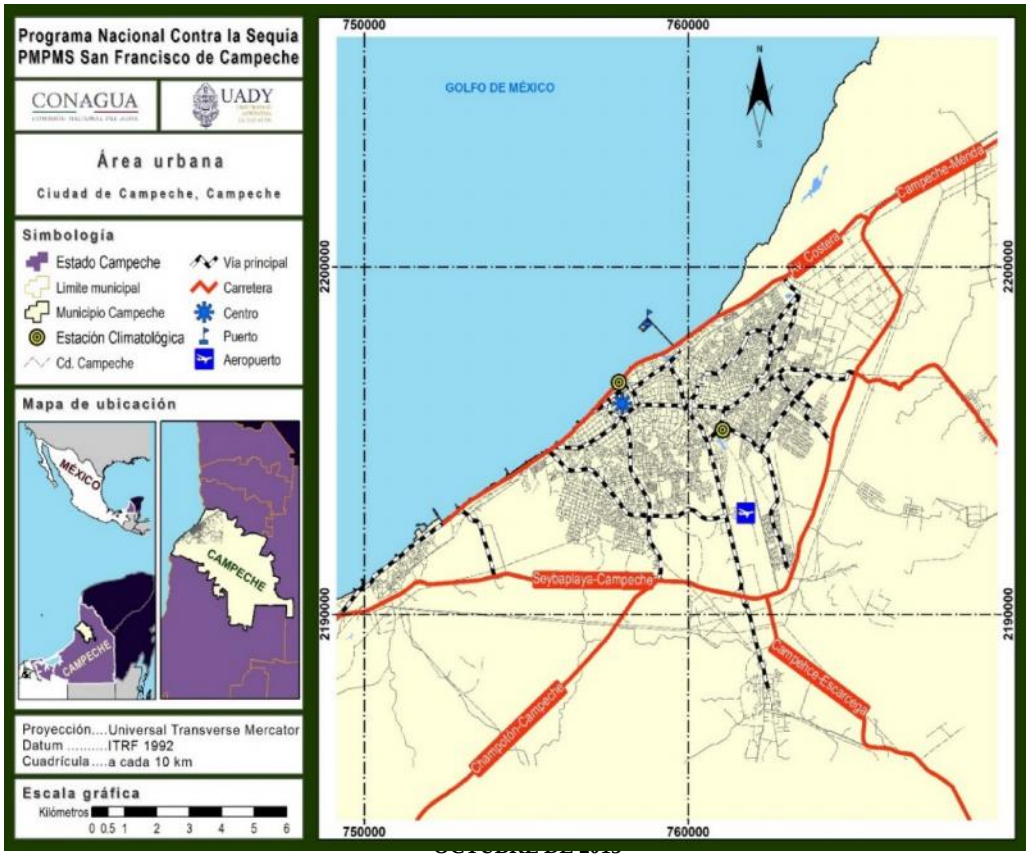
PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE, CAMPECHE

(CONVENIO NO. CONAGUA-OCPY-CONV-002-2015)

INFORME FINAL



Octubre 2015

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

UADY
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
ORGANISMO DE CUENCA PENÍNSULA DE YUCATÁN
DIRECCIÓN TÉCNICA

PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LA SEQUÍA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE.

CONVENIO No. CONAGUA-OCPY-CONV-002-2015

Octubre de 2015

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Director General
Mtro. Roberto Ramírez de la Parra

Subdirector General Técnico
Dr. Víctor Hugo Alcocer Yamanaka

Gerente de Ingeniería y Asuntos Binacionales del Agua
M.I. Alfredo Ranulfo Ocón Gutiérrez

Director General del Organismo de Cuenca
Península de Yucatán
C.P. Roberto Edmundo Pinzón Álvarez

Director Técnico y Supervisor
M.I. José Luis Acosta Rodríguez

Supervisores Auxiliares
M.C. Sergio Peña Fierro
M.I.A. Francisco Argüelles Ferrara

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

Rector
Dr. José de Jesús Williams

Director de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
M.C. Marco Antonio Torres León

Responsable Técnico
Dr. Héctor Estrada Medina

Colaboradores
M.C. Mariela Castilla Martínez
M.C. Florencia Deyanira Pech Cárdenas
Biol. Ana María Moreno Arjona
Lic. en Agroec. Oscar Álvarez Rivera
P. en Biol. Mar. Andrés Morales Guadarrama
Ing. Jorge Pinzón Mejía

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 1

2 ¿QUÉ ES LA SEQUÍA? 5

2.1 Tipos de sequía 5
2.1.1 Sequía Meteorológica 6
2.1.2 Sequía Agrícola 6
2.1.3 Sequía Hidrológica 7
2.1.4 Sequía Socioeconómica 8
2.1.5 Sequía Operativa 8
2.2 Impactos de la sequía 9
2.3 Rangos de intensidad de la sequía 11

3 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL 13

3.1 Normatividad nacional 13
3.2 Normatividad local 20
3.3 Instituciones relacionadas con la sequía 23

4 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE 25

4.1 Medio físico 26
4.2 Población 29
4.2.1 Grado de marginación 30
4.2.2 Índice de Desarrollo Humano (IDH) 33
4.3 Actividades económicas 34
4.4 Caracterización del sistema agua en Campeche 36
4.4.1 Organismo operador del agua 38

5 INFORMACIÓN CLIMÁTICA DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE 40

5.1 Temperatura 41
5.1.1 Temperatura media 41
5.1.2 Temperatura máxima 48
5.1.3 Temperatura mínima 52
5.2 Oscilación térmica 56
5.3 Precipitación 58
5.4 Evaporación 63
5.5 Sequía 66
5.5.1 Índice de Precipitación Estandarizado 66
5.5.2 Índice de Sequía por Escurrimiento 75

6 EVALUACIÓN DE LA OFERTA/ABASTO DE AGUA 78

6.1 Fuentes de abastecimiento 78

6.2 Inventario y evaluación de la infraestructura disponible 82
6.2.1 Equipos de potabilización, bombeo en captaciones y rebombeo *83*
6.2.2 Infraestructura de almacenamiento *84*
6.2.1 Infraestructura de distribución *84*
6.2.2 Infraestructura de drenaje, recolección, tratamiento y reúso de aguas residuales *87*
6.2.2.1 Drenaje 87
6.2.2.2 Tratamiento y reúso de aguas residuales 88
6.3 Recursos disponibles (caudales y volúmenes de producción) 90
6.4 Estado del servicio de agua potable 92
6.4.1 Calidad del agua *92*
6.4.1.1 Continuidad y extensión del servicio 94
6.4.1.2 Atención a clientes 94

7 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA/CONSUMO DE AGUA 97

7.1 Análisis de la demanda 97
7.1.1 Cobertura *97*
7.1.2 Usuarios *97*
7.1.3 Consumo per capita *100*
7.1.4 Eficiencia del organismo operador de agua *101*
7.1.4.1 Eficiencia física 101
7.1.4.2 Eficiencia comercial 101
7.1.4.3 Eficiencia global 102
7.1.4.4 Productividad 102
7.1.5 Tarifas *104*

8 BALANCE DE AGUA Y EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA 107

8.1 Balance de agua 107
8.2 Capacidad de abasto y capacidad instalada 107
8.3 Variación estacional de oferta y demanda 108
8.3.1 Dotación *108*

9 ESCENARIOS FUTUROS DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO 110

9.1 Patrones de consumo en 5, 10 y 15 años 110
9.2 Retos en el manejo urbano del agua 112

10 ANÁLISIS DE MEDIDAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN SEQUÍAS 114

10.1 Identificación de deficiencias en la gestión 114
10.2 Causas desencadenandes de una escasez de agua en la ciudad 115
10.3 Acciones propuestas por el organismo operador para prevenir la sequía 115
10.4 Medidas de mitigación de sequía 119
10.5 Acciones preventivas contra la sequía realizadas en Campeche 121

10.6 Procedimiento para la elaboración de un plan contingente (a nivel ciudad) para la mitigación de la sequía 123

RECOMENDACIONES PARA LA DIFUSIÓN DEL PMPMS 125

AGRADECIMIENTOS 126

BIBLIOGRAFÍA 127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el rubro agua y su principal objetivo. 15
Tabla 4.1. Población de la ciudad de San Francisco de Campeche (2010). 29
Tabla 4.2. Proyección de población para la ciudad de San Francisco de Campeche (2030). 30
Tabla 4.3. Indicadores socioeconómicos y grado de marginación de San Francisco de Campeche (2010). 31
Tabla 4.4. Áreas geostadísticas básicas (AGEB) y población por grado de marginación urbana para la ciudad de San Francisco de Campeche (2010). 32
Tabla 4.5. Índice de Desarrollo Humano (IDH) del municipio de Campeche y del estado de Campeche (2010). 33
Tabla 4.6. Población económicamente activa (PEA) de la ciudad de San Francisco de Campeche (2010). 36
Tabla 5.1. Serie temporal de temperatura media mensual estación climática "Campeche Centro".. 46
Tabla 5.2 Serie temporal de temperatura media mensual estación climática "Campeche Observatorio". 47
Tabla 5.3. Serie temporal de temperatura máxima promedio mensual estación climática "Campeche Centro". 50
Tabla 5.4. Serie temporal de temperatura máxima promedio mensual estación climática "Campeche Observatorio". 51
Tabla 5.5. Serie temporal de temperatura mínima promedio mensual estación climática "Campeche Centro". 54
Tabla 5.6. Serie temporal de temperatura mínima promedio mensual estación climática "Campeche Observatorio". 55
Tabla 5.7. Rangos de SPI para cada tipo de sequía. 67
Tabla 5.8. Número de meses que presentaron cada categoría de sequía en cada intervalo de tiempo (Estación: Campeche Centro). 68
Tabla 5.9. Número de meses que presentaron cada categoría de sequía en cada intervalo de tiempo (Estación: Campeche Observatorio). 69
Tabla 6.1. Fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche. 79
Tabla 6.2. Inventario de pozos de abastecimiento en funcionamiento y no funcionamiento para la ciudad de San Francisco de Campeche. 79
Tabla 6.3. Características de la red de distribución de la ciudad de San Francisco de Campeche. 85
Tabla 6.4 Estado de conservación de la red de tuberías de la ciudad de San Francisco de Campeche. 87
Tabla 6.5. Capacidad histórica del servicio de tratamiento de aguas residuales de San Francisco de Campeche (2009-2014). 88
Tabla 6.6. Plantas de tratamiento de la ciudad de San Francisco de Campeche (2014). 89
Tabla 6.7. Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento para San Francisco de Campeche (2011-2014). 90

Tabla 6.8. Capacidad instalada para cada fuente de abastecimiento para San Francisco de Campeche (2014). 90
Tabla 6.9. Capacidad instalada de las zonas de captación de la ciudad de San Francisco de Campeche (2014). 91
Tabla 6.10. Volumen de agua producida y estimación de pérdida en la ciudad de San Francisco de Campeche. 91
Tabla 6.11. Volumen producido mensual de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche por tipo de usuario (2014) (Hm3). 92
Tabla 6.12. Parámetros de calidad del agua potable del Sistema Chiná (Galería filtrante). 93
Tabla 6.13. Continuidad en el servicio de agua potable por usuarios en la ciudad de San Francisco de Campeche (2014). 94
Tabla 6.14. Tuberías sustituidas y reparadas por el SMAPAC (2014). 96
Tabla 7.1. Número de clientes del SMAPAC (2010-2014). 97
Tabla 7.2. Tomas de agua por tipo de usuario (2014). 97
Tabla 7.3. Tomas de agua potable con medidor instalado en Campeche (2014). 98
Tabla 7.4. Volumen facturado y consumo por tipo de toma para la Ciudad de San Francisco de Campeche. 99
Tabla 7.5. Facturación anual promedio de agua potable por tipo de usuario en la ciudad de Campeche (m^3/año). 99
Tabla 7.6. Principales usuarios de agua potable en la ciudad de Campeche. 100
Tabla 7.7. Consumo y dotación *per capita* para la ciudad de San Francisco de Campeche (2014). 101
Tabla 7.8. Eficiencia física del SMAPAC en Campeche (2011-2014). 101
Tabla 7.9. Eficiencia comercial del SMAPAC en Campeche (2011-2014). 102
Tabla 7.10. Eficiencia global del SMAPAC en Campeche. 102
Tabla 7.11. Número de tomas de agua potable registradas y número de empleados por cada mil tomas en Campeche (2009-2014). 103
Tabla 7.12. Costo unitario de producción y precio de venta promedio en San Francisco de Campeche. 104
Tabla 7.13. Tarifas de cuota fija mensual histórica para el municipio de Campeche. 105
Tabla 7.14. Variación porcentual de las tarifas de agua por consumo doméstico de Campeche. 106
Tabla 8.1. Balance de agua producida del sistema de abastecimiento de la ciudad de San Francisco de Campeche para (2014). 107
Tabla 8.2. Capacidad de abasto para la ciudad de San Francisco de Campeche. 108
Tabla 8.3. Volumen producido mensual de agua de la ciudad de San Francisco de Campeche (Hm^3). 108
Tabla 8.4. Dotación de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche (l/hab/día). 109
TABLA 9.1. PROSPECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA EN LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE. 113
Tabla 10.1. Deficiencias en la gestión del agua potable en el SMAPAC. 114
Tabla 10.2.Principales causas desencadenantes de escasez de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche. 115

Tabla 10.3. Principales problemas identificados por el SMAPAC. 116
Tabla 10.4. Principales acciones identificados por el SMAPAC para prevenir la sequía 117
Tabla 10.5. Principales acciones de mitigación identificados por el SMAPAC para prevenir la sequía. 119
Tabla 10.6. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Gubernamental 119
Tabla 10.7. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Residencial. 120
Tabla 10.8. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Comercial. 121
Tabla 10.9. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Industrial. 121
Tabla 10.10. Acciones de mitigación a la sequía que ya se están realizando en la ciudad de San Francisco de Campeche (2013-2015). 122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Mapa de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche. 25
Figura 4.2. Mapa de edafología de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche. 28
Figura 4.3. Regionalización del grado de marginación en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche. 32
Figura 4.4. regionalización económica de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche. 35
Figura 5.1. Ubicación de las estaciones climáticas de la ciudad de San Francisco de Campeche. 40
Figura 5.2. Temperatura media histórica anual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 42
Figura 5.3. Mapa de la temperatura media histórica anual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 43
Figura 5.4. Temperatura media histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 44
Figura 5.5. Temperatura media histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 45
Figura 5.6. Temperatura máxima promedio anual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 48
Figura 5.7. Temperatura máxima histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 49
Figura 5.8. Temperatura mínima promedio anual de San Francisco de Campeche (1982-2014) 52
Figura 5.9. Temperatura mínima histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014). . 53
Figura 5.10. Oscilación térmica promedio anual de San Francisco de Campeche (1982-2014). 56
Figura 5.11. Oscilación térmica mensual histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014). 57
Figura 5.12. Precipitación total anual histórica de Campeche (1982-2014). 58
Figura 5.13. Mapa de la precipitación total anual histórica de Campeche (1982-2014). 59
Figura 5.14. Precipitación mensual promedio histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014). 60
Figura 5.15. Precipitación mensual promedio histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014). 61
Figura 5.16. Climograma de la Ciudad de San Francisco de Campeche (1982-2014). 62
Figura 5.17. Evaporación Anual Histórica de la Ciudad de San Francisco de Campeche (1982-2014). 64
Figura 5.18. Evaporación mensual promedio histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014). 65
Figura 5.19. Precipitación y evaporación promedio mensual histórico (1982-2014). 66
Figura 5.20. Frecuencia histórica de la sequía en la ciudad de San Francisco de Campeche (1982-2014). 70
Figura 5.21. Análisis mensual de la sequía en la escala de tiempo trimestral en Campeche (1982-2014). 71
Figura 5.22. Análisis mensual de la sequía en la escala de tiempo semestral en Campeche (1982-2014). 72
Figura 5.23. Análisis mensual de la sequía en la escala de tiempo anual en Campeche (1982-2014). 73
Figura 5.24 Mapa del monitor de sequía para la ciudad de San Francisco de Campeche (Parte 1) (2008-2011). 74

Figura 5.25 Mapa del monitor de sequía para la ciudad de San Francisco de Campeche (Parte 2) (2012-2015).....75
Figura 5.26. Índice de sequía por escurrimiento (SDI) del Río Candelaria.....77
Figura 6.1Mapa de distribución de los pozos de agua potable por sectores en la ciudad de San Francisco de Campeche.....82
Figura 6.2 Mapa de distribución de red de tuberías de conducción y de los sectores de la ciudad de San Francisco de Campeche. 86
Figura 6.3. Reportes de quejas de clientes atendidas por el SMAPAC (2013-2014). 95
Figura 9.1. Proyección de la población para la ciudad de San Francisco de Campeche al 2030. 110
Figura 9.2. Escenarios proyectados para el consumo de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche. 112
Figura 10.1 Inversión realizada en acciones de agua potable en la ciudad de San Francisco de Campeche (2013-2015).....123

1 INTRODUCCIÓN

El 70% de la superficie terrestre está constituida por agua, el 67% es agua salada que se encuentra en los oceanos y sólo un 3% es agua dulce. De este porcentaje, el 1% corresponde al agua superficial de fácil acceso, la que encontramos en ríos y lagos a poca profundidad del suelo y que puede ser extraída fácilmente (Muñoz-Sevilla y Domínguez-Orozco, 2005).

