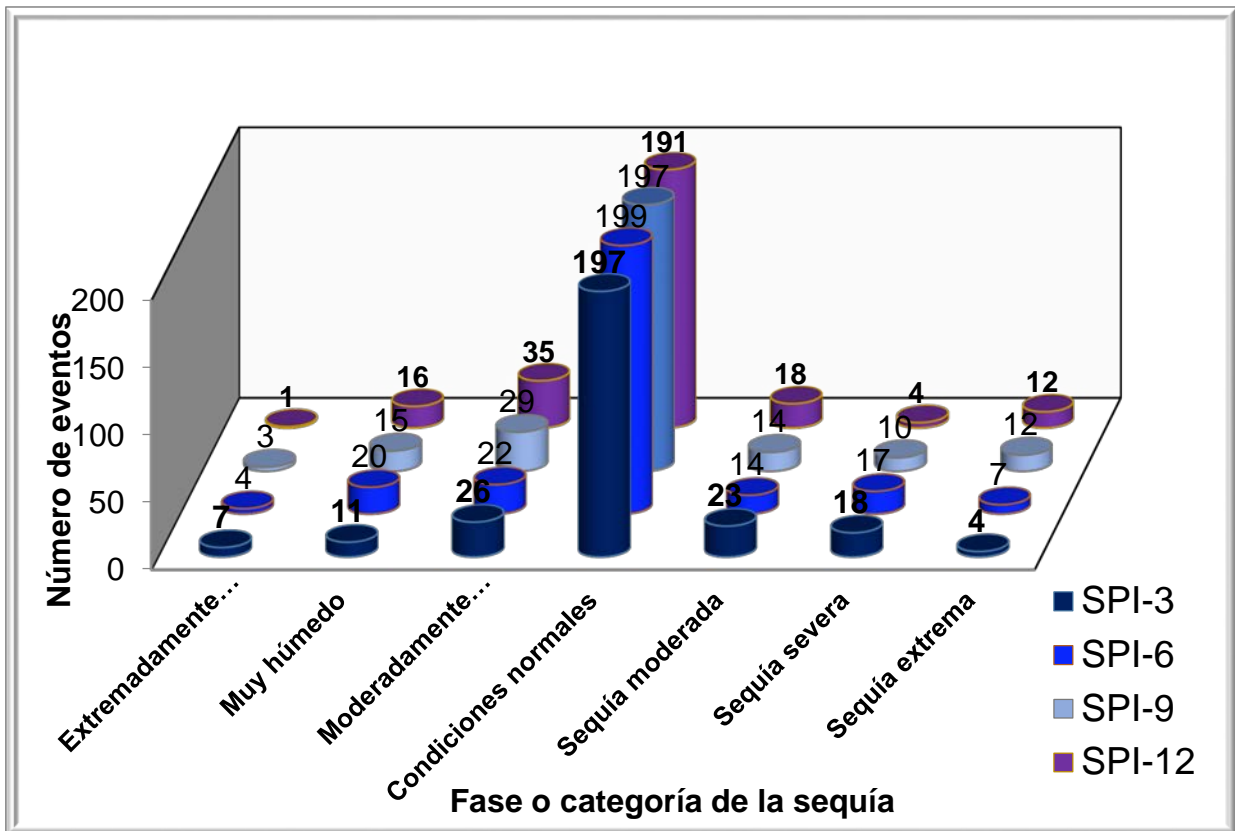


Figura 5.17. Eventos históricos del SPI de la estación El Progreso, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Galeana