Dado la gran importancia del agua como un recurso que puede llegar a ser una limitante para el desarrollo económico y social de los países, en los últimos años se ha intensificado el estudio de la cuantificación de su disponilbilidad (Muñoz-Sevilla y Domínguez-Orozco, 2005).

En los últimos cincuenta años, la disponibilidad promedio de agua por habitante en México ha bajado de 18 m^3 por año a 4.8 m^3 (CONAGUA, 2003). Lo anterior es una de las principales preocupaciones en los grandes asentamientos urbanos, en donde además, los cambios en la distribución de las precipitaciones y en la ocurrencia e intensidad de los huracanes y sequías, amenazan la sostenibilidad del abastecimiento y acceso al agua (IPCC, 2007; ONU, 2014).

La sequía se considera como la anomalía climática de mayor preocupación a escala mundial (Sauchyn, 2004). Es un fenómeno de carácter temporal que se presenta en todas las zonas climáticas y que se caracteriza por la disminución de la precipitación pluvial en un tiempo relativamente prolongado (Valiente, 2001; INDECI, 2014). Si bien la sequía es parte de la variabilidad natural del clima, en las últimas decadas dicha variabilidad se ha visto influenciada por las actividades antropogénicas (Hare, 2003), lo cual ha ocasionando el incremento en la frecuencia e intensidad de las sequías (Valiente, 2001).

En México, las zonas centro y norte constituyen las regiones con mayor problemática asociada a la escasez de agua, debido a que éstas están altamente pobladas, son zonas de alta actividad económica y con las mayores tasas de crecimiento del país, por lo tanto, la disponibilidad de agua *per capita* alcanza un valor internacionalmente considerado como peligrosamente bajo. En contraparte, la parte sureste del país, presenta una problemática menor asociada a sequías y escasez de agua (CONAGUA, 2003; Muñoz-Sevilla y Domínguez-Orozco, 2005).

Aunque la Península de Yucatán presenta un manto acuífero abundante, en esta región se han declarado eventos de sequía de leves a moderados en siete ocasiones, dos en Campeche, dos en Quintana Roo y tres en Yucatán (CONAGUA, 2013).

Debido a un fenómeno de sequía intensa ocurrido en el año 2011, el cual abarcó varios estados del norte del país, el Gobierno Federal estableció la "Estrategia para la Atención de los Estados Afectados por la Sequía" y se publicó el “Acuerdo por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas” en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2012c). Recientemente, en el año 2013 se decretó la “Estrategia Nacional de Cambio Climático”, en la cual se definen ejes estratégicos y líneas de acción que permitan orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno para enfrentar los efectos de este fenómeno natural en el país (ENCC, 2013).

En este sentido, en este mismo año, se elaboró el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) del Consejo de Cuenca Península de Yucatán en colaboración con la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como resultado de este programa se obtuvo un diagnóstico y caracterización de la sequía y de la vulnerabilidad de la cuenca, donde se instrumentaron acciones emergentes para la preveción y mitigación de los

efectos causados por el desabasto de agua en los diferentes sectores usuarios (PMPMSCCPY, 2014).

En el año 2014, como atención al requisito legal de que todas las ciudades con más de 20,000 habitantes deberían contar con un Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS), que contenga instrumentos proactivos y preventivos que les permitan establecer estrategias y acciones para un manejo del agua bajo los efectos de un fenómeno de sequía; en la Península de Yucatán se llevaron a cabo PMPMS para las ciudades de Cancún, Quintana Roo (PMPMSCC) y Mérida, Yucatán (PMPMSCM). En estos programas se analizó el marco legal en cuanto a la extracción, uso y manejo del recurso hídrico, se analizó la oferta y la demanda de agua, se proyectaron escenarios futuros de consumo y se desarrollaron las medidas preventivas y de mitigación de la sequía en las ciudades (PMPMSCC, 2014, PMPMSCM, 2014).

En este sentido, para el año 2015, se ejecutó la tercera etapa de este proyecto, dentro de la cual se realizó el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche.

La ciudad de San Francisco de Campeche cuenta con una población de 220,389 habitantes (INEGI, 2010). El objetivo del PMPMS en esta ciudad fue el de realizar un diagnóstico e identificar acciones para mejorar el desempeño del organismo operador de agua y garantizar el suficiente y eficiente abasto del recurso hídrico a la población.

Los objetivos específicos que se buscan cumplir en este PMPMS para la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche son:

1) Caracterizar y analizar el clima de la ciudad mediante la recopilación de información climática, considerando variables como temperatura, precipitación, evaporación; 2) Evaluar la oferta y demanda de agua potable y estimar el balance hídrico en la ciudad; 3) Construir escenarios futuros del consumo y disponibilidad de agua; 4) Identificar deficiencias en la gestión del agua potable en la ciudad; 5) Analizar la gestión del agua en época de sequía en la ciudad de Campeche; y, 6) Elaborar medidas de prevención y de mitigación de la sequía para el organismo operador, depedencias y la población en general.

2 ¿QUÉ ES LA SEQUÍA?

Se denomina sequía al fenómeno meteorológico que se presenta cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio, generalmente dicha ausencia de agua es prolongada y ocasiona un daño en las actividades humanas (García y Fuentes 1999; Atlas Nacional de Riesgos, 2015).

En los lineamientos oficiales de la CONAGUA, se le define a la sequía como la insuficiencia de volumen usual en las fuentes de abastecimiento, debido a una menor cantidad de lluvia para el llenado de las fuentes, derivado de un retraso en la ocurrencia de la lluvia o la combinación de ambas causas naturales (DOF, 2012).

La sequía es impredecible en el momento en que inicia, en su duración, así como en su intensidad y en la extensión territorial sobre la que ocurre (DOF, 2012). En el aspecto económico, es uno de los principales fenómenos naturales causantes de pérdidas en el sector agrícola y ganadero a nivel mundial y su frecuencia ha aumentado en los últimos años (García y Fuentes, 1999; Atlas Nacional de Riesgos, 2015).

2.1 Tipos de sequía

La magnitud, duración y severidad de las sequías no siempre son las mismas, sus efectos están relacionados de manera directa con las actividades humanas (Atlas Nacional de Riesgos, 2015). De la misma manera, las causas y efectos de la sequía pueden ser analizados desde diferentes enfoques y puntos de vista, en este sentido, existe una clasificación de los diversos tipos de sequía, entre los que se encuentran la meteorológica, agrícola, hidrológica, socioeconómica y operativa (Valiente, 2001; Estrela, 2006).

2.1.1 Sequía Meteorológica

Este tipo de sequía se basa en datos climáticos y se define como la expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo dado. Sin embargo, el período de tiempo así como la magnitud del déficit pluviométrico son difíciles de establecer y a menudo no se especifican umbrales fijos, además de que dichos valores dependen de las áreas geográficas a las que se refiera (Valiente, 2001).

Para Palmer (1965) dicho intervalo de tiempo generalmente tiene una duración de meses o años. Russell (1970) por su parte, no establece un período preciso y se refiere a éste únicamente como un período prolongado. Finalmente, las definiciones asociadas a la sequía meteorológica dependen de cada región particular, debido a que ésta se encuentra relacionada con las características del clima regional.

Entre los métodos de cuantificación de esta sequía se encuentran el Porcentaje de la Precipitación Media, Cuantiles, Desviación Estandarizada de Precipitación, Índice de Severidad de la Sequía de Palmer, Índice Normalizado de Precipitación, Índice de Sequía Oferta-Demanda, Índice Nacional de lluvia, Índice de Sequedad SI, Coeficiente Hidrotérmico, Índice de Anomalía de Precipitación, Precipitación Efectiva, Índice de Sequía y el Índice Estandarizado de Precipitación (Valiente, 2001).

2.1.2 Sequía Agrícola

Este tipo de sequía está estrechamente relacionada con las actividades agrícolas, dado que es el primer sector económico que se ve afectado cuando hay una falta de precipitación, por tanto adquiere una gran relevancia. Se dice que hay sequía agrícola cuando la humedad presente en el suelo es insuficiente para permitir el

desarrollo de determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento (Valiente, 2001).

La cantidad de agua que cada cultivo requiere depende de sus características biológicas y varía durante su crecimiento y desarrollo, también se ve influenciado por las condiciones meteorológicas y las propiedades del suelo, por tanto, es difícil establecer umbrales de sequía agrícola válidos, incluso en una misma área geográfica (Valiente, 2001).

Valiente (2001) señala que es posible que se presente una sequía meteorológica sin producir una sequía agrícola, siempre y cuando los niveles de humedad en el suelo sean suficientes como para proporcionar agua a determinado cultivo durante este periodo.

Entre los métodos de cuantificación de la sequía meteorológica se encuentran el Índice Z, Índice de Humedad del Cultivo, Índice de Sequía Específico de Cultivo, Índice de Aporte de Agua Superficial, Lluvias Dependientes y el Índice DM de Sequedad-Humedad (Valiente, 2001).

2.1.3 Sequía Hidrológica

Esta variante de sequía se refiere a la que se presenta cuando hay una deficiencia en el caudal o volumen de las aguas superficiales o subterráneas. Sin embargo, debido a que existe un desfase entre la escasez de lluvias y la reducción en el caudal de ríos y el nivel de lagos y embalses, las mediciones hidrológicas no son utilizadas como un indicador del inicio de la sequía, pero son buenas indicadoras de su intensidad (Valiente, 2001).

La sequía hidrológica no depende exclusivamente de la cantidad de agua existente en los depósitos naturales o artificiales, también se ve determinada por la gestión y uso que se le da a dichos recursos hídricos (Valiente, 2001). Linsley *et al*. (1975) tomaron en cuenta los aspectos antes mencionados en su definición de sequía hidrológica y la expresan como un "periodo de tiempo durante el cual los caudales son inadecuados para satisfacer los usos establecidos bajo un determinado sistema de gestión de aguas".

Entre los métodos de cuantificación de esta sequía se encuentran el Índice Hidrológico de Sequía de Palmer, Índice de Sequía por Humedad en el Suelo, Índice de Sequía-Demanda y el Índice de Sequía Keetch-Byram (Valiente, 2001).

2.1.4 Sequía Socioeconómica

Este tipo de sequía hace referencia a la disminución de la disponibilidad de agua a tal punto que se producen daños económicos o personales en la población que habita la zona afectada por la escasez de lluvias (Valiente, 2001).

Debido a que la presión antrópica sobre el agua cada vez es mayor, la sequía socioeconómica se presenta con más frecuencia y su intensidad depende de qué tan estrecha es la relación entre las actividades socioeconómicas y el agua. Sus efectos se miden en relación a pérdidas materiales, ocasionando en muchos casos grandes pérdidas económicas e incluso pérdida de vidas humanas (Valiente, 2001).

2.1.5 Sequía Operativa

La sequía operativa se refiera a un exceso en la demanda del recurso agua, de tal manera que el organismo operador no puede satisfacer las necesidades de la población usuaria. Puede ser causada por la escasez del recurso, la inadecuada

gestión del recurso, diseño inapropiado, por las reglas del sistema de explotación, así como por fallos o deficiencias en el sistema de abastecimiento (Estrela, 2006).

2.2 Impactos de la sequía

La sequía afecta en diversos grados y diferentes maneras a las actividades humanas, especialmente las que están relacionadas con la agricultura (Florescano *et al*., 1980). Pese a la importancia y sus terribles efectos, el conocimiento que se tiene sobre este fenómeno es limitado, debido en parte a que el inicio y fin de las sequías no son fáciles de percibir y finalmente la única evidencia que queda de ellas son sus impactos (Florescano *et al*., 1980).

Los impactos que presentan las sequías se clasifican en tres grandes rubros según el National Drought Mitigation Center (NDMC) (2012): económicos, sociales y ambientales.

Entre los principales impactos económicos se encuentran: la pérdida o disminución en la producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera, la recesión de la tasa de crecimiento económico regional, la pérdida de ingreso de productores, comerciantes, transportistas, etc., el aumento en la demanda de energía, el decremento en industrias y actividades asociadas y/o dependientes, el desempleo y tirantez de créditos y actividad bancaria, un menor flujo de activos y la disminución de ingresos y beneficios vía impuestos (NDMC, 2012).

Los principales impactos sociales son: la escasez de la cantidad y calidad de alimentos, los problemas de salud y aumento de morbilidad en sectores vulnerables, los conflictos entre usuarios y sectores del agua, la desigualdad en la absorción del impacto, una baja en la calidad de vida e incremento de la pobreza, inestabilidad social, marginación y migración hacia áreas urbanas o al extranjero.

Dentro de los principales impactos ambientales están: el daño a los ecosistemas, los incendios forestales, la pérdida de flora y fauna silvestre, la erosión y pérdida de suelos, la degradación de la calidad del agua y del aire, la degradación del paisaje, así como la pérdida de servicios ecosistémicos.

Los impactos totales y los sectores que se verán más afectados dependen de la duración y extensión territorial del fenómeno, de la reducción en la disponibilidad del agua, así como de las condiciones económicas (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013).

En el caso particular de México, los impactos de las sequías se han presentado desde la antigüedad hasta nuestros días y han afectado diversos sectores socioeconómicos, principalmente al agropecuario y la población rural que vive de lo se produce del campo, dado que la mayoría de las comunidades campesinas aún practican la agricultura de temporal en la que sus cultivos dependen del inicio de la temporada de lluvias (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013).

El sector social en México también se ha visto afectado, derivado de los efectos de la sequía se han generado desempleos, migraciones y hambrunas, así como conflictos civiles armados (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013).

A pesar de la gran importancia que han tenido las sequías en la historia de nuestro país y sus impactos, su atención ha sido reactiva en lugar de proactiva, se han tratado de solucionar las crisis que son provocadas en lugar de gestionar el riesgo, por lo que ciertas áreas del país continúan siendo altamente vulnerables ante este fenómeno (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013).