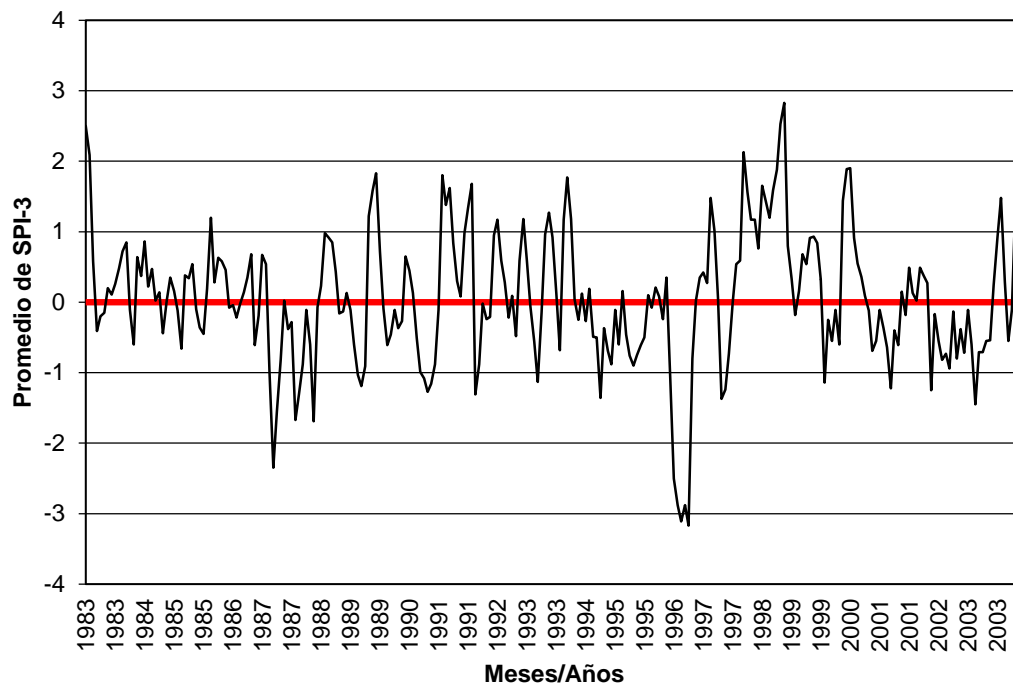


Figura 5.18. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

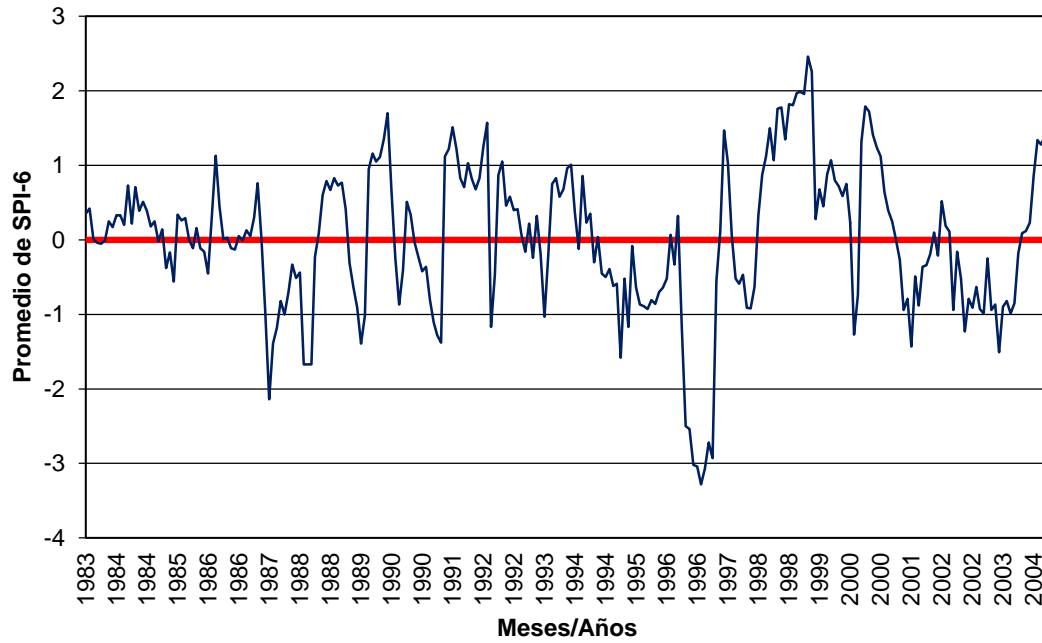


Figura 5.19. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

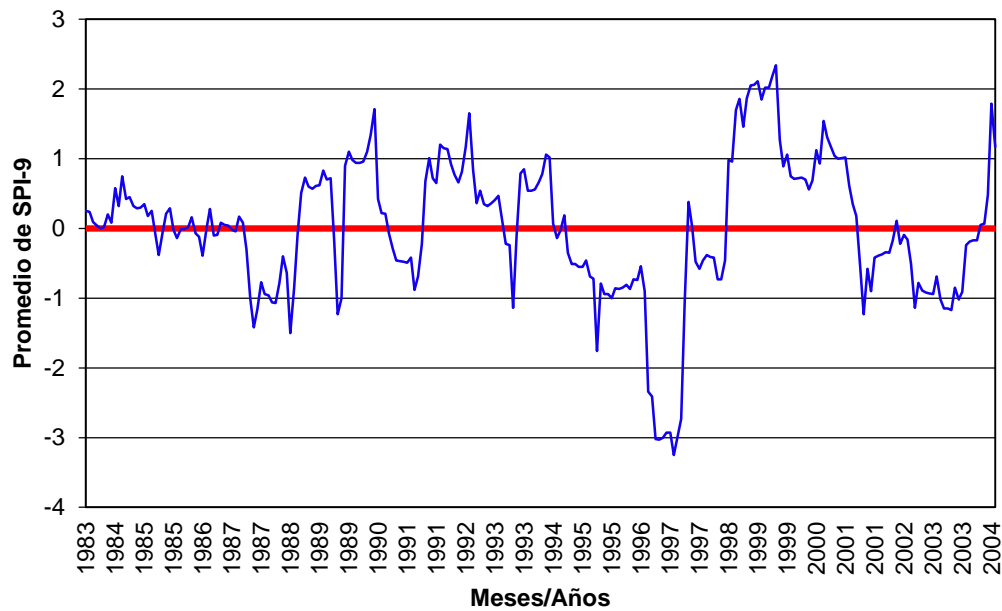


Figura 5.20. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

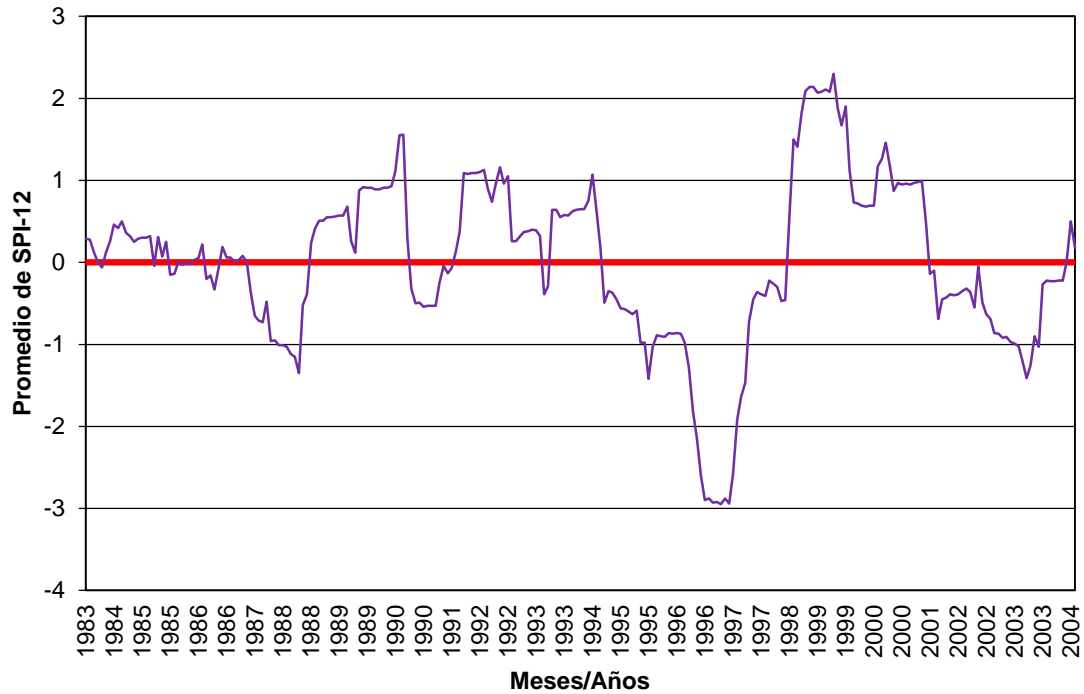


Figura 5.21. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 5. 6. Eventos históricos del SPI de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Valor del SPI	Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2 y Mas	Extremadamente húmedo	5	2	7	8
1.5 a 1.99	Muy húmedo	14	13	8	7
1 a 1.49	Moderadamente húmedo	17	25	21	16
-0.99 a 0.99	Condiciones normales	193	181	185	187
-1 a -1.49	Sequía moderada	18	18	17	16
-1.5 a -1.99	Sequía severa	3	5	2	3
-2 y Menos	Sequía extrema	6	9	10	10
		256	253	250	247

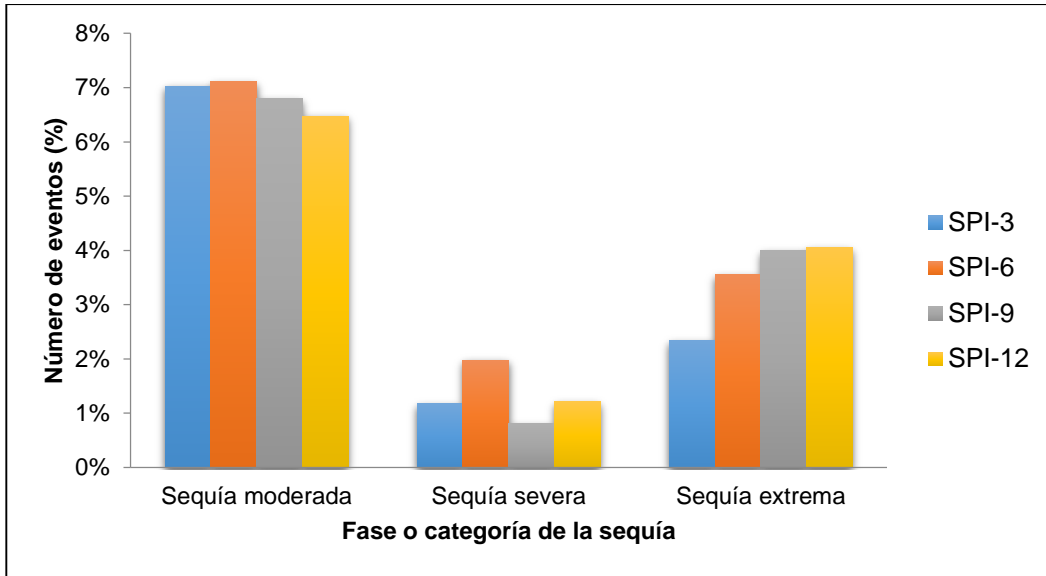


Figura 5.22. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

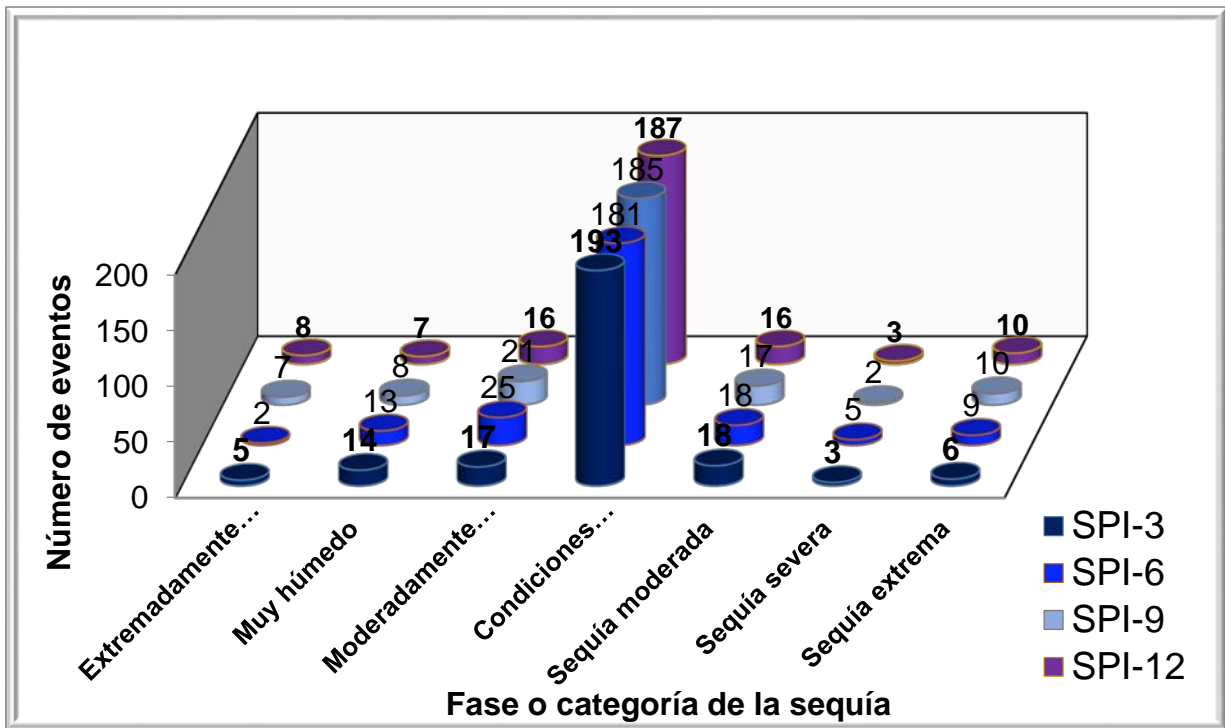


Figura 5.23. Eventos históricos del SPI de la estación Galeana, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Ocozocoautla