2.3 Rangos de intensidad de la sequía

Los rangos de intensidad de la sequía fueron establecidos de acuerdo a estándares internacionales y fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación en el año 2012 en 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". A continuación se presentan y describen las características de cada uno de los rangos establecidos (DOF, 2012):

- **Anormalmente seco (D0):** Se trata de una condición de sequedad, no es un tipo de sequía como tal. Puede presentarse al principio de una sequía o cuando no la haya. Al principio de la sequía hay una sequedad de corto plazo que ocasiona un retraso en la siembra y existe una probabilidad de riesgo de incendios por arriba del promedio. Al final de la sequía hay un déficit persistente de agua, provocando que los pastos o cultivos no se recuperen completamente.
- **Sequía moderada (D1):** Ocasiona algunos daños a cultivos, existe una alta probabilidad de riesgo de incendios, los arroyos, embalses y pozos presentan niveles bajos y hay escasez de agua, se requiere un uso de agua restringido de manera voluntaria.
- **Sequía severa (D2):** Ocasiona pérdidas en cultivos, hay una muy alta probabilidad de riesgo de incendios y la escasez de agua es común. Se recomienda la imposición de restricciones en el uso del agua.
- **Sequía extrema (D3):** Ocasiona altas pérdidas en los cultivos y genera una probabilidad extrema en el riesgo de incendios. Existe una generalización en la escasez del agua y en las restricciones de su uso.

- **Sequía excepcional (D4):** Ocasiona pérdidas enormes y generalizadas en los cultivos, la probabilidad de riesgo de incendios es excepcional y la escasez de agua es total en los embalses, arroyos y pozos. En este tipo de sequía se crean situaciones de emergencia debido a la ausencia de agua.

Las acciones para enfrentar una sequía se categorizan en preventivas y de mitigación, dependiendo del tiempo que se espera para su ejecución. Las acciones preventivas estiman y organizan de manera anticipada los recursos humanos, materiales y financieros que podrían ser necesarios para enfrentar el fenómeno de la sequía, mientras que las acciones de mitigación son ejecutadas durante la ocurrencia del fenómeno con la finalidad de atenuar sus impactos (DOF, 2012).

Sin embargo, ambas acciones deben llevarse a cabo dentro de un proceso de planeación anticipada para que sean más eficientes, articuladas y conocidas por los sujetos y organizaciones que las llevarán a cabo, así como para reducir los costos que deriven de una sequía (DOF, 2012).

3 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

3.1 Normatividad nacional

La integración del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche, responde a principios que emanan de diversos ordenamientos legales de los tres niveles de gobierno (nacional, estatal y municipal).

En primera instancia y como máximo documento, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su última actualización, (DOF, 2015), señala en el artículo 4° que "toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible". En el artículo 27 se establece que "se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico". En el artículo 115 constitucional se dota a los municipios de varias facultades, entre las cuales destaca la de prestación de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento.

A nivel federal existen diversas leyes que se relacionan de manera directa o indirecta con el uso y conservación del recurso agua, entre las que se encuentran la Ley de Aguas Nacionales (LAN) (DOF, 2013b), que tiene como objetivo regular la explotación, vedas, uso o aprovechamiento de dichas aguas, así como su distribución, control y preservación de la calidad y cantidad con la finalidad de lograr su desarrollo integral sustentable. En su artículo 39, la LAN establece que en caso de sequías extraordinarias, sobreexplotación grave de acuíferos o condiciones

de necesidad o urgencia por causa de fuerza mayor, el Ejecutivo Federal adoptará medidas necesarias para controlar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, mismas que se establecerán al emitir el decreto correspondiente para el establecimiento de zonas reglamentadas.

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable en su última reforma (DOF, 2001a) establece en el artículo 82, que la expansión y modernización de la infraestructura hidroagrícola y de tratamiento de aguas para su reuso, serán criterios rectores por su contribución al incrementar la productividad y la seguridad alimentaria del país. Por otra parte, en el artículo 168 se establece que se promoverá un programa tendiente a la formación de una cultura del cuidado del agua.

En el año 2012 se declara la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012a), que tiene por objeto prevenir y mitigar los efectos actuales y futuros que el cambio del clima ejerza sobre la población y los ecosistemas, en el entendido que los recursos hídricos son un componente escencial en este esfuerzo de prevención.

La Comisión Nacional del Agua a través del Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tiene a su cargo las Normas Mexicanas en materia de análisis de agua, para aguas naturales, potables y residuales tratadas, así como las Normas Mexicanas de productos químicos utilizados en la potabilización del agua para uso y consumo humano, con la finalidad de fomentar el uso sustentable del agua y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2014).

Existen un total de 72 Normas Mexicanas de las cuales 47 pertenecen al rubro de muestreo y análisis de agua, 5 al de calidad del agua, 17 son de potabilización del

agua para uso y consumo humano y tres que entran en la categoría de "otros" (CONAGUA, 2014a); las más relevantes se encuentran resumidas en la Tabla 3.1.

Para la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche, existen 17 Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el agua y que se encuentran vigentes y son aplicables para las condiciones de dicha ciudad. Dentro de las principales temáticas que tratan dichas normas se encuentran: el establecimiento de límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, sistemas de agua potable, salud ambiental, requisitos para la protección del acuífero durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos, requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada, infiltración de agua a los acuíferos, bienes y servicios, conservación del recurso agua, sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario, vigilancia y evaluación para el control de la calidad del agua para uso y consumo humano.

Tabla 3.1. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el rubro agua y su principal objetivo.

Nombre	Objetivo
NOM-001-CONAGUA-2011. Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba.	Garantizar la hermeticidad de los sistemas de agua y alcantarillado para evitar las pérdidas por fugas y la contaminación de acuíferos por infiltración de aguas residuales.
NOM-002-CNA-1995. Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable-Especificaciones y métodos de prueba.	Establecer las especificaciones y métodos de prueba que debe cumplir la toma domiciliaria para el abastecimiento de agua potable, con el fin de preservar el recurso hidráulico, sin alterar sus propiedades fisicoquímicas.
NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.	Establecer los requisitos mínimos de construcción que se deben cumplir durante la perforación de pozos para la extracción de aguas nacionales y trabajos asociados, con objeto de evitar la contaminación de los acuíferos.
NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.	Proteger la calidad del agua en los acuíferos durante los trabajos de mantenimiento, rehabilitación y cierre de pozos, sea en forma temporal o definitiva.

NOM-014-CONAGUA-2003. Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.	Establecer los requisitos que deben cumplir: la calidad del agua, la operación y el monitoreo utilizados en los sistemas de recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
NOM-015-CONAGUA-2007. Infiltración artificial de agua a los acuíferos.-Características y especificaciones de las obras y del agua.	Proteger la calidad del agua de los acuíferos y aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial.
NOM-011-CONAGUA-2015. Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.	Establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento.
NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	Establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos.
NOM-002-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.	Establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas.
NOM-003-SEMARNAT-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se re usen en servicios al público.	Establecer los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos. Esto con el fin de proteger al ambiente y la salud poblacional.
NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	Establecer las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado, plantas potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales.
NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.	Establecer los métodos de prueba de espectrometría de absorción atómica para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio presentes en alimentos, bebidas, agua purificada y agua potable.
NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.	Establecer los requisitos y especificaciones que deberán observarse en las actividades de control de la calidad del agua para uso y consumo humano con el fin de prevenir la transmisión de enfermedades infecciosas y parasitarias, así como las derivadas de la continua

	ingestión de sustancias tóxicas que puede contener el agua abastecida a la población.
NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.	Establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo.

Fuente: DOF, 1996a, b, c; 1997a, b; 1998; 1999a; 2001b; 2003; 2008a, b, 2012b.

El Pacto por México, acuerdo político nacional firmado el 2 de diciembre de 2012, incluye dentro del apartado de desarrollo sustentable, el compromiso de replantear el manejo hídrico del país, en donde establece que se atenderán de manera prioritaria y oportuna las sequías que afectan el norte y centro del país, además se impulsará el agua de mar como fuente de abastecimiento con plantas desalinizadoras (Pacto por México, 2012).

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 tiene como objetivo principal llevar a México a su máximo potencial, mediante el establecimiento de cinco metas siguientes: I. México en Paz, II. México Incluyente, III. México con educación de calidad, IV. México próspero y, V. México con responsabilidad Global (PND, 2013-2018).

Para alcanzar la cuarta meta de dicho programa, se plantea el impulso y orientación de un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo, siendo una de las estrategias el impulso del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, mediante la tecnificación del riego y optimización del uso del agua, impulsar prácticas sustentables en las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras y acuícolas, establecer instrumentos para rescatar, preservar y potenciar los

recursos genéticos y aprovechar el desarrollo de la biotecnología, cuidando el medio ambiente y la salud humana (PNAD, 2013-2018).

Alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2015, se encuentra el Programa Nacional Hídrico 2014-2018, el cual busca entre sus alcances "incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones" siguiendo acciones coordinadas de los tres órdenes de gobierno y como una de sus principales estrategias se encuentra la implementación del Programa Nacional Contral la Sequía (PRONACOSE) (PNH, 2014).

El Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE) tiene una duración de 6 años (2013-2018) y busca atender, dar seguimiento, mitigar y prevenir el fenómeno recurrente de la sequía en el país con acciones más específicas multi e interdisciplinarias enfocadas en cada Consejo de Cuenca a nivel nacional.

Los dos ejes centrales de este programa son la elaboración de los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, así como la ejecución de acciones prioritarias para mitigar los efectos de este fenómeno. Actualmente, cada uno de los 26 Consejos de Cuenca a nivel nacional ya cuentan con su Programa de Medidas Preventivas y Mitigación de la Sequía (PMPMS), los cuales fueron elaborados en 2013, adicionalmente se ha ido avanzando en la elaboración de los PMPMS de las ciudades más importantes de la república, entre las que destacan las ciudades de Mérida y Cancún en la Península de Yucatán.

Por otro lado, el gobierno Federal también cuenta con diversos programas relacionados con el rubro agua; para apoyar su desinfección y lograr la calidad que establece la legislación mexicana está el Programa Agua Limpia (PAL), para apoyar y coadyudar a los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y/o

saneamiento en la mejora de eficiencia, cobertura, calidad y/o infraestructura se encuentran los programas para la Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA), de Tratamiento de Aguas Residuales (PROTAR), para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS), Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), de Devolución de Derechos (PRODDER) y el Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR) (CONAGUA, 2011; 2012; 2014b, c, d, e, f).

Para el año 2011, debido a un fenómeno de sequía intensa que abarcó varios estados del norte del país, el Gobierno Federal estableció la "Estrategia para la Atención de los Estados Afectados por la Sequía" y se publicó el “Acuerdo por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas” en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2012c).

Recientemente, en el año 2013 se decretó la Estrategia Nacional de Cambio Climático, en la cual se definen ejes estratégicos y líneas de acción que permitan orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno para enfrentar los efectos de este fenómeno natural en el país (ENCC, 2013). En este documento se manifiesta la importancia de la investigación en el entendimiento del efecto de eventos climáticos como la sequía sobre los sectores productivos. También se expone el requerimiento de acompañar las medidas de prevención del cambio climático con acciones económicas, tales como la implementación de esquemas tarifarios nuevos para algunos de los sectores que más agua consumen y replantear la estructura de subsidios, así como impulsar el manejo sustentable y ahorro del recurso hídrico en todos los sectores productivos. Por último, contempla el desarrollar programas de adaptación para aumentar la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

3.2 Normatividad local

Con base en lo mencionado en la legislación federal queda estipulado que la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales es de competencia municipal y el estado sólo podrá prestar estos servicios mediante la firma de un convenio, o cuando el municipio se encuentre imposibilitado de prestar estos servicios.

La Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche (PLEC, 2011), tiene como objetivos: 1) la regulación del "Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Estado", 2) la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, la organización y funcionamiento de los organismos operadores del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, la recuperación de los gastos y costos de inversión, operación, conservación y mantenimiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado; y 3) el servicio al público de conducción, suministro, potabilización, distribución o transporte de agua que presten particulares.

En el artículo 3 de esta ley se establece que los servicios públicos de agua potable y alcantarillado estarán a cargo de los municipios, con el concurso del estado. En el artículo 15 bis se establece que el estado y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, con el objeto de promover el cuidado y uso racional del agua, llevarán a cabo las siguientes acciones:

I. Difundir mediante programas los costos y beneficios socioeconómicos y ambientales del cuidado, uso racional y correcto aprovechamiento del agua;
II. Fomentar el uso racional del agua en todas sus formas y manifestaciones;
III. Promover planes y programas coordinados con las entidades públicas y privadas vinculadas con el uso racional y cuidado del agua;

IV. Fomentar el uso de tecnología e infraestructura en el desarrollo de viviendas, fraccionamientos, edificaciones y demás obras en el Estado que permitan cuidar y usar de manera racional el agua;
V. Coadyuvar para generar una educación y cultura ambiental sobre el uso y cuidado racional del agua; y
VI. Elaborar e implementar el Programa Estatal para una Nueva Cultura del Cuidado y Uso racional del Agua.

La Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Campeche (PLEC, 1993) establece que el Programa Estatal Sectorial de Desarrollo Urbano deberá contener, entre otros puntos, las acciones necesarias para mantener el equilibrio ecológico, el mejoramiento del medio ambiente y la reducción de la contaminación del agua, del suelo y de la atmósfera.

En el Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015 del estado de Campeche se establece la instrumentación de acciones para la consolidación de la infraestructura básica como línea de acción para combatir la marginación y pobreza, esto mediante el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional de los tres órdenes de gobierno en la realización de obras y acciones de infraestructura básica, la potencialización de la aplicación de recursos destinados a obras y acciones de infraestructura básica, el fortalecimiento de la cobertura y capacidad de la infraestructura de agua potable y energía y la exploración de mecanismos que faciliten la construcción, conservación y mejoramiento de los caminos rurales (PED, 2010).

Por otro lado, en la Ley de Protección Civil, Prevención y Atención de Desastres del estado de Campeche (PLEC, 2013), en su artículo 15° hace referencia a la conformación del Consejo Estatal de Protección Civil, así como la de los comités de

trabajo, entre los que se encuentra el Comité de trabajo de Rehabilitación y Restablecimiento, el cual se encargará de rehabilitar y restablecer las instalaciones de agua potable, electricidad, energética, entre otros, cuyo funcionamiento fuera afectado por el fenómeno perturbador, para la continuación de operaciones del Gobierno y de la sociedad.

En 1975 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una zona comprendida dentro de los límites geopolíticos del estado de Campeche, con la finalidad de lograr un mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona".

Finalmente es importante tomar en cuenta los reglamentos estatales relacionados directamente con el recurso hídrico:

- Reglamento interior de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche (SMAPAC), el cual tiene como objetivo regir la organización y el funcionamiento del Organismo Operador estatal denominado "Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche".
- Reglamento interior de la Secretaría de Administración e Innovación Gubernamental de la administración pública del Estado de Campeche.
- Reglamento interno de la Secretaría de Ecología.
- Reglamento de la Ley de Cooperación de los Particulares para Obras Públicas en el Estado de Campeche.
- Reglamento de la Ley Agrícola del Estado de Campeche.

3.3 Instituciones relacionadas con la sequía

Existen también una serie de secretarías y dependencias que están directa o indirectamente relacionas con medidas de prevención y/o mitigación de la sequía.

A nivel federal se encuentra la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretarìa de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentaciòn (SAGARPA), la Secretarìa de Gobernación (SEGOB), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI); a nivel estatal se encuentran la Secretaría de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable (SMAAS), la Secretaría de Pesca y Acuacultura (Pesca) y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SEDUOP) y la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado (CAPAE).

La SMAAS tiene como objetivo diseñar, incorporar y aplicar criterios e instrumentos que permitan la conservación y el aprovechamiento sustentable del ambiente y los recursos naturales del estado de Campeche, incorporando políticas ambientales en los sectores social, económico y gubernamental para que coadyuven solidariamente, fomentando la vinculación y participación social e incentivando y promoviendo la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del estado.