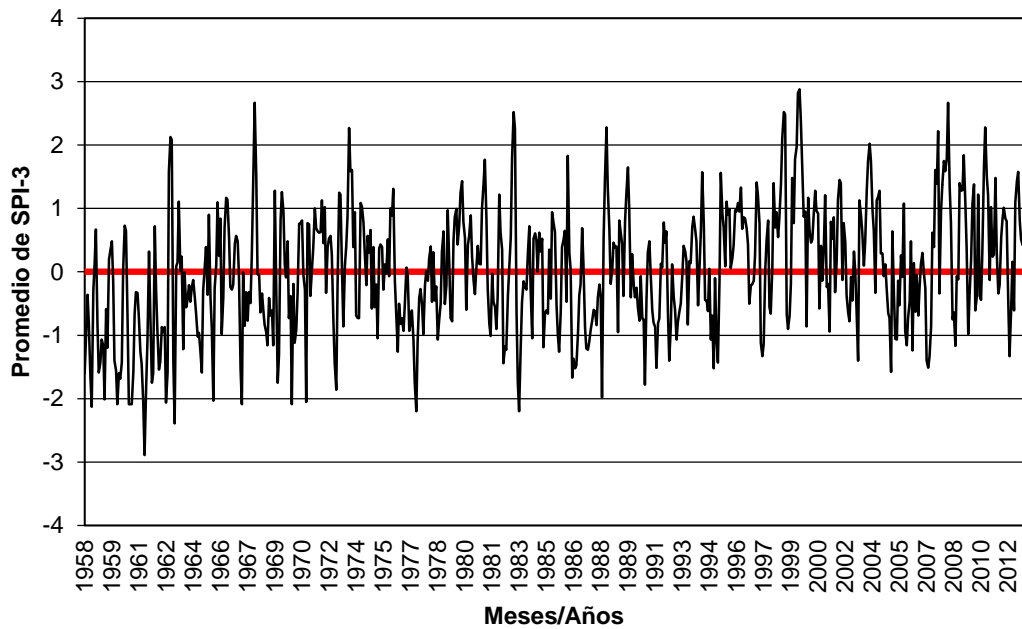


Figura 5.24. Comportamiento histórico del SPI-3 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

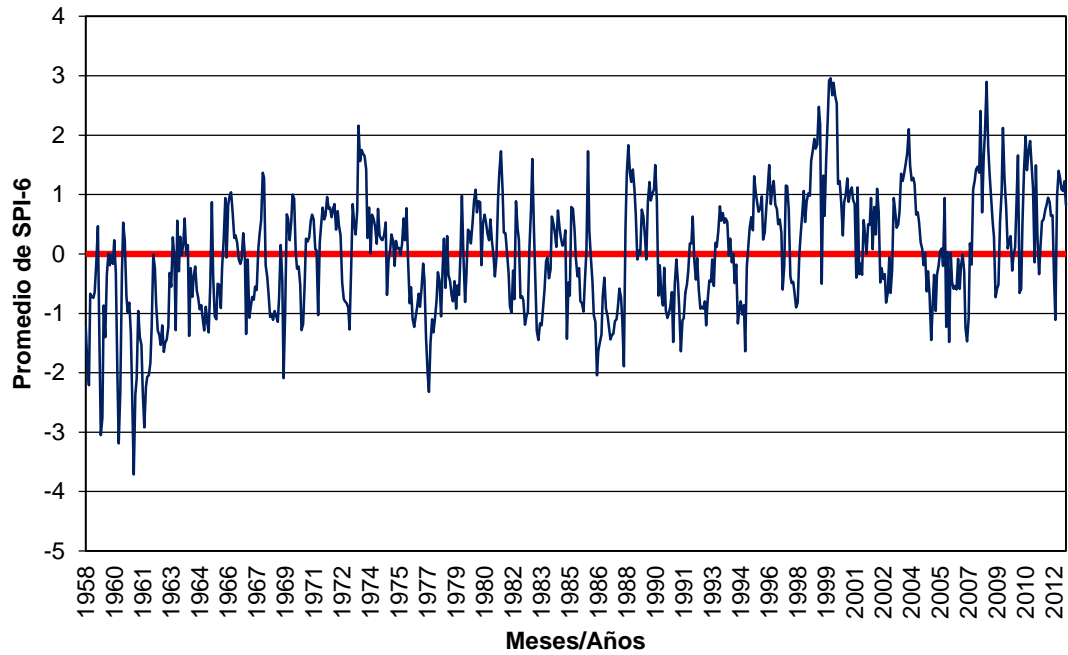


Figura 5.25. Comportamiento histórico del SPI-6 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

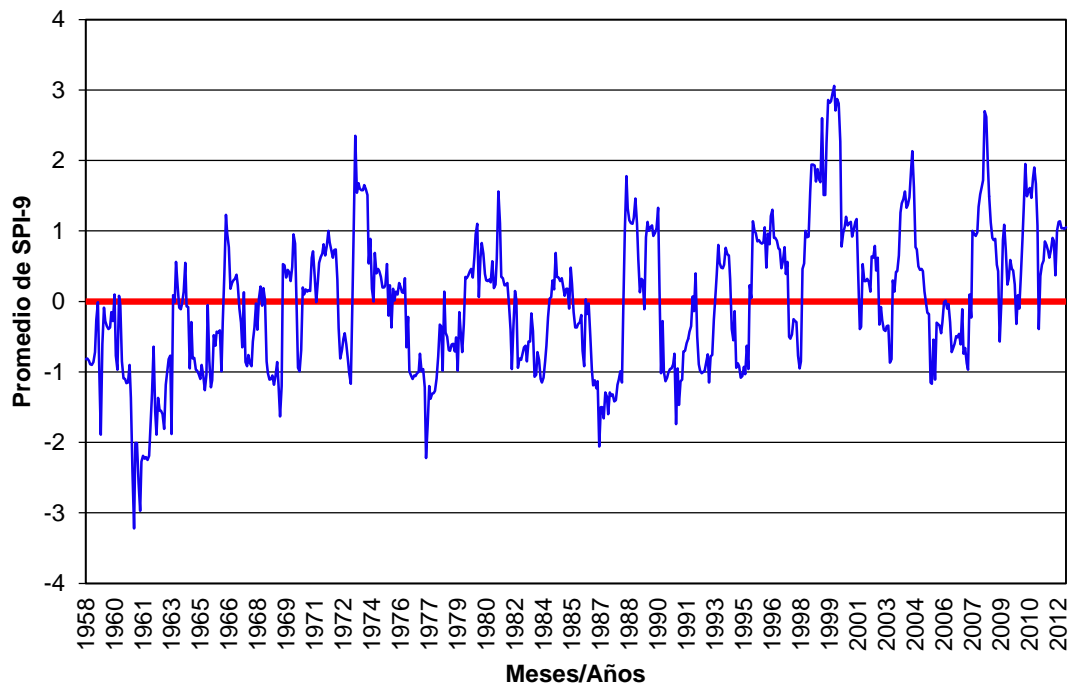


Figura 5.26. Comportamiento histórico del SPI-9 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

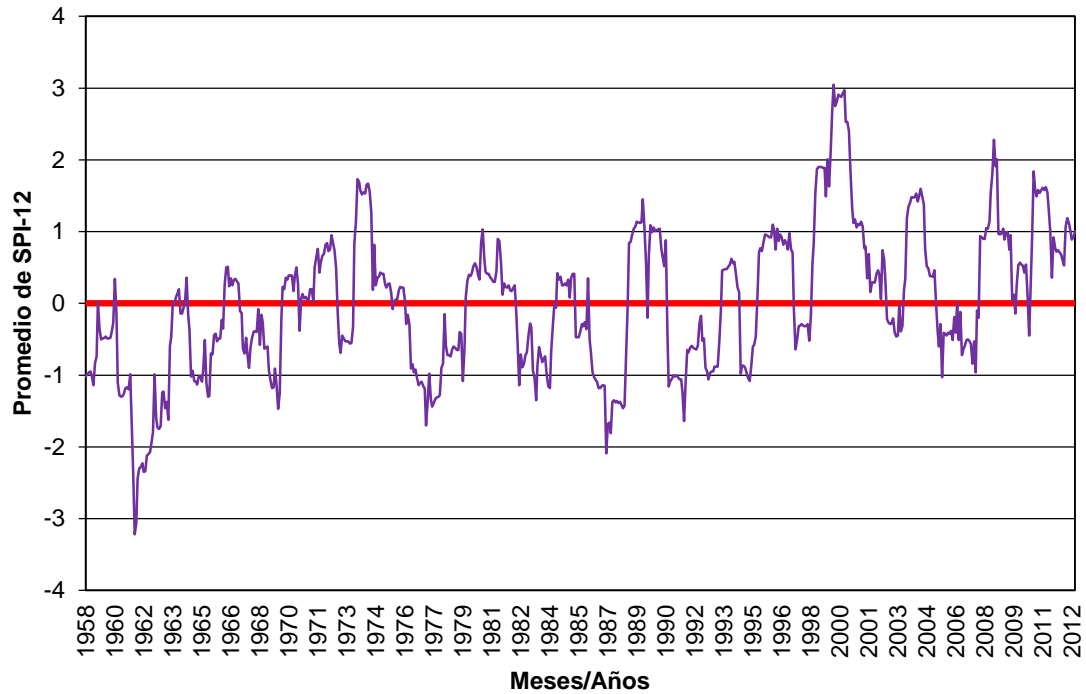


Figura 5.27. Comportamiento histórico del SPI-12 de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 5. 7. Eventos históricos del SPI de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

Valor del SPI			Fase o categoría de la sequía	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12
2	y	Más	Extremadamente húmedo	17	15	15	16
1.5	a	1.99	Muy húmedo	24	25	33	32
1	a	1.49	Moderadamente húmedo	58	57	55	50
-0.99	a	0.99	Condiciones normales	461	455	437	438
-1	a	-1.49	Sequía moderada	56	72	82	87
-1.5	a	-1.99	Sequía severa	26	12	16	13
-2	y	Menos	Sequía extrema	16	19	14	13
				658	655	652	649

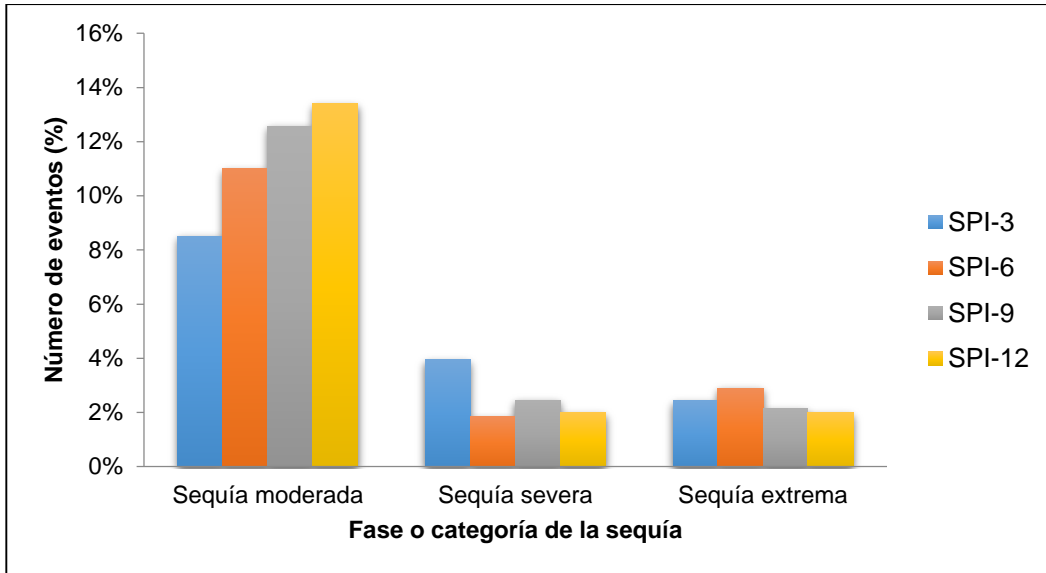


Figura 5.28. Comportamiento de los eventos históricos de sequía de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

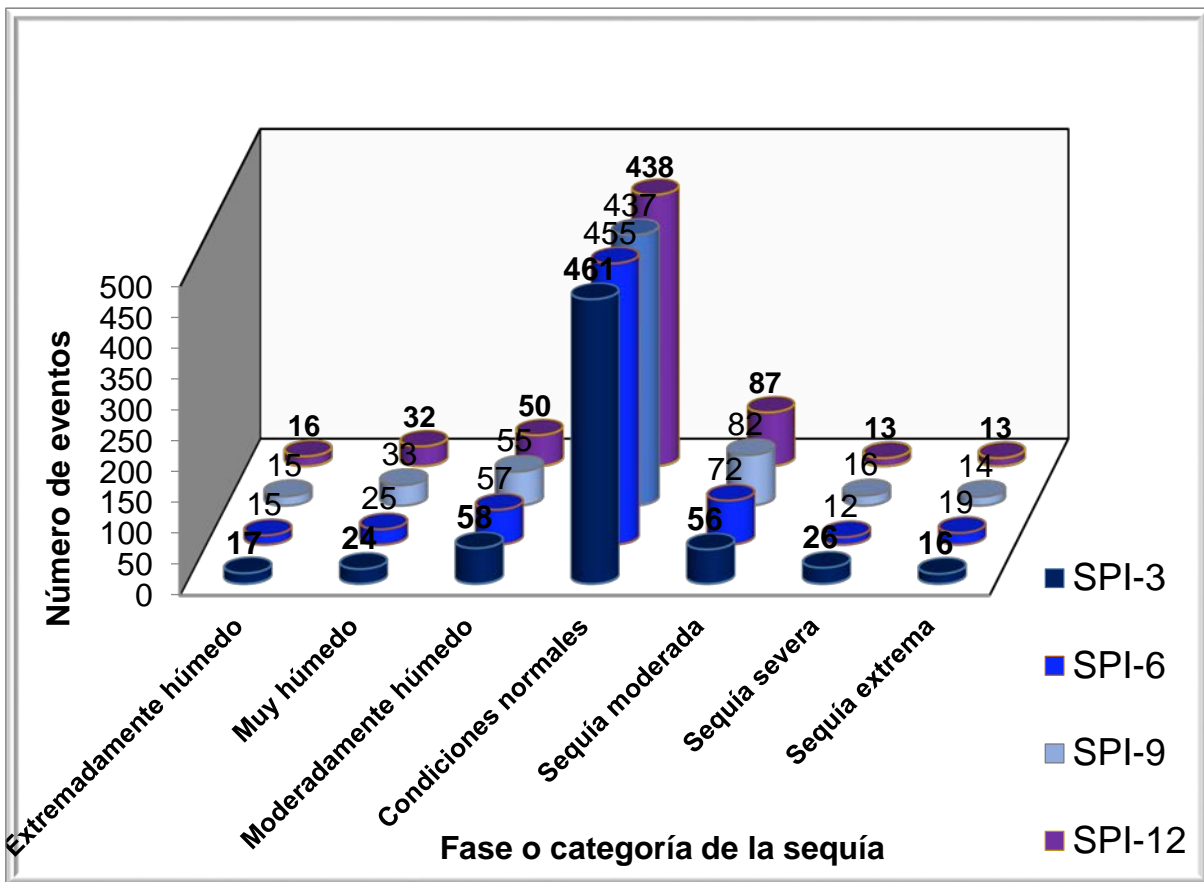


Figura 5.29. Eventos históricos del SPI de la estación Ocozocoautla, para la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez.

En las anteriores figuras se presentan los análisis históricos del SPI en el territorio de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, el cual pertenece a el Consejo de Cuenca Grijalva-Usumacinta, 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, 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.

Los estadísticos según el PRONACOSE para eventos de sequía de los años 2008 al 2014 se han presentado cuatro tipos de sequía Anormalmente seco, Moderada, Severa y Extrema de la siguiente forma:

Tabla 5.7 . Estadísticos según el PRONACOSE para eventos de sequía de los años 2008 al 2014.

MUNICIPIO	AÑO	MESES/CATEGORIA											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Tuxtla Gutierrez	2008												Anormalmente Seco. 31/12/2008
	2009	Anormalmente Seco. 31/01/2009	Anormalmente Seco. 28/02/2009	Anormalmente Seco. 31/03/2009	Anormalmente Seco. 30/04/2009			Anormalmente Seco. 31/07/2009	Moderada. 31/08/2009	Anormalmente Seco. 30/09/2009	Moderada. 31/10/2009	Moderada. 30/11/2009	Severa. 31/12/2009
	2010	Severa. 31/01/2010	Extrema. 28/02/2010	Extrema. 31/03/2010	Extrema. 30/04/2010	Severa. 31/05/2010	Severa. 30/06/2010						
	2011				Anormalmente Seco. 30/04/2011	Anormalmente Seco. 31/05/2011	Anormalmente Seco. 30/06/2011						
	2012												
	2013	Anormalmente Seco. 31/01/2013	Anormalmente Seco. 28/02/2013	Anormalmente Seco. 31/03/2013	Anormalmente Seco. 30/04/2013								

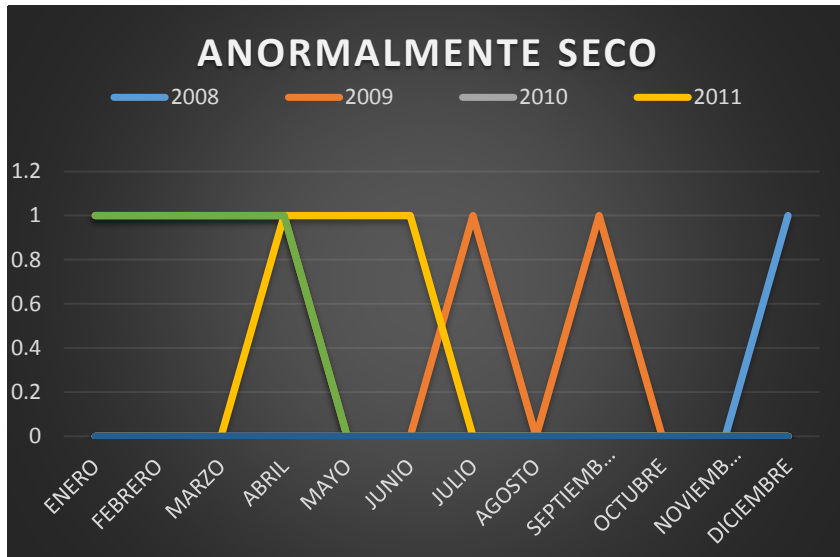


Figura 5.30 PRONACOSE. Tipo de sequía Anormalmente seco.