La Secretaría de Pesca y Acuacultura busca conducir actividades de planeación, coordinación ejecución, evaluación y control con base en los objetivos, políticas, estrategias, prioridades y restricciones que establezca el Plan Nacional de Desarrollo y El Plan Estatal de Desarrollo.

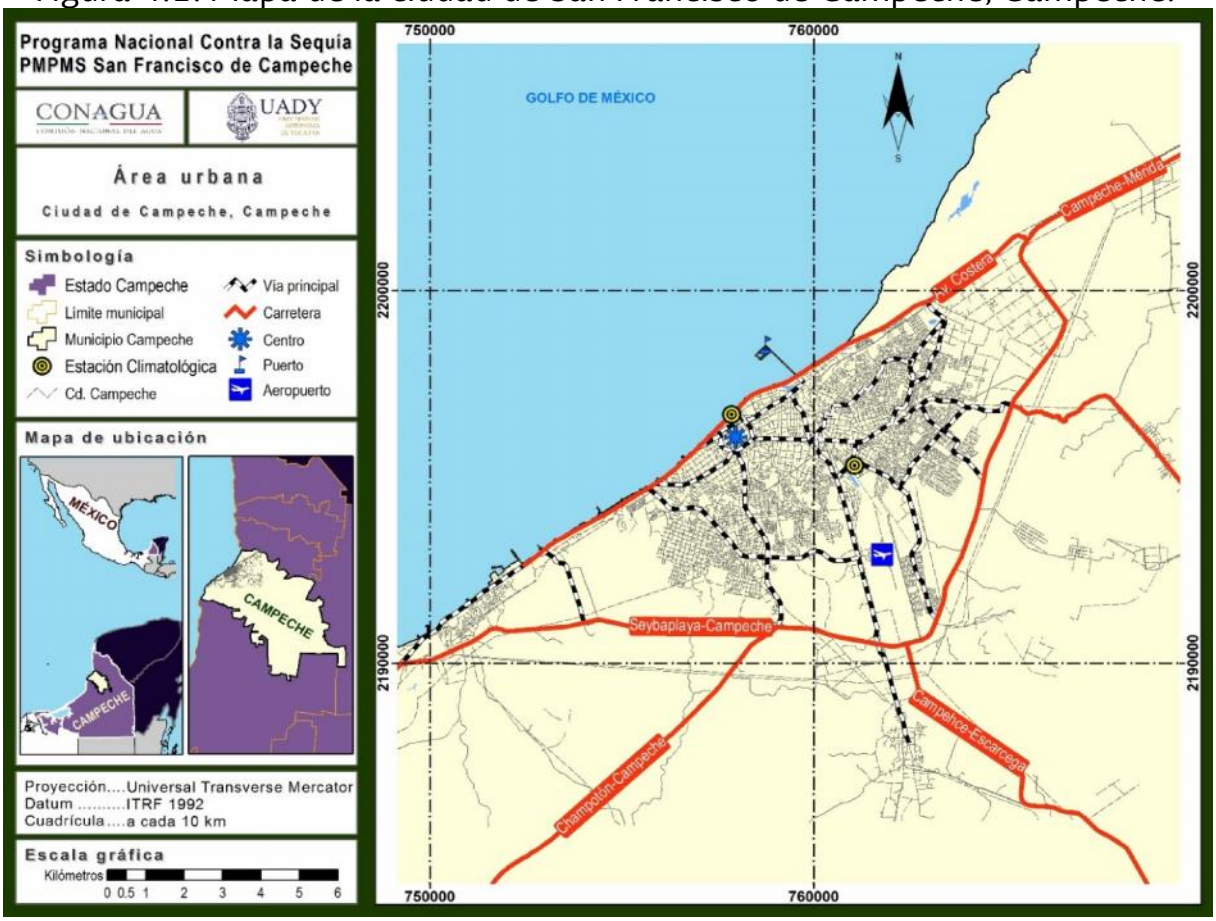
La SEDUOP tiene como fin planear, ejecutar y promover la obra pública con la participación de la iniciativa privada, vigilando su construcción, su concesionamiento y su operación con estricto apego a las normas, leyes y reglamentos vigentes en la materia.

Finalmente, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado (CAPAE) se encarga de administrar de manera eficiente el recurso hídrico entregando con equidad, cantidad, calidad, competitividad y sustentabilidad, los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento a los cuidadanos del estado de Campeche.

4 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE

La ciudad de San Francisco de Campeche, capital del estado de Campeche, se encuentra ubicada al oeste de la Península de Yucatán, localizada en los paralelos 19°14' y 20°00' de latitud norte y entre los meridianos 89°50' y 90°42' de longitud oeste y con una altitud de 10 msnm (INAFED, 2010) (Figura 4.1).

Figura 4.1. Mapa de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche.



Elaboración propia. La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (www.conabio.gob.mx/informacion/gis/), INEGI (www.inegi.gob.mx) y Global Administrative Areas (www.gadm.org/). La estación climatológica se extrajo del archivo "Red de estaciones climatológicas.kml" proporcionado por CONAGUA.

4.1 Medio físico

La ciudad de Campeche se caracteriza por un tipo de clima Aw0 cálido subhúmedo, con lluvias en verano de menor humedad. La temperatura suele ser estable y elevada, siendo mayo y junio los meses más calurosos. La temporada de lluvias es de junio a octubre, mientras que la de estiaje o ausencia de lluvias comprende de enero a mediados del mes de mayo (PEAHC, 2012).

La ciudad de San Francisco de Campeche no presenta corrientes superficiales debido a las características permeables del suelo calcáreo de toda la Península de Yucatán, sin embargo las comunidades de Edzná y Hampolol, que forman parte del municipio de Campeche, cuentan con cuerpos de agua de pequeñas dimensiones. Aunado a esto, en ocasiones se forman pequeños depósitos de agua debido a la precipitación abundante, denominadas aguadas. Éstas al cabo de un tiempo se evaporan y secan, mientras que otras conservan el agua durante todo el año debido a su tamaño y a la protección que le brindan ciertas plantas acuáticas (INAFED, 2010; PEAHC, 2012).

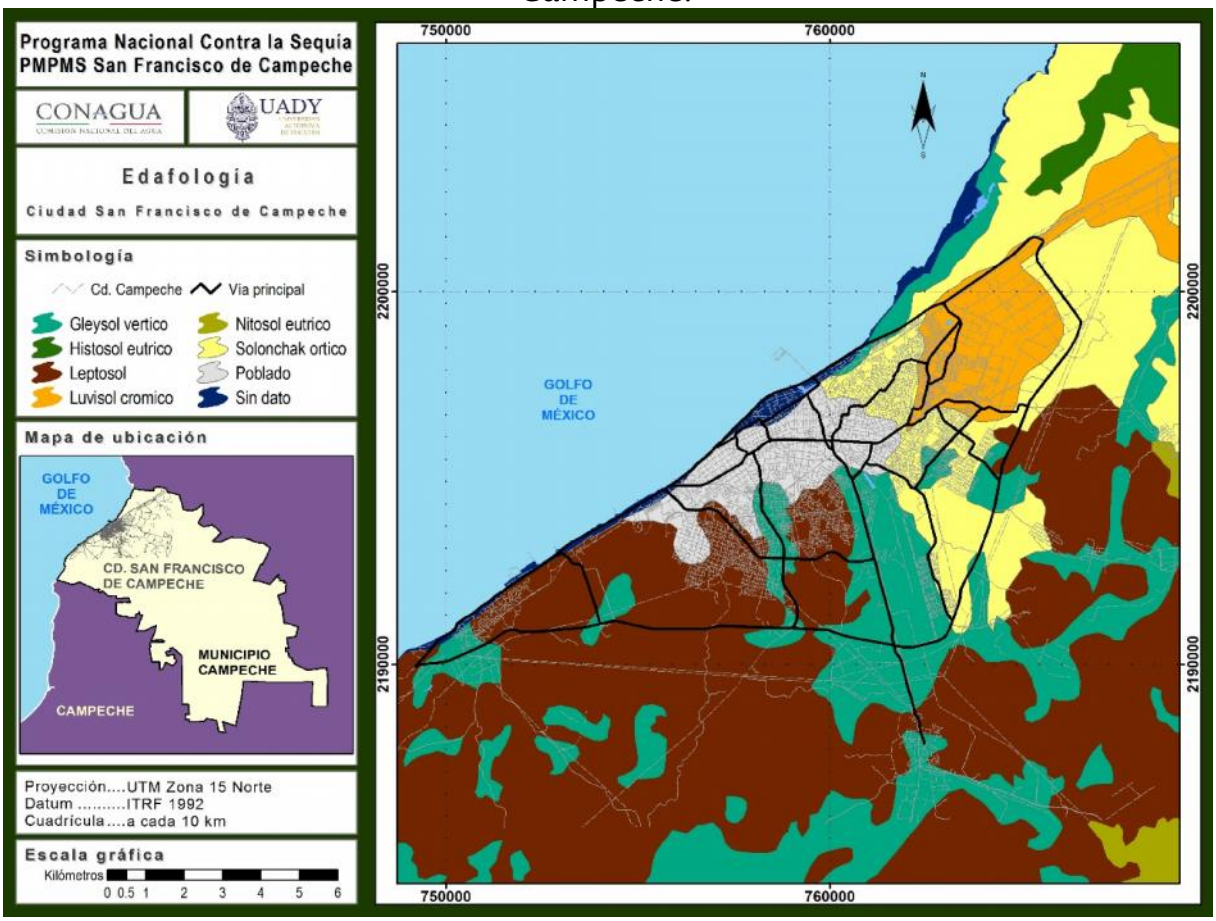
Adicionalmente existen corrientes subterráneas, formadas por la infiltración de la precipitación pluvial, ocasionadas por la permeabilidad del suelo y por las grietas existentes en el norte y noreste del municipio. El flujo de dichas corrientes subterráneas es radial, fluyendo del interior de la península hacia la línea de costa. El nivel del manto freático se puede encontrar a una profundidad de 6 m a 90 m, el cual se aprovecha mediante pozos de extracción con fines agropecuarios, domésticos y urbanos (INAFED, 2010; Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

La orografía de la ciudad y del municipio es plana con pequeñas ondulaciones (PEAHC, 2012). La geología del estado se caracteriza principalmente por sedimentos propios del Cenozoico, particularmente del Neógeno y del Cuaternario.

Existen 3 grandes zonas geomorfológicas en el estado (planicies y lomeríos cársticos, planicies acumulativas y planicies costeras) lo que ha propiciado una gran diversidad edáfica para la zona, la cual cuenta con 13 de los 32 tipos de suelo de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega, 2010). Los tipos de suelos que se encuentran en la ciudad de San Francisco de Campeche son gleysol vértico, leptosol, luvisol crómico y solonchak órtico (INAFED, 2010).

Los gleysoles vérticos son suelos propensos a inundarse y se encuentran agrietados en la época de secas, o durante la mayor parte del año. Los leptosoles son suelos de poca profundidad. Los luvisoles crómicos son suelos con un alto porcentaje de arcilla y materia orgánica, que al humedecerse adquieren un color rojizo. El tipo de suelo solonchak órtico se caracteriza por contener un elevado porcentaje de sales en alguna de sus capas, y por tener una capa superficial clara y deficiente en materia orgánica y nutrientes (INEGI, 1998). Adicionalmente, podemos encontrar una asociación de suelos compuestos por solonchak órtico en fase sódica y regosol calcárico sobre la franja costera de la ciudad. El regosol calcárico se caracteriza por no tener capas distintas, y por poseer una coloración clara similar a las rocas calcáreas de las cuales se origina (PEAHC, 2012). En la Figura 4.2 se puede observar la distribución de los principales tipos de suelos de la ciudad.

Figura 4.2. Mapa de edafología de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche.



Fuente: Elaboración propia. La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (www.inegi.gob.mx). Los tipos de suelo de la clasificación FAO 1970 se correlacionaron con la World Reference Base for soil Resources (WRB) de 2007 según García-Gil *et al*., 2013.

Al norte de la ciudad se encuentra el Área Natural Protegida y Sitio RAMSAR denominado: "Los Petenes", la cual se encuentra bajo la categoría de Reserva de la Biosfera, y tiene una superficie de 282,858 ha, extendiéndose hacia el norte del estado hasta el municipio de Calkiní, es una reserva de tipo costera y marina, caracterizada por la vegetación de manglar (DOF, 1999b; Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega, 2010).

4.2 Población

Según información del IX Censo General de Población efectuado en 1970, la ciudad de San Francisco de Campeche contaba con un total de 69,506 habitantes, 10 años después la cifra aumentó a 128,434 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual de 6.33%. Para la siguiente década, la tasa de crecimiento promedio anual decreció a 1.59%, con una población de 150,518 habitantes para finales de 1990. La tasa de crecimiento volvió a incrementar para el siguiente lustro (3.42%), sólo para disminuir en los siguientes años que osciló entre el 1.15% y 2.09% anual, alcanzando los 220,389 habitantes para el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010b; INEGI, 2010c).

Para el 2010, el 68.36% de la población era mayor de 15 años, el 9.24% mayor de 60 y los adultos jóvenes entre 18 y 24 años formaban parte del 13.15% del total de la población (Tabla 4.1) (INEGI, 2010b).

Tabla 4.1. Población de la ciudad de San Francisco de Campeche (2010).

Localidad	Población total	Población de 18 a 24 años	Población de 15 a 64 años	Población de 60 años y más	Relación hombres-mujeres*
San Francisco de Campeche	220,389	28,996	150,676	20,378	92.19

*Indica el número de hombres por cada 100 mujeres. Fuente: INEGI Censo de población y vivienda 2010.

La Comisión Nacional de la Población (CONAPO) prevé un crecimiento a un ritmo más lento entre 1.5% y 0.6% anual, alcanzando los 277,345 de habitantes para el 2030 (Tabla 4.2) (CONAPO, 2010a).

Tabla 4.2. Proyección de población para la ciudad de San Francisco de Campeche (2030).

Localidad	2015	2016	2020	2025	2030
San Francisco de Campeche	241,498	244,548	255,759	267,602	277,345

Fuente: CONAPO, 2010a.

4.2.1 Grado de marginación

El índice de marginación permite vislumbrar las diferencias que existen entre entidades federativas ocasionadas por las carencias que padece su población como consecuencia de la falta de acceso a ciertas oportunidades, bienes y servicios (CONAPO, 2010b).

Para obtener dicho índice, es necesario analizar ciertos indicadores socioeconómicos de índole educativa (porcentaje de la población infantil y adolescente que no asiste a la escuela, porcentaje de la población sin educación básica completa), salud (porcentaje de la población que no es derechohabiente, porcentaje de hijos fallecidos de mujeres entre 15 y 49 años de edad), vivienda (porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje, excusado, sin agua entubada, con piso de tierra, con hacinamiento) y bienes (porcentaje de viviendas particulares habitadas sin refrigerador) (CONAPO, 2010b).

El grado de marginación para la ciudad de San Francisco de Campeche es muy bajo, al igual que el grado de marginación para el municipio, esto contrasta con el grado de marginación para el estado, que es alto (CONAPO, 2010c) (Tabla 4.3).

Para vislumbrar el grado de marginación urbana en una ciudad se utilizan las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) (Tabla 4.4). Éstas son una de las divisiones territoriales en las que se basa el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI, permiten relacionar información estadística con un aspecto geográfico específico,

por lo que facilitan las actividades de captación de información que realiza el INEGI. Cada AGEB está formada por un grupo de 20 a 25 manzanas, de una zona rural o urbana, perfectamente delineadas por calles, avenidas o andadores (CONAPO, 2010d).