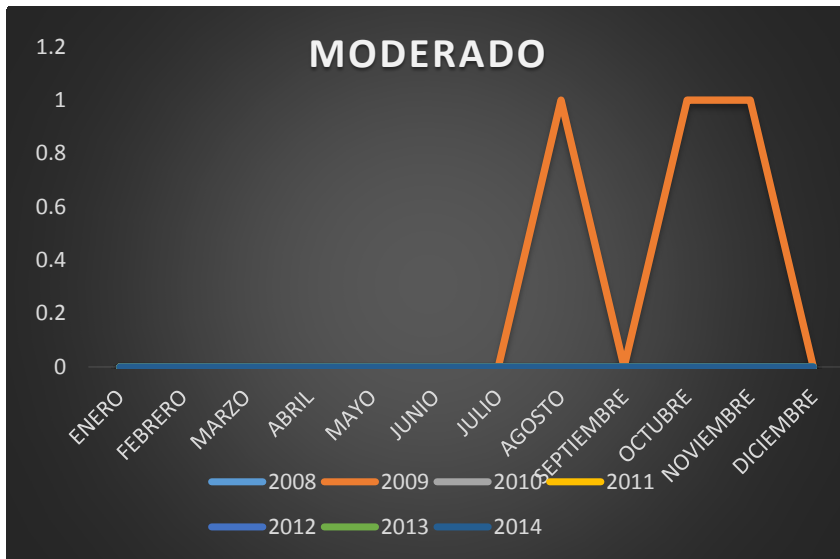


Figura 5.31. PRONACOSE Tipo de sequía Moderada.

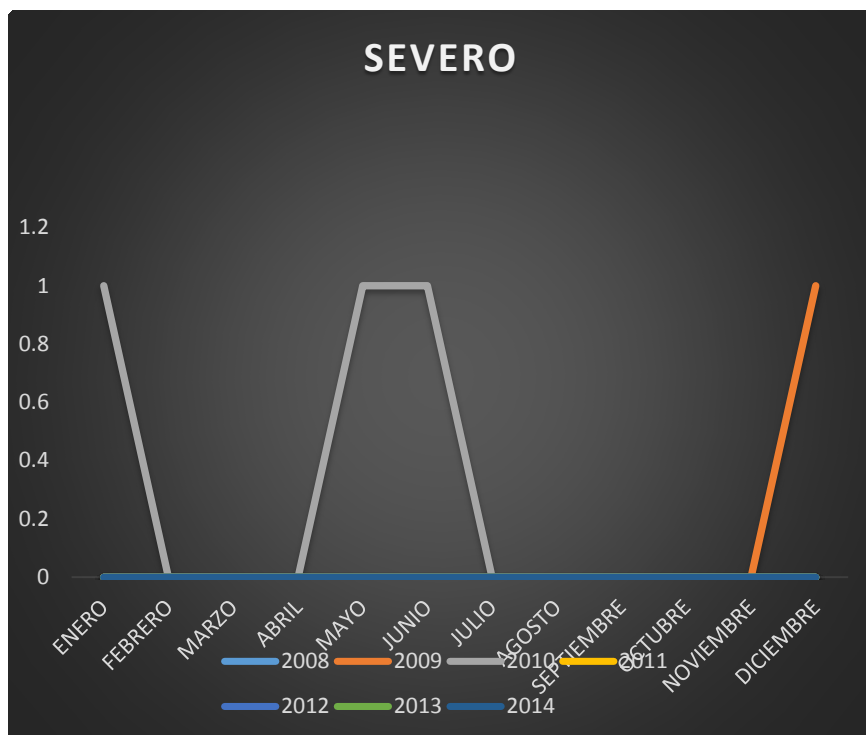


Figura 5.32 Tipo de sequía Anormalmente Severa.

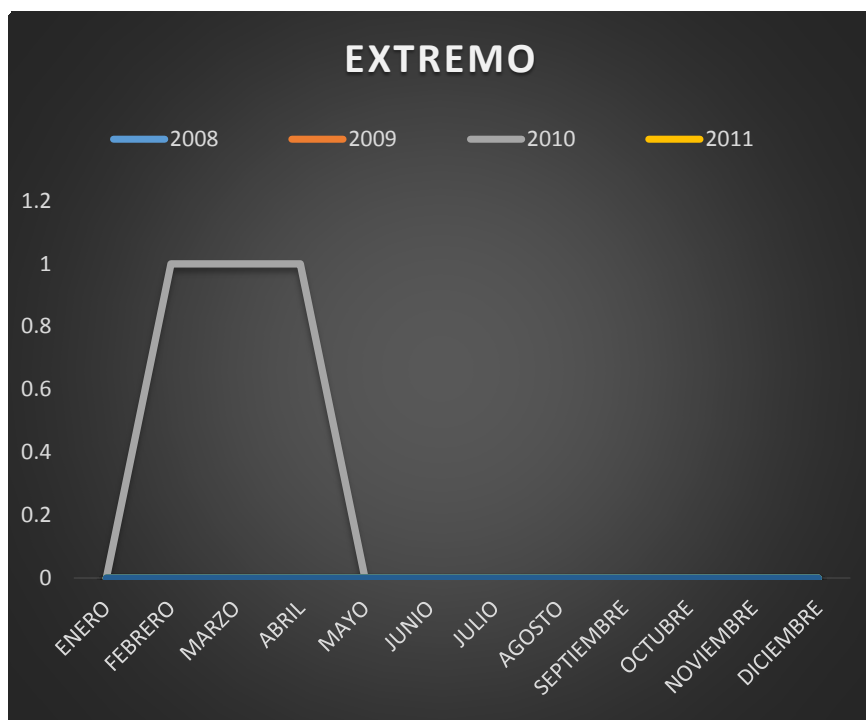


Figura 5.33 PRONACOSE. Tipo de sequía Extrema.

Capítulo 6. Evaluación de la oferta/abasto de agua

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, dentro de los escurrimientos superficiales de los que se capta agua destacan: río Grijalva, río Santo Domingo, arrollo San Agustín. En menor escala se tienen fuentes subterráneas como son: Rancho Viejo y galerías filtrantes La Chacona. En la tabla 6.1 se presenta un resumen de las fuentes de suministro. La captación del río Grijalva es potabilizada en la planta potabilizadora de Ciudad del Agua con una capacidad de 2000 lps, el volumen captado del río Santo Domingo es potabilizado en las Plantas Potabilizadoras los pájaros 1 y 2 con una capacidad de potabilización de 1500 lps, teniéndose una capacidad instalada de potabilización de 3500 lps.

Tabla 6.1. Fuentes de suministro.

Fuentes	Actuales	De reserva	Posibles o de emergencia
Superficiales: Presas, Ríos o Cuerpos de agua, otros.	1.- Río Grijalva		
	2.- Río Santo Domingo		
	3.- Arroyo San Agustín		
Subterránea: Pozos, Galerías filtrantes	1. Rancho Viejo		
	2. Galarías filtrantes La Chacona		

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. Tanques

Existen en total 109 estructuras (potabilizadoras, rebombes y tanques) donde se realiza el almacenamiento y/o regulación de los caudales, distribuidos de oriente a poniente en 2 franjas, una al norte y otra al sur de la ciudad (partiendo del centro-oriente donde se localizan las tres plantas potabilizadoras, Ciudad del Agua, Pájaros 1 y Pájaros 2). Los tanques se localizan en las elevaciones topográficas que garanticen un abastecimiento adecuado.

La mayoría de los tanques son superficiales y la capacidad de los mismos es variada desde 50 m³ hasta 2,500 m³, y el mayor de 6,000 m³. Existen tanques que se encuentran fuera de operación. En la tabla 6.3 se presenta un resumen de los volúmenes de regulación de acuerdo a la información proporcionada por el O.O con datos del año 2008.

Tabla 6.3 Volúmenes de regulación de a O.O.

CAPACIDAD DE REGULACIÓN POR TIPO DE ESTRUCTURA Y CONDICION DE OPERACIÓN (2008)						
TIPO DE ESTRUCTURA			VOLUMEN DE REGULACIÓN EN m³			
ZONA NORTE		ZONA SUR			TOTAL	
OPERA	NO OPERA	OPERA	NO OPERA	OPERA	NO OPERA	
TANQUES	14,347	3,160	13,015	5,560	27,362	8,720
REBOMBES	5,472	0	4,500	0	9,972	0
TOTAL	19,819	3,160	19,015	5,560	38,834	8,720

La capacidad total de los tanques es de 36,082 m³, de los cuales operan 27,362 m³, que corresponde al 76% de la capacidad instalada. Considerando bombeos de 24 horas y para el Qmd calculado, se requiere una regularización global de 27,815 m³, similar a la capacidad de regulación operando, pero considerando los 11,500 m³ de regulación que aportan las potabilizadoras y rebombeos, no se requiere incrementar la capacidad de regulación, esto a partir de un análisis global.

De las acciones de consolidación y estabilización operativa de los distritos hidrométricos, se deberá realizar el análisis detallado de la capacidad de regulación existente y requerida para que cada distrito opere eficientemente (tanto por capacidad de regulación requerida, como de carga hidráulica de trabajo, en especial para demanda mínima), por lo que en caso de requerirse se deberá ampliar la capacidad de regulación, mediante la rehabilitación de tanques fuera de operación y la construcción de tanques nuevos.

6.2.2. Líneas de conducción

La red de distribución en la actualidad cuenta con una longitud aproximada de 1,497 km, con diámetros que varían desde 1” hasta 48” principalmente en asbesto-cemento y PVC (en red secundaria y primaria). En la tabla 6.4 se presenta un resumen de los diámetros y longitudes de la red de distribución.

Tabla 6.4. Diámetros y longitudes de la red de distribución (elaboración del SMAPA a partir de información contenida en planos y reportes de fugas).

DIAMETRO (PULGADAS)	LONGITUD (KM)
2	235
2.5	226


DIAMETRO (PULGADAS)	LONGITUD (KM)
3	578
4	111
6	114
8	77
10	40
12	27
14	5
16	26
18	12
20	16
24	1
30	12
36	15
48	3
TOTAL	1,497

6.2.3. Infraestructura sanitaria

El organismo Operador de Tuxtla Gutiérrez cuenta con las plantas de tratamiento, Paso Limón, Copoya y Jobo, y en proceso de construcción la Planta Tuchtlán, que de acuerdo con lo programado entrará en operación en marzo de 2015. A continuación se describen las características de cada una de las plantas, además de una descripción general del sistema de colectores y subcolectores (Tablas 6.5-6.8).

Tabla 6.5. Características planta de tratamiento "Paso Limón".

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "PASO LIMÓN"	
	<p>Se encuentra ubicada sobre la margen del río Sabinal, en la zona Norte-Oriente de Tuxtla Gutiérrez, en la colonia denominada Paso Limón.</p> <p>Coordenadas geográficas de ubicación: Latitud: 16°45'40.73" N Longitud Oeste: 93°04'58.22" O</p>

<p style="text-align: center;">Ubicación</p>	
<p style="text-align: center;">Características</p>	<p>Consta de 2 trenes de tratamiento. El tratamiento es de tipo biológico. El tren consta de las siguientes etapas.</p> <p>Pretratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canal de llegadas • Rejillas • Canal desarenador <p>Tratamiento Primario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sedimentador Primario Circular (Tren No.1) • Sedimentador Primario Rectangular (Tren No.2) <p>Tratamiento secundario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtros Percolador con medio sintético (Tren No.1) • Filtro Percolador con medio de piedra (Tren No.2) • Sedimentador Secundario Circular (Tren No.1) • Sedimentador Secundario Rectangular (Tren No.2) • Tanque de cloración <p>Tratamiento de Lodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Digestor Aerobio • Concentrador de lodos

	<ul style="list-style-type: none"> Filtros Prensa Banda
Capacidad de Diseño	800 L.PS.
Disposición de Agua Tratada	Río Sabinal
Condiciones de aguas residuales tratadas,(Indicadores)	DBO5 mg/L 75 SST mg/L 75
Disposición de lodos estabilizadores.	De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de biosólidos NOM-004-SEMARNAT-2002 el uso de los lodos es como mejorador de suelos.

Tabla 6.6. Características planta de tratamiento "Tuchtlan".

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "TUCHTLAN"	
Ubicación	<p>Se encuentra ubicada en las instalaciones del parque TUCHTLAN, en la zona Norte-Poniente de Tuxtla Gutiérrez.</p> <p>Coordenadas geográficas de ubicación:</p> <p>Latitud: 16°45'35.96" N Longitud Oeste: 93°08'52.60" O</p>

Características	<p>Pretratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canal de llegadas (obra de toma) • Cribado • Canal desarenador <p>Tratamiento Primario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reactor de lodos secundarios. • Clarificación. <p>Tratamiento secundario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desinfección UV.
Capacidad de diseño	320 L.PS.
Disposición de agua tratada	Río Sabinal
Condiciones de aguas residuales tratadas,(Indicadores)	DBO5 mg/L 30 SST mg/L 40
Disposición de lodos estabilizadores.	De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de biosólidos NOM-004-SEMARNAT-2002 el uso de los lodos será como mejorador de suelos.

Tabla 6.7. Características planta de tratamiento “Copoya”

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “COPOYA”	
Ubicación	Se ubica sobre la margen del Arroyo El Sabino, en la parte Norte de la localidad de Copoya, Municipio de Tuxtla Gutiérrez, a 10 minutos sobre la carretera a Villa flores.

Coordenadas geográficas de ubicación: Latitud: 16°43'6.5" N

Longitud Oeste: 93°06'98.45" O



Características Consta de 1 tren de tratamiento. El tratamiento es de tipo biológico. El tren consta de las siguientes etapas.

Pretratamiento:

- . Canal de llegadas
- . Rejillas
- . Canal desarenador

Tratamiento Primario:

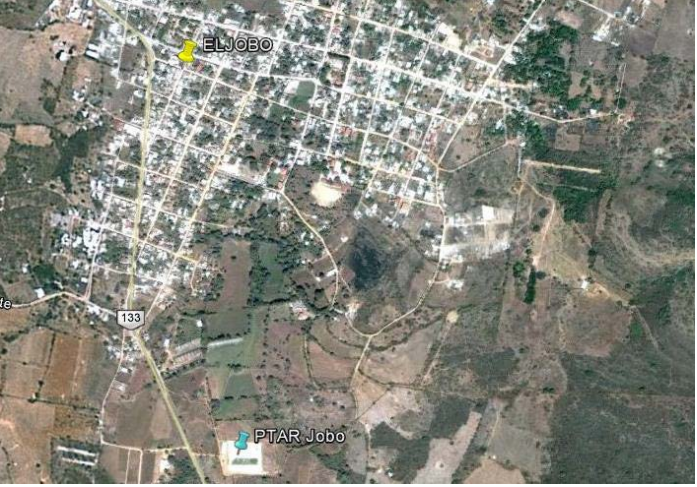
- . Sedimentador Primario circular

Tratamiento secundario:

	<ul style="list-style-type: none"> . Filtros percoladores con relleno sintético (PVC) . Sedimentador Secundario Circular . Tanque de cloración <p>Tratamiento de Lodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> .Concentrador de Lodos .Digestor Aerobio .Lechos de Secado
Capacidad Operativa	8.5 L.P.S.
Capacidad de Diseño	10.83 L.P.S.
Disposición de Agua Tratada	Río "El Sabino".
Condiciones de aguas residuales tratadas,(Indicadores)	DBO5 mg/L 265 SST mg/L 116
Disposición de lodos estabilizadores.	Mejorador de suelo
Nota:	Requiere proyecto de rehabilitación, ya que el agua residual presenta concentraciones muy elevada de contaminantes

Tabla 6.8. Características planta de tratamiento "Jobo".

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "JOBÓ"

<p>Ubicación</p>	<p>Se encuentra ubicada en la localidad del Jobo, al Norte de Tuxtla Gutiérrez, al Poniente con la localidad de Copoya, al Sur con Suchiapa y al Oriente con rancherías de Piedra Santa, Sabino y Santa María.</p> <p>Coordenadas geográficas de ubicación:</p> <p>Latitud: 16°41'38.16" N Longitud: 93°06'18.47" O</p> 
<p>Características</p>	<p>El tratamiento es de tipo biológico. El tren consta de las siguientes etapas.</p> <p>Pretratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canal de llegadas • Rejillas • Canal desarenador <p>Tratamiento Primario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Digestor Anaerobio. <p>Tratamiento secundario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedales • Tanque de cloración <p>Tratamiento de Lodos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lecho de Secado
<p>Capacidad Operativa</p>	<p>3.1 L.P.S</p>
<p>Capacidad de Diseño</p>	<p>5.72 L.P.S.</p>

Disposición de Agua Tratada	Infiltración al suelo y aprovechado para riego agrícola a terrenos aledaños a la PTAR.
Condiciones de aguas residuales tratadas,(Indicadores)	DBO₅ mg/L 91
	SST mg/L 19
Disposición de lodos estabilizadores.	Actualmente no se ha retirado lodos del digestor Anaerobio.
Nota:	Requiere ampliación de la cobertura de alcantarillado y construcción del segundo módulo (2.28 LPS).

En su conjunto, el sistema de colectores y subcolectores existentes, suman una longitud de aproximadamente 91 km, con tuberías de concreto de diámetros que van desde los 30 cm hasta 107 cm.

El sistema de drenaje primario consiste en colectores que recorren en forma paralela al río Sabinal y que en su recorrido reciben las incorporaciones de los subcolectores, los cuales en general son perpendiculares al río. Se identifican 3 colectores principales:

- Lacantún
- Tulipán
- Aeropuerto

Los subcolectores identificados se pueden agrupar de la siguiente manera:

Lado norte del río Sabinal:

- Subcolector del Pozo
- Subcolector Usumacinta
- Subcolector Terán
- Subcolector Grijalva
- Subcolector Jaina

Las aguas que se generan en la zona poniente de la ciudad, específicamente del lado norte del río Sabinal se drenan proporcionalmente por los primeros tres subcolectores. El primero de ellos se incorpora al colector Lacantún, que es su continuación, sigue un recorrido hacia el oriente sobre la carretera a Chicoasén. Los otros dos subcolectores de esta zona, cruzan el río hacia su margen derecha para incorporarse y dar origen al colector Aeropuerto (Figura 6.1).

Lado sur del río Sabinal:

- Subcolector San José Terán
- Subcolector Moctezuma
- Subcolector Ignacio Zaragoza
- Subcolector Las Flores
- Subcolector Los Robles
- Subcolector Central
- Subcolector 16 Oriente Sur
- Subcolector León Brindis
- Subcolector La Salle
- Subcolector Albino Corzo

A continuación se hace una descripción breve del trazo de los subcolectores.