Dentro de la ciudad se registran índices de marginación muy bajos y bajos para la zona paralela al malecón, al igual que en el centro histórico y en sus alrededores, y al noreste de la ciudad (correspondientes al 26.6% y 21.7% de las AGEB totales que conforman la ciudad de San Francisco de Campeche). Las zonas del norte, ciertas partes del sur y suroeste registran niveles medios y altos de marginación (27.5% y 19.2% de las AGEB de la ciudad); mientras que las zonas con grado de marginación muy alto representan el 2.5% de la ciudad y se encuentran restringidas a una pequeña porción de la periferia de la misma (CONAPO, 2010d) (Figura 4.3).

Tabla 4.3. Indicadores socioeconómicos y grado de marginación de San Francisco de Campeche (2010).

Localidad	Población analfabeta (%)	VPH sin drenaje (%)	VPH sin energía eléctrica %)	VPH. sin disponibilidad de agua entubada	Grado de marginación
San Francisco de Campeche	6,490	1,303	562	1,451	Muy bajo

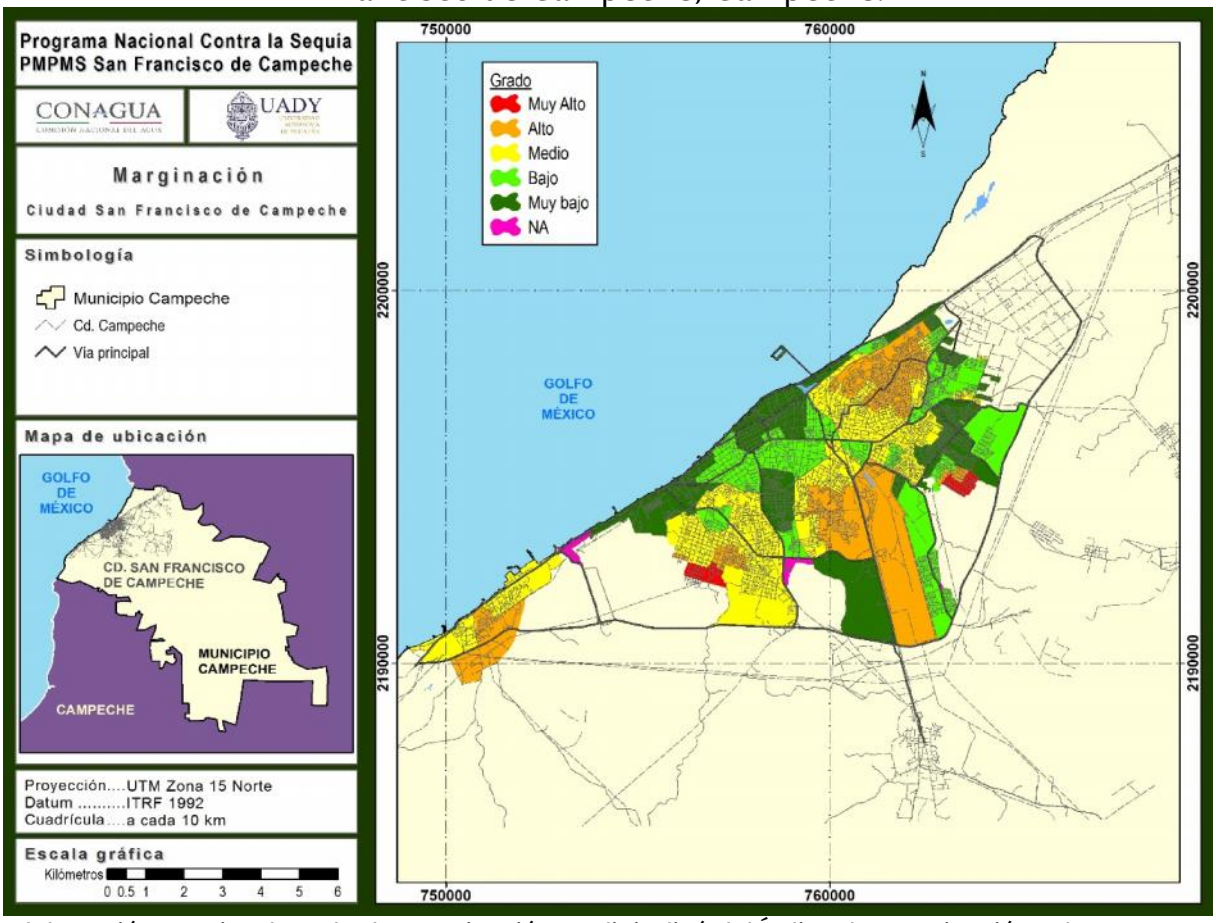
Nota: Población analfabeta: Se tomó en cuenta la población de 15 años o más analfabeta.
VPH: Viviendas Particulares Habitadas. Fuente: CONAPO, 2010b; INEGI, 2010b.

Tabla 4.4. Áreas geostadísticas básicas (AGEB) y población por grado de marginación urbana para la ciudad de San Francisco de Campeche (2010).

Grado de marginación	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	NE*
Porcentaje de áreas geoestadísticas básicas (AGEB) por grado de marginación urbana (%)	26.6%	21.7%	27.5%	19.2%	2.5%	2.5%
Porcentaje de población por grado de marginación (%)	18.8%	24.1%	37.5%	18.3%	1.3%	.01%

Nota: *NE: no especificado. Fuente: CONAPO, 2010d.

Figura 4.3. Regionalización del grado de marginación en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche.



Elaboración propia. El grado de marginación se digitalizó del Índice de marginación urbana 2010 de CONAPO (www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_marginacion_urbana_2010). La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm), INEGI (www.inegi.gob.mx).

4.2.2 Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El Índice de Desarrollo Humano es un indicador social estadístico del desarrollo humano por país, estado o municipio, desarrollado e implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Se encuentra compuesto por tres indicadores básicos del desarrollo: el índice de salud (posibilidad de desarrollar una vida longeva y saludable), índice de educación (capacidad de adquirir conocimientos) y el índice de ingreso (oportunidad de obtener recursos monetarios que permitan un nivel de vida adecuado). Para calcular el IDH se obtiene la media geométrica de estos tres índices (PNUD, 2014).

El nivel de desarrollo humano del estado de Campeche se calcula con base en los índices de desarrollo en salud (0.873), educación (0.676) e ingreso (0.704) alcanzados en relación con los parámetros observados internacionalmente. El IDH obtenido fue de 0.746 en 2010, ligeramente superior al de Yucatán (0.734) e inferior al de Quintana Roo (0.759) (PNUD, 2014).

Para el municipio de Campeche, el IDH en el 2010 fue de 0.797 (Tabla 4.5), y dicho valor fue el más alto de todo el estado. Este valor hace contraste con el del municipio de Calakmul (0.589), cuyo índice es el más bajo del estado, quedando una brecha de desarrollo de 26% entre ambos municipios (PNUD, 2014).

Tabla 4.5. Índice de Desarrollo Humano (IDH) del municipio de Campeche y del estado de Campeche (2010).

Localidad	Índice de salud	Índice de educación	Índice de ingreso	IDH
Estado de Campeche	0.873	0.676	0.704	0.746
Municipio de Campeche	0.906	0.758	0.737	0.797

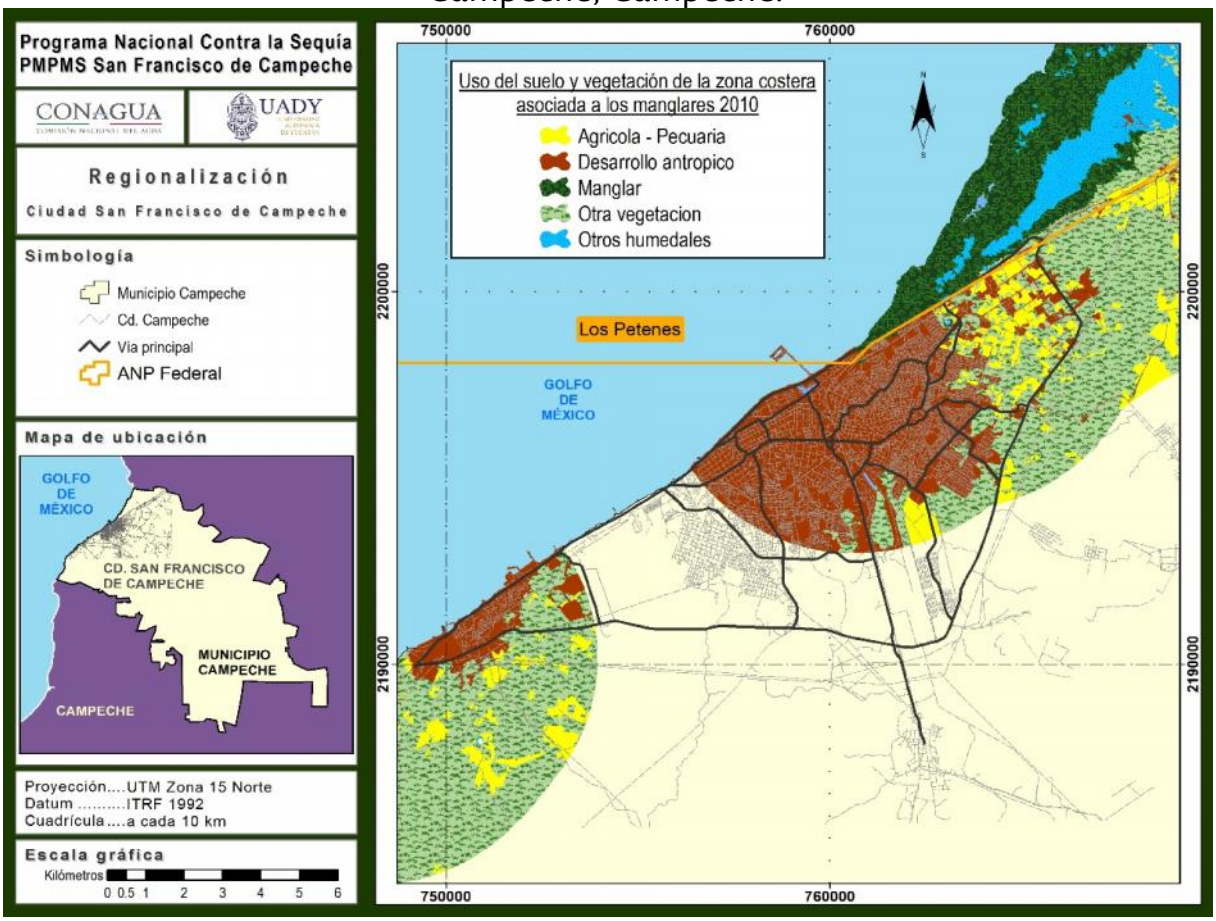
Fuente: PNUD, 2014.

4.3 Actividades económicas

En la ciudad de San Francisco de Campeche las actividades correspondientes al sector primario son escazas, dicho sector subsiste principalmente debido a la pesca. Para el 2013 se registraron 1,867 trabajadores en este sector, lo que representa el 2% de la población ocupada (SECTUR, 2014). El sector secundario está representado por la construcción y la industria manufacturera (principalmente maquiladoras textiles), y en menor proporción por la industria extractiva y eléctrica. La gran mayoría de las industrias en la ciudad están catalogadas como micro y pequeñas al 2013 se registraron 21,211 trabajadores en este sector, representando el 19% de la población ocupada (SECTUR, 2014).

El sector servicios es el más importante en la ciudad de San Francisco de Campeche, representando al 79% de la población ocupada con un total de 86,580 trabajadores registrados al 2013. Las actividades más relevantes para este sector son las relativas al comercio y al turismo, seguidas por comunicaciones y administración y servicios públicos y en menor medida por los servicios de transportes y comunicaciones (PDMC, 2012; SECTUR, 2014) (Figura 4.4).

Figura 4.4. Regionalización económica de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche.



Elaboración propia. La información cartográfica se obtuvo de CONANP (sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/info.htm), CONABIO (www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (www.inegi.gob.mx). La distribución de la vegetación y el uso del suelo asociado a los manglares corresponden al año 2010.

La población económicamente activa (PEA) registrada por el Censo de Población y Vivienda 2010 para la ciudad de San Francisco de Campeche fue del 44.61% del total de sus habitantes y ascendía a 98,325 personas (INEGI, 2010b) (Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Población económicamente activa (PEA) de la ciudad de San Francisco de Campeche (2010).

Localidad	Población económicamente activa (PEA)	Población no económicamente activa	Población ocupada	Población desocupada
San Francisco de Campeche	98,325	76,888	95,818	2,507

Fuente: INEGI, 2010b.

4.4 Caracterización del sistema agua en Campeche

El acuífero Península de Yucatán abastece a la ciudad de San Francisco de Campeche y tiene una recarga media anual de 21,813.4 Mm^3, una descarga natural comprometida de 14,542.2 Mm^3, un volumen de extracción de agua subterránea para estudios técnicos de 1,209.2 Mm^3, un volumen concesionado de 3,882.33 Mm^3, teniendo finalmente una disponibilidad media anual de 3,388.86 Mm^3 (DOF, 2015).

El acuífero que subyace la ciudad de San Francisco de Campeche es de tipo no confinado y se considera como subexplotado, por lo que es más susceptible a la contaminación debido a su amplia área de recarga y su alta interacción con cuerpos de agua contaminados (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

El nivel freático, como ya se ha mencionado anteriormente, tiene una profundidad de 6 m a 90 m, presenta una productividad alta y se aprovecha mediante 865 pozos profundos y 415 norias (Rivera Arriaga *et al.*, 2012).

Aunque la Península cuenta con una alta disponibilidad de agua en comparación con otras regiones del país, la susceptibilidad que tiene el acuífero a contaminarse es

elevada. Esto no es una excepción para la ciudad de San Francisco de Campeche, ya que debido a su subsuelo cárstico es muy permeable a contaminantes y aguas residuales (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega, 2010). Pese a que la contaminación del acuífero es un hecho, no existen registros exactos de la dimensión de este problema debido a la carencia de estudios del aporte y transporte de contaminantes por medio de aguas subterráneas y ojos de agua de la zona costera de la ciudad (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

Adicionalmente, el espesor de la capa de agua dulce del acuífero es delgada, debido a que la ciudad de Campeche es costera, y el grosor de la capa de agua dulce del acuífero de la península disminuye conforme se aproxima a la costa (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega, 2010). Otra característica a considerar es que el acuífero es muy somero y las actividades urbanas se realizan justo encima de éste, factores que influyen en el riesgo de contaminación de un acuífero (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

La ciudad de San Francisco de Campeche y su área de influencia comprenden dos cuencas hidrológicas: Chiná y Uayamón. Los lomeríos de la región dividen estas cuencas en tres subcuencas: Este, Central y Oeste. Dichas subcuencas drenan directamente a la ciudad y llegan a la planicie costera (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

La subcuenca Central presenta el mayor volumen medio de escurrimiento (12.81 Mm^3) y recibe una mayor cantidad de agua debido a su tamaño. Abarca las planicies de Chiná, el Aeropuerto Internacional de Campeche y la Ría. El tipo de suelo de esta zona (al igual que el de la subcuenca Oeste) es gleysol compuesto por arcillas expansibles, por lo que inhiben los tiempos de infiltración y ocasionan altos coeficientes de escurrimiento (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

La subcuenca Este es la de menor volumen medio de escurrimiento (6.11 Mm^3). Abarca el noreste y este de la ciudad y debido a su composición edáfica (leptosoles réndzicos) tiene un alto grado de infiltración. Estas características deberían ser tomadas en cuenta al realizar proyectos urbanos y reglamentos de construcción, debido a que una deficiente construcción de infraestructura puede ocasionar el vertimiento de aguas residuales al manto freático (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

En los últimos años, los escurrimientos superficiales de la ciudad de San Francisco de Campeche hacia la costa han aumentado como consecuencia del creciente aumento de superficies impermeables en la ciudad (Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

Los cuerpos de agua de la ciudad se encuentran en riesgo, debido a la contaminación por desechos municipales y a los lixiviados de los tiraderos de basura, particularmente por pozos abandonados y minas, desagües domésticos y letrinas y desperdicios municipales, de agricultura e industriales debido a descargas directas y escorrentías o fugas. Esto es consecuencia de la carencia de un sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad, y a que todos los usuarios utilizan fosas sépticas, e inyectan al subsuelo sus aguas residuales sin tratamiento previo alguno. Asimismo, es consecuencia del deficiente manejo y tratamiento de los residuos sólidos y a la poca cobertura de sistemas de drenaje, debido a los asentamientos irregulares en ciertas zonas de la periferia de la ciudad (Villalobos-Zapata y Mendoza-Vega, 2010; PEAHC, 2012; Rivera Arriaga *et al.,* 2012).