- *Subcolector San José Terán.* En la zona poniente, en las inmediaciones del aeropuerto, se encuentra el subcolector San José Terán (por ser el drenaje de esta colonia), el cual se incorpora al subcolector Terán, que forma parte del sistema del colector Aeropuerto, su trazo es hacia el norte por el costado izquierdo del Aeropuerto, al cual bordea en su límite

norte, posteriormente da vuelta hacia la izquierda en la 4ª calle Poniente Norte para llegar al subcolector Terán.

- *Subcolector Moctezuma.* Recorre paralelamente al colector Tulipán también en la zona baja de la ciudad, en el centro de esta, iniciando sobre el Boulevard Belisario Domínguez a la altura de la colonia Moctezuma, a la cual se interna al dar vuelta hacia el norte por la 14ª calle Poniente Norte, posteriormente da algunas vueltas en un par de calles para llegar a la 2ª Av. Norte Oriente donde se incorpora al subcolector Ignacio Zaragoza.
- *Subcolector Ignacio Zaragoza.* También recibe escurrimientos de la parte baja de la ciudad y se localiza aguas abajo del subcolector Tres, es paralelo al colector Lacantún, al cual se incorpora finalmente. Su recorrido principal es por la calzada Ignacio Zaragoza.
- *Subcolector Las Flores.* Este subcolector drena partes bajas de la ciudad y recorre en dirección perpendicular al colector Lacantún, al cual se incorpora aguas abajo de la llegada del subcolector I. Zaragoza. Su recorrido es de sur a norte primero por la calle Secundino Orathus, después hacia el oriente por la 4ª Av. Norte Oriente y nuevamente hacia el norte por la 20ª calle Oriente Norte hacia el colector Lacantún donde pasa junto al Infonavit Las Flores.
- *Subcolector Los Robles.* En forma similar al subcolector Las Flores drena una zona localizada aguas abajo de éste y también descarga al colector Lacantún. Inicia por el callejón del Brasilito hacia el norte y se incorpora a la Av. Los Robles con una dirección ligeramente hacia el noreste hasta el colector Lacantún.
- *Subcolector Central.* Se localiza en el centro de la ciudad e intercepta aguas de la parte alta, al sur de la ciudad y del colector Aeropuerto, al cual se incorpora. Su trazo inicia en dirección paralela al colector a la altura del

barrio San Francisco y por la 10ª Av. Sur Poniente hasta la 2ª calle Oriente Sur donde gira hacia la izquierda, luego de dos calles hace un quiebre hacia la derecha e inmediatamente una calle después otro quiebre hacia la izquierda y otro más hacia la derecha para llegar a la 4ª calle Oriente Sur por la que recorre en dirección al norte hasta llegar al colector Aeropuerto.

- *Subcolector 16 Oriente Sur.* Recibe aguas de la parte alta del sur de la ciudad, ya más bien hacia el oriente de esta y llega al colector Aeropuerto por la 16ª calle Oriente Sur. Su recorrido en general es hacia el norte con algunos giros hacia el oriente, inicia en la 12ª calle Oriente Sur, sigue al oriente por la 5ª Av. Sur Oriente, gira hacia el norte por la 15ª calle Oriente Sur y vuelve a girar hacia el oriente por la 2ª Av. Sur Oriente hasta llegar a la 16ª calle Oriente Sur por donde sigue hasta la Av. Central Oriente que es por donde se localiza el colector Aeropuerto.
- *Subcolector León Brindis.* Recibe aguas de la parte alta del sur de la ciudad, ya más bien hacia el oriente de esta y llega al colector aeropuerto por la Calzada Samuel León Brindis. Su recorrido es prácticamente todo por esta vialidad en dirección hacia el norte hasta el colector Aeropuerto.
- *Subcolector La Salle.* Recibe aguas de la parte alta del sur de la ciudad, ya en el oriente de esta y llega al colector Aeropuerto por el Boulevard La Salle. Su recorrido inicia en dirección oriente por la 9ª Av. Sur Oriente hasta el Boulevard La Salle, el cual recorre hacia el norte hasta el Boulevard Ángel

Albino Corzo donde gira a la izquierda y después de unos 50 m se incorpora al colector Aeropuerto donde éste ya se dirige hacia el norte.

- *Subcolector Albino Corzo*. Se localiza en la parte oriente de la ciudad y se encuentra sobre el Boulevard Ángel Albino Corzo, mismo por el que llega el colector Aeropuerto, su recorrido es en sentido contrario al del colector Aeropuerto, es decir de oriente a poniente y se le incorpora en el punto donde el colector da vuelta hacia la izquierda o hacia el norte para dirigirse hacia el río Sabinal.



Figura 6.1. Esquema de la red primaria de alcantarillado de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (fuente SMAPA).

La estructura principal del sistema está integrada básicamente por tres colectores situados a ambas márgenes del Río Sabinal, dos al sur y uno al norte, con recorrido del flujo de poniente a oriente a través de la parte central de la ciudad. A lo largo de estos colectores convergen una serie de subcolectores y atarjeas con recorridos de sur a norte y de norte a sur.

Las redes de atarjeas, con un trazo que en general es en bayoneta, reciben las aportaciones domiciliarias para conducir las en dirección al oriente, siguiendo la trayectoria del drenaje natural con recorridos que siguen las pendientes naturales del terreno, pronunciadas en algunas zonas de la ciudad, hacia el río Sabinal. Esto es, las partes localizadas en la margen izquierda del río, escurren hacia el sur y las localizadas en la margen derecha, escurren hacia el norte.

El diámetro de la red secundaria existente es de 20 cm, mismo que se sigue utilizando en la actualidad como diámetro mínimo. La red de atarjeas tiene una longitud aproximada de 740.41 km, constituida por tuberías de concreto simple y PVC. El sistema de alcantarillado de la ciudad está concebido exclusivamente para descargar las aguas residuales.

La edad del sistema es variable, reconociéndose la existencia de tuberías de entre 40 y 50 años de antigüedad, las estructuras más antiguas corresponden a la zona centro.

6.3. Producción histórica de agua

Se presentan datos de producción de agua a partir del año 2010 hasta el año 2014, teniéndose en el año 2013 la mayor producción de agua con 70.036 millones de metros cúbicos producidos y el año de menor producción se registra en el 2011 con 59.34 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 314.04 l/hab/día. En la tabla 6.9 se presenta un

resumen del volumen producido y la producción per cápita de acuerdo con la información proporcionada por el O.O.

Tabla 16.9. Volumen producido y producción per cápita.

Año	2010	2011	2012	2013	2014
Total de agua producida (introducida al sistema)	63,225,859	59,338,735	65,718,512	70,036,455	60,182,610
Total de agua suministrada (micromedida o estimada)	23,073,050	24,749,308	22,577,716	23,003,302	23,713,356
Estimación de pérdida de agua en la red	40,152,809	34,589,427	43,140,796	47,033,153	36,469,254
Captación per cápita (producción/población servida) l.h.d.	313.02795	293.78301	325.36895	358.2845028	314.044

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 se para el último ejercicio, año 2014, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez tiene una cobertura de agua potable de 89 %. En la tabla 7.1 se presenta la cobertura del servicio de agua de 2010 al 2014, se puede observar en esta tabla que de 2010 a 2012 se tuvo un crecimiento en la cobertura ya que para el 2012 se observa un porcentaje de viviendas con toma de agua potable de 94 %, de 2012 a 2014, el porcentaje de vivienda con toma de agua potable va disminuyendo, esto es, para 2013 se tiene una cobertura de 91 % y para el año 2014 de 89 %; la disminución en la cobertura probablemente se debe al crecimiento de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez.

Por otro lado de acuerdo con el documento publicado por la CONAGUA “Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012”, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, contaba con una población de 569,026

habitantes, una población con servicio de agua potable de 521,228 habitantes, que corresponde a un 92 % de cobertura, un caudal producido de 2,855 l/s, una dotación media de 434 l/hab/día y 73 % de agua no contabilizada. De los 2855 l/s producidos el 100 % se desinfecta, se tienen tres plantas de potabilización (Ciudad del Agua, Pájaros 1 y Pájaros 2) con una capacidad instalada de 3500 l/s y potabilizan un caudal de 1,860 l/s que representa un 65 % de la capacidad instalada (Tabla 7.1).

Tabla 17. 1 Cobertura del servicio de agua (fuente SMAPA).

año	Viviendas totales (A)	Volumen facturado, M3 (B)	% de viviendas con toma de agua potable en la vivienda
2010	119,466	23,073,050	90
2011	120,407	24,749,308	89
2012	126,219	22,577,716	94
2013	128,587	23,003,302	91
2014	125,894	23,713,356	89

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 125,894 usuarios, de los cuales, 116,674 son de uso residencial, 7,072 de uso comercial, 609 de uso industrial y 1,061 de uso público/gubernamental/otros y 38 de uso especial. En la tabla 18 se presenta un resumen de los usuarios. El consumo total de agua en 2014 fue de 60.14 millones de metros cúbicos, de los cuales, 49.2 millones de metros cúbicos (82 %) fue de uso residencial, 3.9 millones de metros cúbicos (6 %) de uso comercial, 1.5 millones de metros (3 %) de uso industrial, 4.6 millones de metros cúbicos (8 %) fue de uso público/gubernamental, y un millón de metros cúbicos de uso especial (1 %). Se puede observar que el principal uso de agua en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez es del tipo residencial.

Tabla 7.2 Tipo de usuarios y consumos 2012 (fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012).