4.4.1 Organismo operador del agua

En la ciudad de San Francisco de Campeche la gestión del recurso agua le corresponde al Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC), creado desde 1993 y regulado por la Ley de Agua Potable y

Alcantarillado del Estado de Campeche, expedida el 21 de marzo de 1992 (SMAPAC, 2015).

Anteriormente, los servicios de agua potable habían sido proporcionados por diferentes organismos operadores, tales como el Sistema de Agua Potable (SAP) y el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAP). El SMAPAC es producto del análisis e investigación en estos pasados organismos operadores (SMAPAC, 2015).

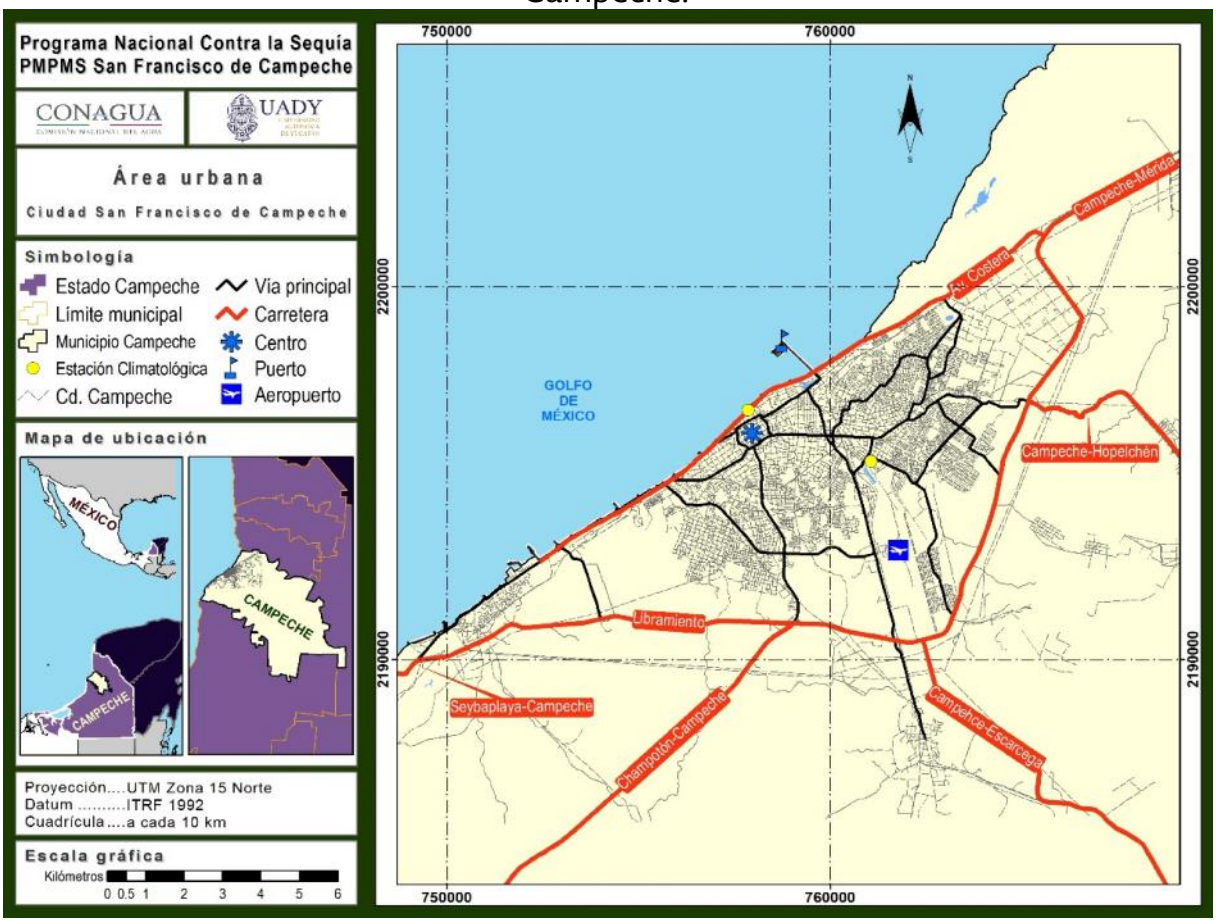
Entre sus atribuciones estipuladas en el Manual de Organización del SMAPAC (SMAPAC, 2015) se encuentran las siguientes:

- "Planear y programar en el municipio, así como estudiar, proyectar, presupuestar, construir, rehabilitar, ampliar, operar, administrar, conservar y mejorar tanto los sistemas de captación, potabilización, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable, como los sistemas de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, reúso de las mismas y manejo de lodos".
- "Proporcionar los servicios de agua potable y alcantarillado, incluyendo saneamiento".
- "Aprobar las tarifas o cuotas por los servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento, saneamiento y manejo de lodos, así como requerir, cobrar o gestionar su cobro en términos de la ley".
- "Otorgar los permisos de descargas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado".
- "Promover programas de agua potable y su uso racional".

5 INFORMACIÓN CLIMÁTICA DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE

Los datos para la caracterización climática de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche fueron obtenidos del promedio de las dos estaciones climatológicas ubicadas en dicha ciudad: 1) Campeche Centro, ubicada en latitud Norte 19° 50´18", longitud Oeste 90° 32´39" a 5 msnm y 2) Campeche Observatorio, ubicada en la latitud Norte 19° 50´11" y longitud Oeste 90° 30´26" a 11 msnm (Figura 5.1).

Figura 5.1. Ubicación de las estaciones climáticas de la ciudad de San Francisco de Campeche.



Elaboración propia. La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (www.conabio.gob.mx/informacion/gis/), INEGI (www.inegi.gob.mx) y Global Administrative Areas (www.gadm.org/). La estación climatológica se extrajo del archivo "Red de estaciones climatológicas.kml" proporcionado por CONAGUA.

Una estación climatológica de tipo convencional y la otra es el observatorio meteorológico, de las cuales se tomó el registro de variables meteorológicas de temperatura, precipitación y evaporación para el periodo 1982-2014 (33 años). La información de las estaciones fue proporcionada por la dirección técnica del organismo de cuenca de la Península de Yucatán.

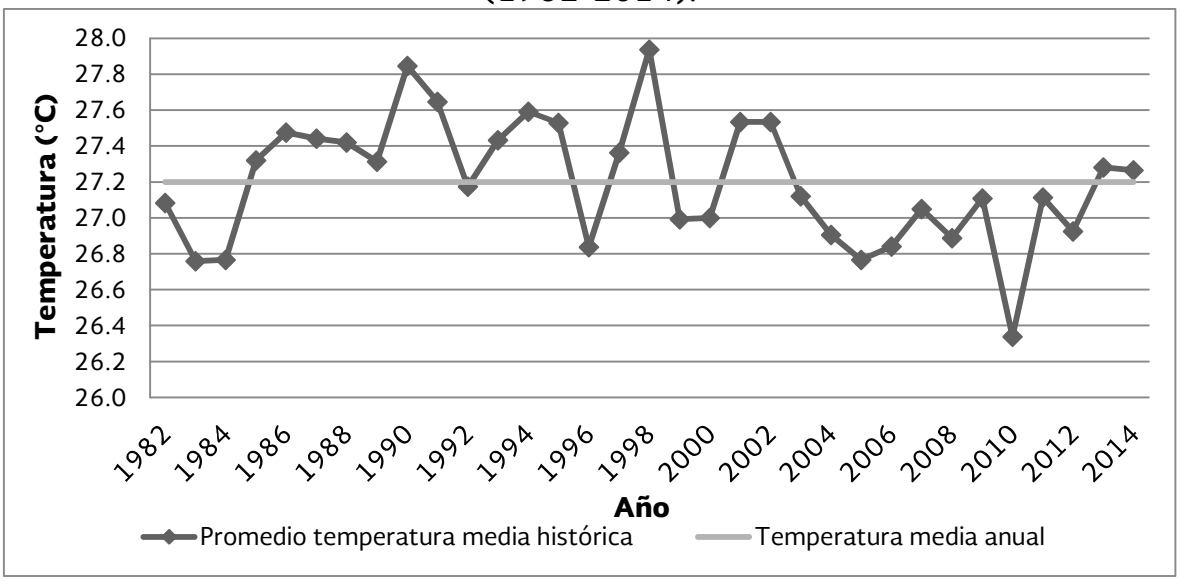
5.1 Temperatura

La temperatura histórica promedio de la ciudad de San Francisco de Campeche es de 27.2°C con una variación de 2.3°C entre la media más alta y la más baja para el periodo 1982-2013. En los últimos 32 años, las temperaturas máxima y mínima promedio han sido de 36.6°C y 16.5°C respectivamente. Sin embargo, durante estos mismos años se han presentado temperaturas muy por encima de estos valores, alcanzando valores extremos máximos de hasta 43.3°C en el mes de abril de 1998 y valores mínimos de 5°C en marzo de 1986.

5.1.1 Temperatura media

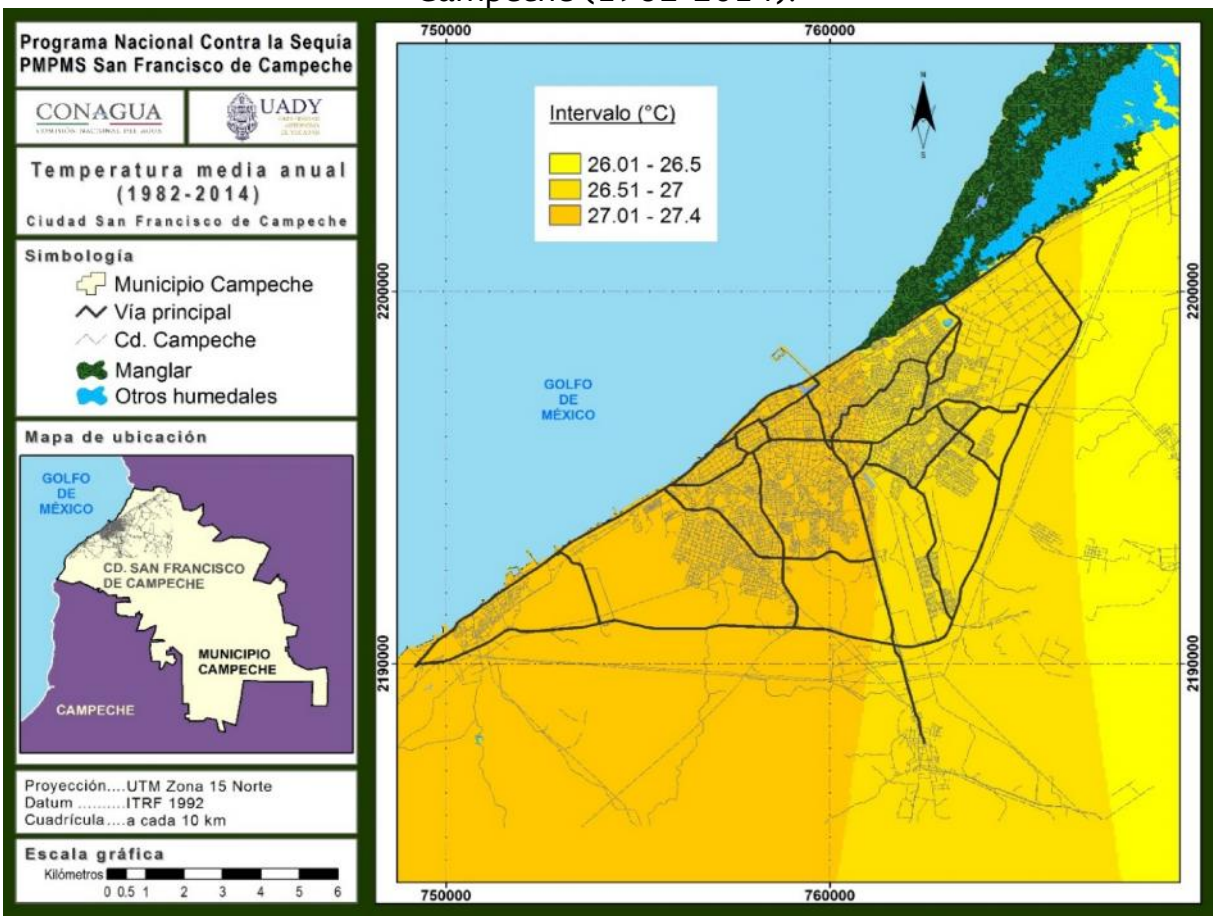
La temperatura media histórica (1982-2014) para la ciudad de San Francisco de Campeche ha registrado una media anual mínima de 26.3°C en 2010 y una máxima de 27.9°C en 1998 y un promedio general de 27.2°C (Figura 5.2, Figura 5.3). En 16 de los últimos 33 años se ha obtenido una temperatura media anual mayor a la media histórica, con medias anuales que van desde 27.3°C hasta los 27.9°C antes mencionados.

Figura 5.2. Temperatura media histórica anual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Figura 5.3. Mapa de la temperatura media histórica anual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



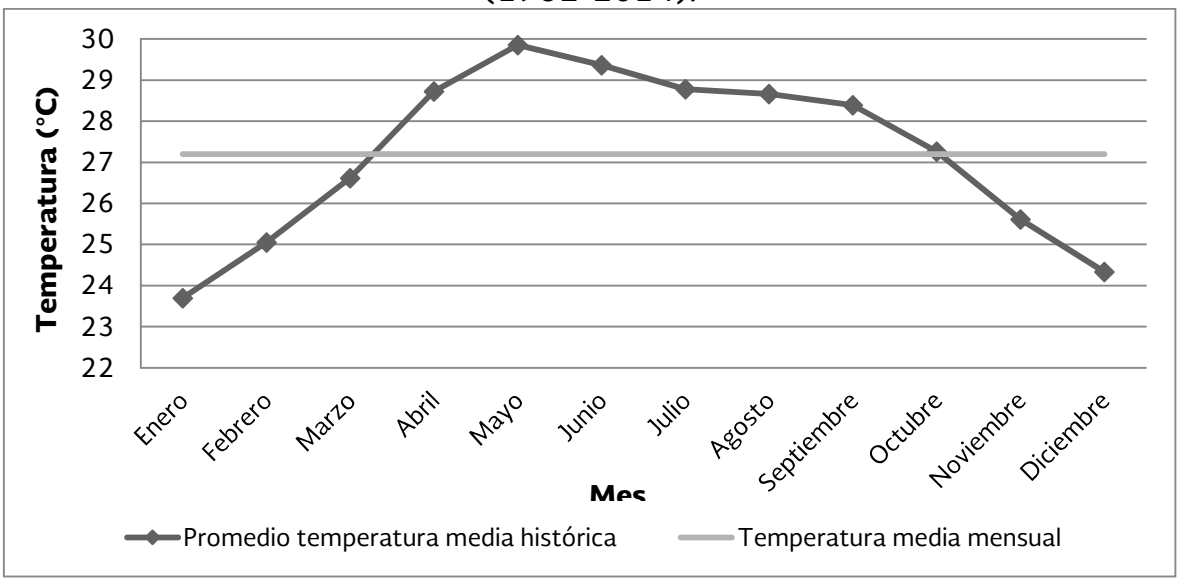
Elaboración propia. La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (www.conabio.gob.mx/informacion/gis/), INEGI (www.inegi.gob.mx) y Global Administrative Areas (www.gadm.org/). La información climatológica se obtuvo de la Dirección técnica de la CONAGUA.

Realizando un análisis de las temperaturas medias mensuales históricas, observamos que en la ciudad de San Francisco de Campeche el mes de mayo es el que presenta una mayor temperatura media mensual con 29.9°C, mientras que el mes de enero es el que presenta la menor media mensual con 23.7°C.

Los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo presentan una temperatura media mensual menor a la temperatura media anual (27.2°C), con una tendencia a incrementarse conforme se aproxima el mes de mayo que es el

más cálido. Por contra parte, los meses de abril a octubre presentan temperaturas medias mensuales por encima del promedio anual, con una tendencia a disminuir a partir del mes de mayo (Figura 5.4 y Figura 5.5).

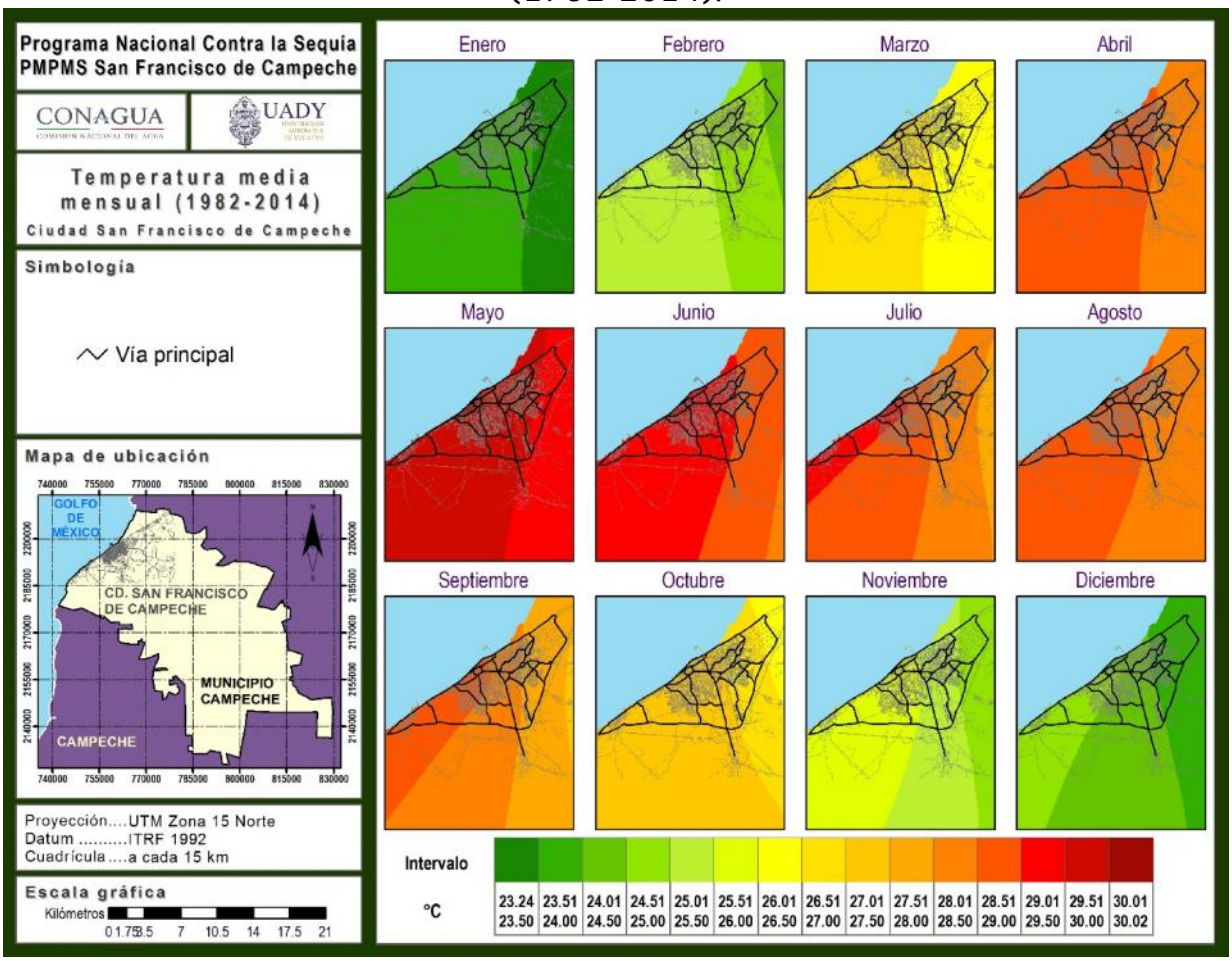
Figura 5.4. Temperatura media histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En las Tabla 5.1 y Tabla 5.2 se presenta la información correspondiente a las series históricas de temperatura media de las estaciones climáticas de “Campeche Centro” y “Campeche Observatorio” respectivamente.

Figura 5.5. Temperatura media histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Elaboración propia. La temperatura se estimó mediante interpolación geoestadística con datos proporcionados por CONAGUA. La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) y OpenStreetMap (http://www.openstreetmap.org).

Tabla 5.1. Serie temporal de temperatura media mensual estación climática "Campeche Centro".

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	25.1	26.3	26.8	29.1	29.1	29.6	28.3	27.5	27.3	26.0	25.5	24.4
1983	17.7	23.5	25.1	28.4	31.2	30.2	28.9	28.7	29.1	27.9	26.5	25.7
1984	22.9	25.2	27.3	29.8	29.1	28.8	28.8	28.4	28.3	28.9	26.1	25.6
1985	24.1	26.2	27.8	28.4	29.7	30.0	29.1	29.2	28.8	27.9	27.2	25.1
1986	23.4	26.6	25.9	29.1	30.3	29.7	29.4	29.5	29.5	28.9	27.8	26.5
1987	24.2	25.5	26.9	27.1	31.0	29.8	29.6	29.5	30.1	27.4	26.7	25.8
1988	24.6	25.5	27.5	29.6	30.1	29.9	30.0	29.9	28.0	29.0	27.3	24.6
1989	25.6	26.0	26.1	29.0	31.1	31.0	29.8	29.8	29.7	27.8	27.3	23.7
1990	25.4	27.0	27.1	28.6	31.0	30.2	30.2	29.4	30.0	28.7	27.0	25.8
1991	26.7	26.1	26.8	31.1	31.2	30.2	29.5	29.5	28.8	28.0	25.8	24.8
1992	24.2	24.6	27.7	29.3	28.4	29.7	27.7	28.4	27.8	26.8	26.2	25.3
1993	25.2	25.3	26.0	28.0	29.4	28.7	28.8	28.8	28.2	27.6	26.3	24.5
1994	23.0	26.3	27.3	29.7	30.3	29.3	29.8	28.5	28.5	28.6	27.6	25.5
1995	25.1	25.3	27.4	30.3	31.8	30.3	29.6	29.8	29.1	26.8	27.3	25.0
1996	22.8	25.7	25.7	28.6	29.8	29.2	29.3	28.3	29.5	27.9	26.1	24.6
1997	24.4	26.2	28.0	28.5	29.5	29.7	28.5	28.4	27.8	27.1	26.5	25.0
1998	24.6	25.3	26.6	29.1	30.4	31.2	29.4	29.5	29.5	28.1	26.8	25.7
1999	24.8	25.8	27.1	29.8	31.4	29.0	28.0	29.0	28.6	26.8	24.1	23.1
2000	23.4	24.6	27.5	28.2	30.5	29.5	29.3	28.1	28.6	27.1	27.4	23.6
2001	22.7	27.3	27.0	29.6	29.3	29.2	29.1	29.0	29.3	29.0	29.0	26.5
2002	24.4	24.7	27.4	30.2	30.8	30.2	30.4	30.1	28.7	28.8	26.1	23.3
2003	22.4	26.5	27.7	27.5	31.1	29.7	28.3	28.7	29.3	28.3	26.4	22.4
2004	23.9	24.6	27.3	28.5	28.2	29.2	28.3	28.8	28.1	26.9	25.0	24.0
2005	22.3	24.6	26.8	27.1	29.1	28.9	28.5	28.1	27.8	25.6	25.1	24.2
2006	23.8	23.6	26.4	28.3	28.8	28.4	28.2	28.2	29.0	27.1	24.4	24.0
2007	24.8	24.0	26.1	27.4	28.2	29.5	29.2	28.2	28.0	26.6	24.0	24.4
2008	23.7	25.0	25.3	28.2	30.5	28.2	28.9	29.0	28.3	25.9	22.5	25.7
2009	23.1	24.3	26.5	28.9	30.2	29.8	29.4	28.6	28.7	28.6	25.2	24.6
2010	21.8	22.4	23.7	28.2	30.4	30.1	29.0	28.9	29.0	25.4	24.7	21.1
2011	22.9	24.9	26.9	30.3	30.7	29.1	28.8	29.0	27.8	25.5	25.0	23.7
2012	24.0	25.3	27.5	27.7	29.2	28.6	28.8	29.2	28.2	26.5	23.4	24.6
2013	24.4	25.8	24.8	29.8	30.2	28.9	28.9	28.3	27.9	27.6	25.6	25.1
2014	21.9	25.7	27.4	28.8	28.5	29.1	29.3	28.6	27.9	27.1	23.9	23.1

Nota: ND= No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Tabla 5.2 Serie temporal de temperatura media mensual estación climática "Campeche Observatorio".

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	23.9	25.8	27.2	29.9	29.7	29.8	27.8	27.2	27.2	26.7	25.2	24.6
1983	23.1	22.9	25.0	28.4	31.0	29.6	27.7	27.6	27.3	26.8	25.7	24.2
1984	21.2	23.7	25.9	29.0	28.5	27.9	27.5	26.3	27.1	27.6	24.0	24.5
1985	23.6	25.2	27.7	27.9	29.3	29.8	28.0	27.9	27.3	26.3	25.4	23.8
1986	22.7	24.8	25.1	28.4	29.5	28.7	28.3	28.2	28.2	27.3	26.4	25.2
1987	23.4	25.2	28.0	26.3	30.5	29.2	28.4	28.7	28.2	26.6	25.6	24.9
1988	23.8	24.0	26.1	28.5	29.5	28.9	29.0	28.4	27.4	26.3	26.3	23.9
1989	23.9	23.8	25.0	27.3	29.6	29.5	27.9	28.6	27.9	26.2	26.4	22.5
1990	24.0	25.1	26.4	28.5	31.1	29.5	28.5	28.6	28.4	27.5	25.8	24.5
1991	24.5	23.5	26.3	31.4	30.0	29.3	28.1	28.3	28.1	26.9	24.5	24.1
1992	23.6	23.8	26.6	28.0	27.9	29.6	28.1	29.7	28.0	27.5	27.1	26.2
1993	26.5	25.3	27.4	29.0	28.7	29.7	29.5	29.2	28.5	28.0	25.8	24.0
1994	24.0	26.2	26.3	29.1	30.3	29.5	29.0	28.0	27.5	27.5	25.9	24.5
1995	23.8	24.2	25.9	28.8	30.4	29.0	28.0	28.6	27.8	26.3	25.9	24.2
1996	22.5	24.2	24.7	27.9	28.9	28.5	27.4	27.5	28.7	27.2	25.1	24.0
1997	23.7	26.1	27.4	28.7	29.7	29.6	28.4	28.5	28.0	27.0	26.2	23.8
1998	24.8	25.2	26.7	28.9	30.7	31.3	29.2	29.4	29.4	27.8	26.1	24.8
1999	24.5	25.2	27.0	29.4	30.2	27.9	27.5	28.2	27.7	26.2	23.4	23.1
2000	22.9	24.3	26.9	28.3	30.3	28.3	28.3	27.6	27.8	26.2	25.9	23.4
2001	22.4	25.9	26.3	28.9	28.5	29.1	28.3	28.5	28.7	27.2	25.2	24.8
2002	24.1	24.4	27.2	29.1	30.0	28.9	28.9	28.8	27.9	27.6	24.7	24.1
2003	21.4	25.9	27.4	27.6	30.6	29.9	28.1	28.1	28.4	27.2	25.9	22.1
2004	23.9	24.2	26.8	27.3	28.1	29.2	28.2	29.5	28.4	27.8	25.3	24.2
2005	23.6	24.9	27.5	28.3	29.9	29	28.8	28.5	28.2	26.8	24.8	24
2006	24.4	24	26.7	28.9	28.8	28.2	28.2	28.3	28.6	28.4	24.8	24.7
2007	25.5	24.9	26.8	28.4	29	29.8	30	28.9	28.7	27.4	24.7	24.7
2008	24.3	26	26.4	28.6	30.3	28.3	29.1	29	28.2	26.3	23.3	24.3
2009	23.8	24.3	25.4	28	29.6	28.9	29.1	28.1	28.7	28.3	24.8	23.7
2010	22.1	22.8	24	28.3	30.3	29.3	29.3	28.7	28.6	26.5	25.6	21.9
2011	23.3	24.7	27	29.9	30.6	29.2	28.6	29.2	28.5	26.2	24.9	24.1
2012	24.6	25.8	27.5	28.1	29.3	28.6	28.3	28.7	28	26.6	23.7	24
2013	24.3	25.4	24.5	29.2	29.0	28.2	28.1	27.8	27.4	27.7	25.5	25.4
2014	23.0	26.6	28.1	30.2	29.5	29.8	30.2	29.7	29.0	28.0	24.7	24.2

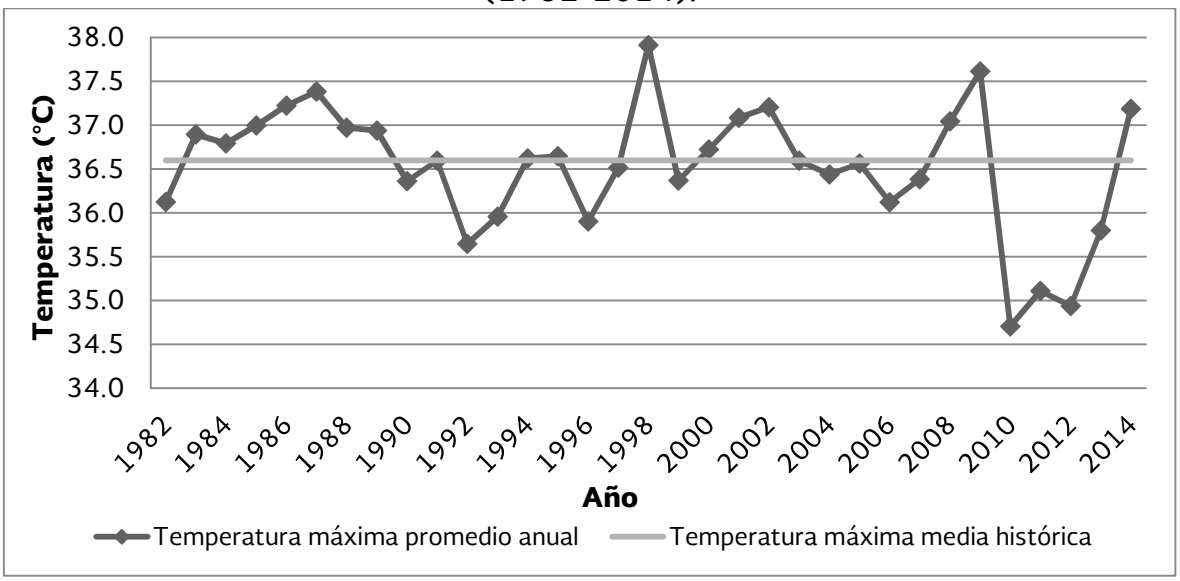
Nota: ND= No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

5.1.2 Temperatura máxima

El promedio histórico (1982-2014) de las temperaturas máximas registradas en la ciudad de San Francisco de Campeche es de 36.6°C, reportándose para 15 de los últimos 33 años, temperaturas máximas anuales mayores al promedio histórico (Figura 5.6).