	Tipo de usuario				
	Residencial	Comercial	Industrial	Público/Gubernamental	Especial
Total de tomas (A)	116,674	7,072	609	1,089	450
Tomas con medidor instalado (B)	112,649	6,938	605	1,075	131
Tomas con medidor funcionando (C)	108,762	6,806	601	1,061	38
Consumo Total M3/año (D)	49,219,593	3,878,373	1,541,461	4,594,009	949,175
Cobertura de micromedición instalada (B/A*100)	97	98	99	99	29

Cobertura de micromedición funcionando (C/A*100)	97	98	99	99	29
Consumo por toma (D/A)	422	548	2,531	4,219	2,109

7.3. Consumo y dotación per cápita

De acuerdo con los datos proporcionados por el Organismo Operador para el último año de ejercicio (2014) se tuvo una producción de 60.18 millones de metros cúbicos (tabla 7.3), un volumen facturado de 23.71 millones de metros cúbicos y una población de 604,891 habitantes; lo que representa una dotación de 99.5 m³/hab/año y un consumo de 39.2 m³/hab/año. Los datos históricos a partir del año 2010 de producción, volumen facturado, dotación y consumo per cápita puede verse en la tabla 7.3.

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

Año	Volumen producido (m ³) (A)	Volumen facturado (M ³) (B)	Población (habitantes) (C)	Dotación per cápita(A/C)	Consumo per cápita(B/C)
2010	63,225,859	23,073,050	566,182	111.6706538	40.7520375
2011	59,338,735	24,749,308	577,126	102.8176596	42.8837239
2012	65,718,512	22,577,716	586,875	111.9804997	38.4711072
2013	70,036,455	23,003,302	596,115	117.4880808	38.5886722
2014	60,182,610	23,713,356	604,891	99.49325582	39.2026702

7.4. Eficiencias

De acuerdo con la información proporcionada por el Organismo Operador, para el último año de ejercicio (2014) de los 60.18 millones de metros cúbicos que se producen únicamente se facturaron 23.7 millones de metros cúbicos y del volumen facturado se recaudó 19.5 millones de metros cúbicos, lo que representa una eficiencia física de 39 %, eficiencia comercial de 82 % y eficiencia global de 32 %. En la tabla 7.4. se presenta la eficiencia histórica que se tiene del año 2010 al 2014.

Tabla 7.4. Eficiencia (fuente SMAPA).

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
2010	63,225,859	23,073,050	21,911,106	36	95	35
2011	59,338,735	24,749,308	23,500,294	42	95	40
2012	65,718,512	22,577,716	21,439,156	34	95	33
2013	70,036,455	23,003,302	15,558,298	33	68	22
2014	60,182,610	23,713,356	19,534,631	39	82	32

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 2013, de acuerdo con la tabla 8.1. se tuvo una captación de 66.2 millones de metros cúbicos, de acuerdo con los datos que proporciona el Organismo Operador en el proceso de conducción se

tiene una pérdida de 6.6 millones de metros cúbicos, en el proceso de producción se presenta una pérdida de 5.96 millones de metros cúbicas, en el proceso de distribución se tienen pérdidas del orden de los 30.45 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, etc) por lo que todas las pérdidas de este tipo se suponen incluidas en el proceso de distribución, facturándose únicamente 23.17 millones de metros cúbicos de los 53.62 millones de metros cúbicos que salen al proceso de distribución, de los 23.17 millones de metros cúbicos, únicamente se cobraron 19.44 millones de metros cúbicos, que representa una pérdida de 4.27 millones de metros cúbicos con respecto a lo facturado.

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

Volúmenes	Captación	Conducción	Producción (desinfección)	Distribución	Facturación	Cobranza
Procesados	66,200,871	59,580,784	53,622,706	23,171,713	23,171,713	18,903,309
Perdidos		6,620,087	5,958,078	30,450,993	0	4,268,404

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 produce aproximadamente el 52 % de la capacidad lo cual genera una razón de producción sobre capacidad instalada de 0.53, la razón de consumo sobre capacidad instalada es bastante baja, únicamente de 0.20. 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 39 %, teniendo una pérdida del volumen producido de 61 %.

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)
2010	63,225,859	23,073,050	113,671,510	0.55621553	0.20298006
2011	59,338,735	24,749,308	113,671,510	0.52201941	0.21772657
2012	65,718,512	22,577,716	113,671,510	0.57814409	0.19862247
2013	70,036,455	23,003,302	113,671,510	0.61613024	0.20236647
2014	60,182,610	23,713,356	113,671,510	0.52944322	0.20861301

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), así se esperaría que se tuvieran 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 2010 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 anterior probablemente se debe a que no se tiene eficiencia en la 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
2010	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31
2011	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57
2012	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33
2013	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79	9.79
2014	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29	8.29

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 Tuxtla Gutiérrez. En tabla 9.1 se presentan la proyección de la demanda de agua de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, 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 cálculo 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 25 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 Tuxtla Gutiérrez, para el año 2014, tiene una eficiencia física del 39 % lo que significa que se tienen pérdidas en el sistema (físicas, fugas, clandestinaje) del orden de 61 %. 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 de elaboración de Programas de Medidas preventivas y de Mitigación de la Sequía para usuarios urbanos de agua potable y saneamiento (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 52 millones de metros cúbicos y que para el año 2030 dicho déficit sería de aproximadamente 80 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, la ciudad estaría altamente vulnerable ante dicho evento, con baja capacidad de adaptación y sería muy complicado aplicar acciones de mitigación sin que ello afectara 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 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Año	2014	2020	2025	2030
Escenario 1. Prospección de acuerdo a la GUIA (CONAGUA 2014)				
Población (A)	604,891.4	649,147.8	676,534.0	697,568.1
Elasticidad ingreso de la demanda (B)	0.3	0.3	0.3	0.3
PIB per cápita (índice 2014=100) (C)*	100.0	33.5	13.5	5.4
Consumo per cápita de agua (m ³) (D)**	39.2	31.4	29.0	28.1
Consumo de agua de la ciudad (millones de m ³) (AxD)	23,711,741.0	20,369,219.3	19,634,881.8	19,584,973.2
Eficiencia Física (Statu Quo) (E)	39.0	39.0	39.0	39.0
Consumo de agua de la ciudad con pérdidas (millones de m ³) (F=A D/E×100)	60,799,335.9	52,228,767.5	50,345,850.7	50,217,880.1
Consumo de agua de la ciudad con 10% menos de pérdidas (m ³) (G=A D/(E+10)×100)	48,391,308.1	41,569,835.4	40,071,187.3	39,969,333.1
Capacidad Instalada anual(H)	113,671,510.0	113,671,510.0	113,671,510.0	113,671,510.0
Brecha hídrica (Statu Quo) (H-F)	52,872,174.1	61,442,742.5	63,325,659.3	63,453,629.9
Brecha hídrica (Eficiente) (H-G)	65,280,201.9	72,101,674.6	73,600,322.7	73,702,176.9

Escenario 2. Prospección considerando consumo de agua de diseño aproximado				
Consumo per cápita de agua diseño aprox. considerando 20 % pérdidas físicas (m3) (D2)	73.0	73.0	73.0	73.0
Consumo de agua de la ciudad de acuerdo a consumo percapita de diseño y eficiencia física actual (m3) (F2=A D2/E×100)	113,223,253.0	121,507,151.5	126,633,296.5	130,570,438.5
Brecha hídrica Diseño(Statu Quo) (H-F2)	448,257.0	-7,835,641.5	-12,961,786.5	-16,898,928.5
Deficit en el consumo de agua actual y el proyectado en Diseño (F-F2)	-52,423,917.1	-69,278,384.0	-76,287,445.8	-80,352,558.4

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	89 %	Media (80% a 90 %)	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	39 %	Baja (menos de 50 %)	Sectorización deficiente. No se controlan presiones No se reparan las fugas Existen problemas de medición (no hay macromedición) y micromedición deficiente.	Llevar a cabo sectorización Reparación de fugas Instalar y realizar macromedición. Revisar micromedición efectiva
Eficiencia comercial	82 %	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	39 m3/hab/año	baja: menos de 70 m3 anuales per cápita	Deficiencia en el suministro. Tarifa alta	Disminuir fugas Micromedición eficiente Macromedición. Sectorización eficiente. Análisis tarifario.

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

En las tablas 10.2 a 10.5 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	D0: Anormal- mente seco	D1: Moderada	D2: Severa	D3: Extraor- dinaria	D4: Excepcional
Medidas					
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. 2000. Consejo de cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta. PDF.
- Comisión Nacional del Agua 2010. Estadísticas del Agua en México, edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Comisión Nacional del Agua. 2010b. Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México.
- Comisión Nacional del Agua, 2014. Guía de elaboración para usuarios urbanos de agua potable y saneamiento.
http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/Guia_elaboracion_usuarios_urbanos
- 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.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (SEMARNAT-IMTA), 2013. Formulación de programas de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Documento de soporte teórico.
<http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/MarcoTeorico.pdf>
- 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/olaproyectos/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
- Libro del Agua de la Cuenca de los ríos Grijalva – Usumacinta, Gerencia Regional Frontera Sur, Programa Hidráulico de Gran Visión.
- Organización Meteorológica Mundial. 2012. “Índice normalizado de precipitación - Guía de usuario”. OMM-No 1090. PDF.
- 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.