La variación de los valores extremos de los promedios anuales es de 3.2°C, esto se debe a que para el año 2010 se reportó una media anual de temperaturas máximas de 34.7°C, mientras que para el año 2013 este promedio se incrementó a 37.9°C. Sin embargo, las mayores temperaturas reportadas para la ciudad son de 43.3°C en el mes de abril de 1998 y de 43.2°C en el mes de mayo de 1999.

Figura 5.6. Temperatura máxima promedio anual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



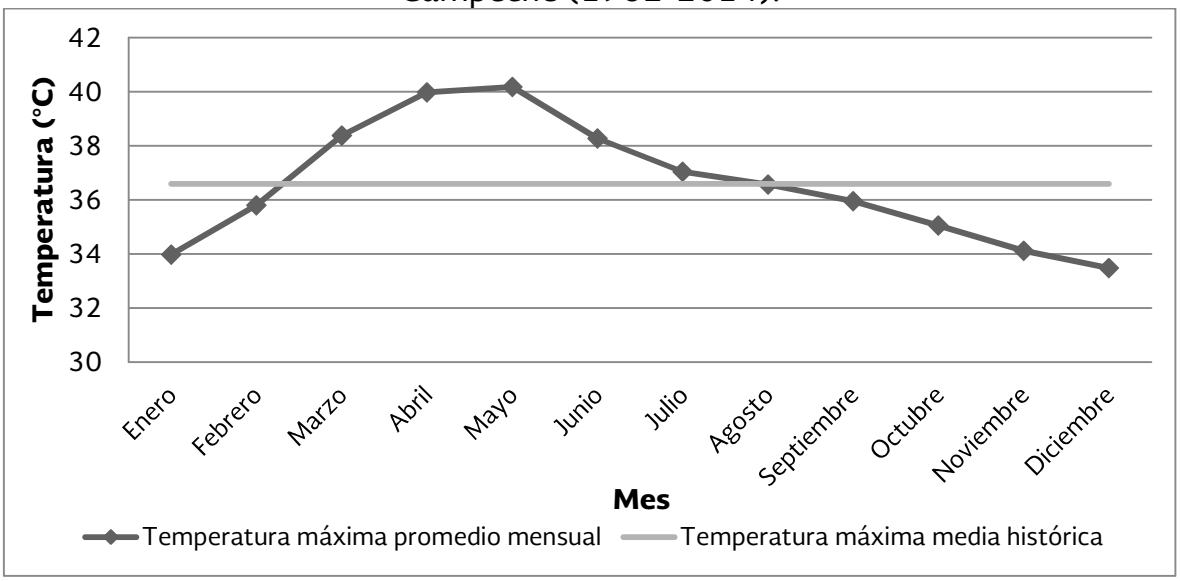
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Realizando el análisis de las temperaturas máximas de manera mensual, podemos observar que los meses que presentan las mayores temperaturas máximas promedio son marzo, abril, mayo, junio y julio, meses en los que se rebasa la temperatura máxima promedio de 36.6°C; siendo los meses de abril y mayo los

que presentan las temperaturas máximas más altas con un promedio mensual de 40°C y 40.2°C respectivamente (Figura 5.7).

Por otro lado, los meses que presentan temperaturas máximas por debajo del promedio son septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero, con una tendencia a disminuir en el último cuatrimestre del año, y a incrementarse paulatinamente a partir del mes de enero. El mes que presenta el promedio de temperaturas máximas más bajas es diciembre con 33.5°C.

Figura 5.7. Temperatura máxima histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En las Tablas 5.3 y 5.4 se presenta la información correspondiente a las series históricas de temperatura media de las estaciones climáticas de “Campeche Centro” y “Campeche Observatorio” respectivamente.

Tabla 5.3. Serie temporal de temperatura máxima promedio mensual estación climática "Campeche Centro".

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	35.0	35.0	37.0	40.5	39.0	40.0	37.5	35.5	36.0	34.5	33.5	33.0
1983	34.0	34.5	38.5	41.5	41.5	40.0	37.5	37.5	37.5	35.5	35.5	36.0
1984	32.5	36.0	40.0	40.0	41.0	39.0	38.0	36.0	36.0	37.0	38.0	34.0
1985	36.0	36.0	37.0	39.0	40.0	40.0	37.0	38.0	36.5	35.5	35.0	34.0
1986	34.0	36.0	39.0	40.0	40.0	40.0	38.0	39.0	39.0	39.0	35.0	35.0
1987	36.0	37.0	39.0	39.5	42.0	40.0	39.0	38.0	38.5	37.0	35.0	36.0
1988	35.0	35.0	38.0	43.0	42.0	39.0	40.0	39.0	35.0	38.0	38.0	34.0
1989	36.0	36.5	38.0	40.0	41.0	42.0	39.0	39.0	39.0	37.5	34.0	33.0
1990	33.0	37.5	37.0	40.0	40.0	39.0	37.5	37.0	37.0	36.0	35.0	35.0
1991	36.0	36.0	38.4	41.0	40.0	39.0	38.0	38.0	36.0	35.0	35.0	33.0
1992	32.0	35.0	37.0	39.0	38.0	39.0	36.0	36.0	36.0	34.0	38.0	33.0
1993	34.0	36.0	39.0	39.0	38.0	38.0	36.0	36.0	36.0	35.0	34.0	33.0
1994	34.0	36.0	40.0	40.0	39.0	38.0	38.0	37.0	35.0	38.0	36.0	35.0
1995	34.0	38.0	40.0	40.0	41.0	39.0	37.0	38.0	36.5	34.5	34.5	33.5
1996	34.2	36.8	37.2	39.2	39.9	38.0	37.2	37.5	37.2	35.0	34.8	34.8
1997	34.2	36.2	38.5	40.0	39.2	38.8	36.0	35.5	34.8	36.0	35.8	35.2
1998	34.0	38.5	39.5	43.3	42.8	41.0	39.4	37.4	37.6	36.4	34.3	33.8
1999	35.0	35.0	37.2	40.0	42.5	38.3	35.7	37.4	36.2	35.0	32.2	33.3
2000	32.2	35.8	38.0	40.0	41.0	39.5	38.6	36.2	37.0	35.2	36.8	33.8
2001	35.4	36.5	37.9	38.6	38.0	38.0	36.4	37.0	36.7	37.4	34.4	34.0
2002	33.8	34.3	39.4	39.0	39.8	38.3	38.3	38.6	38.5	37.2	35.7	34.2
2003	32.8	35.8	37.8	38.0	40.1	38.5	36.0	37.2	37.0	36.3	35.3	32.5
2004	33.9	35.3	36.8	40.0	39.0	38.0	36.0	37.0	36.0	34.0	34.0	34.0
2005	36.0	34.5	39.0	41.0	39.0	38.0	36.0	36.0	36.0	33.0	34.0	34.0
2006	32.0	34.0	38.0	39.0	42.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	33.0	33.0
2007	33.0	35.4	37.0	38.0	40.0	38.0	38.0	37.0	36.0	34.0	31.0	33.0
2008	33.0	36.0	41.0	39.0	41.0	36.0	38.0	38.0	37.0	34.0	33.0	34.0
2009	33.0	36.0	40.0	42.0	43.0	38.5	39.0	37.0	36.0	37.0	34.0	33.0
2010	26.8	27.4	29.5	34.2	36.2	35.5	34.1	33.7	34.0	29.7	29.6	26.8
2011	28.4	30.5	33.0	37.7	37.4	34.4	34.3	34.5	32.5	29.6	30.0	28.7
2012	29.5	31.1	34.1	33.4	34.6	33.7	34.8	34.6	33.6	31.3	28.3	30.6
2013	35.0	38.0	41.0	43.0	43.0	39.0	38.0	37.0	36.0	36.0	35.0	34.0
2014	33.0	36.0	40.0	41.0	38.0	38.0	40.0	37.0	36.0	36.0	34.0	32.0

Nota: ND= No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Tabla 5.4. Serie temporal de temperatura máxima promedio mensual estación climática "Campeche Observatorio".

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	35.0	35.2	37.4	40.7	39.0	37.7	37.0	34.2	34.7	34.0	32.6	33.0
1983	33.5	34.2	37.7	40.8	41.0	39.6	35.6	35.6	35.2	34.6	34.5	33.7
1984	34.8	36.1	39.8	41.8	41.5	35.2	35.0	34.5	34.0	35.0	34.8	33.0
1985	36.8	36.8	40.0	39.8	40.6	40.5	35.8	36.4	35.2	33.5	35.0	33.5
1986	33.5	36.2	40.5	39.8	40.0	37.0	36.5	36.5	36.2	35.2	33.5	34.5
1987	35.4	36.4	39.3	39.5	41.5	37.2	35.6	36.5	35.8	34.0	34.2	34.8
1988	33.6	34.7	36.6	42.0	42.0	35.7	36.2	36.2	35.0	33.2	33.6	32.5
1989	33.0	36.2	37.2	38.6	40.2	40.2	36.8	35.0	35.0	33.5	33.4	32.4
1990	31.6	36.6	37.4	38.7	38.5	37.7	35.8	35.0	35.5	34.5	33.9	33.5
1991	34.6	35.6	40.0	41.0	39.6	37.1	36.5	35.8	35.2	33.4	32.6	31.5
1992	32.4	34.8	36.2	38.2	37.5	39.5	35.7	34.6	34.1	33.0	33.8	32.7
1993	33.6	35.6	39.0	39.0	38.3	38.5	35.2	36.6	35.0	33.6	33.0	31.6
1994	32.7	36.1	39.0	38.8	39.3	36.8	38.0	36.0	34.5	34.3	34.4	33.0
1995	34.0	37.5	38.5	38.7	40.5	38.6	35.8	35.3	34.5	33.3	33.3	33.5
1996	33.7	36.0	37.5	38.5	30.0	37.0	35.5	35.7	36.0	34.3	33.0	32.7
1997	33.3	36.3	38.0	39.5	38.7	38.6	36.9	36.0	34.7	35.0	35.0	34.2
1998	33.8	37.4	39.4	43.0	42.9	41.1	38.4	37.0	36.2	35.4	34.3	33.0
1999	36.0	35.5	38.2	41.3	43.2	37.6	35.6	35.5	35.7	34.0	30.5	32.0
2000	32.1	34.8	39.4	40.2	40.7	37.3	37.7	35.7	35.5	34.5	36.0	33.4
2001	37.2	37.0	39.6	40.3	40.7	39.5	37.4	36.4	37.0	37.2	33.9	33.5
2002	35.6	35.2	38.5	40.2	41.1	37.0	37.7	38.1	36.6	36.0	35.1	34.7
2003	33.5	37.9	39.5	39.5	41.5	39.4	35.5	36.0	35.6	35.7	33.7	33.2
2004	34.9	37.2	37.1	39.5	39.0	38.0	37.4	37.0	35.6	35.0	35.2	34.6
2005	36.0	36.6	40.9	41.9	39.2	39.0	36.2	36.0	35.5	33.6	33.1	33.0
2006	34.1	36.0	39.5	39.6	41.5	37.5	36.6	35.6	35.7	37.0	34.2	33.6
2007	34.7	35.5	37.6	39.5	41.5	39.5	38.6	37.4	36.6	35.6	32.5	33.8
2008	34.9	37.0	38.9	40.4	42.6	37.0	39.0	37.7	37.6	35.1	34.2	34.7
2009	35.0	36.0	40.5	41.6	43.0	39.3	38.5	37.5	36.7	37.6	34.0	34.5
2010	38.0	36.4	38.9	43.2	43.0	36.3	37.1	37.0	37.0	36.7	35.5	36.5
2011	35.5	37.8	40.0	42.0	43.1	40.2	37.0	38.0	36.0	34.2	34.3	33.5
2012	34.7	38.5	39.8	40.7	41.2	37.6	37.2	37.4	36.5	35.6	33.5	36.2
2013	30.7	33.0	32.0	37.1	37.7	34.8	35.0	34.5	33.2	33.7	31.3	31.0
2014	34.0	36.0	39.5	41.1	40.0	38.4	41.2	38.1	36.3	36.8	36.1	34.0

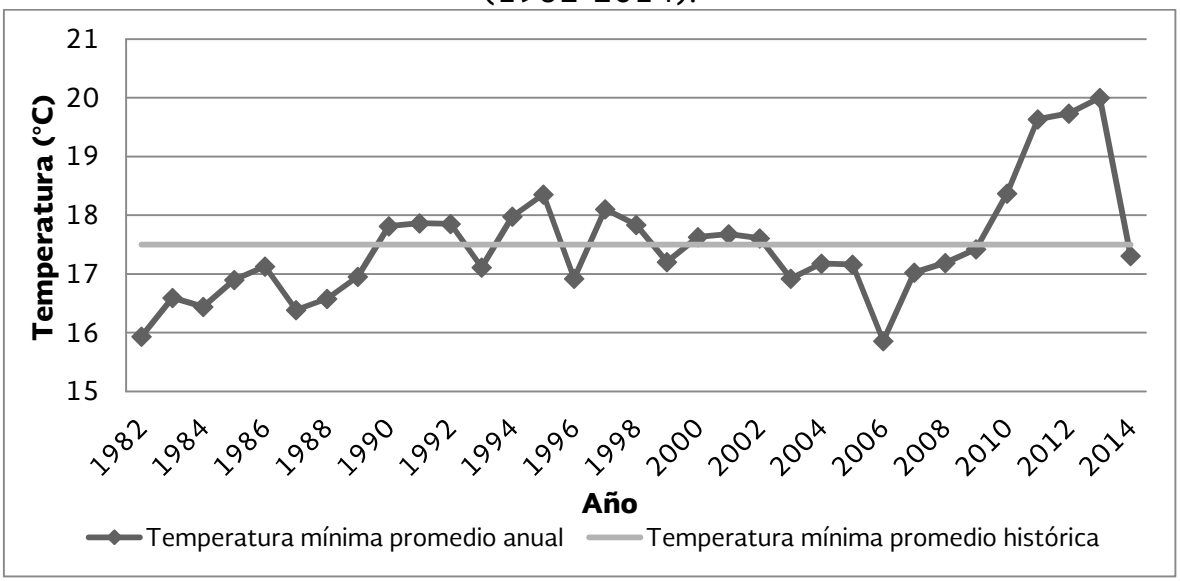
Nota: ND= No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

5.1.3 Temperatura mínima

Los promedios históricos (1982-2014) de la temperatura mínima anual en la Ciudad de San Francisco de Campeche han presentado un comportamiento variable en los últimos años. El valor promedio histórico de las temperaturas mínimas anuales es de 17.4°C; no obstante, se pueden identificar dos periodos en los que las temperaturas mínimas promedio anuales registradas se encontraron por debajo de la media mínima histórica (Figura 5.8). El primero de ellos del año 1982 al año 1989, registrándose una temperatura promedio mínima de 15.9°C en 1982, llegando a los 17.1°C en 1986; el segundo de ellos del año 2003 al año 2008, presentándose una temperatura promedio mínima de 15.9°C en el año 2006.

Por lo contrario se puede identificar un periodo en el que se observa una tendencia en el incremento de las temperaturas mínimas promedio, comenzando en el año 2010 con 18.4°C, hasta el año 2012 con 19.7°C, posteriormente las temperaturas mínimas promedio tienden a decrecer.

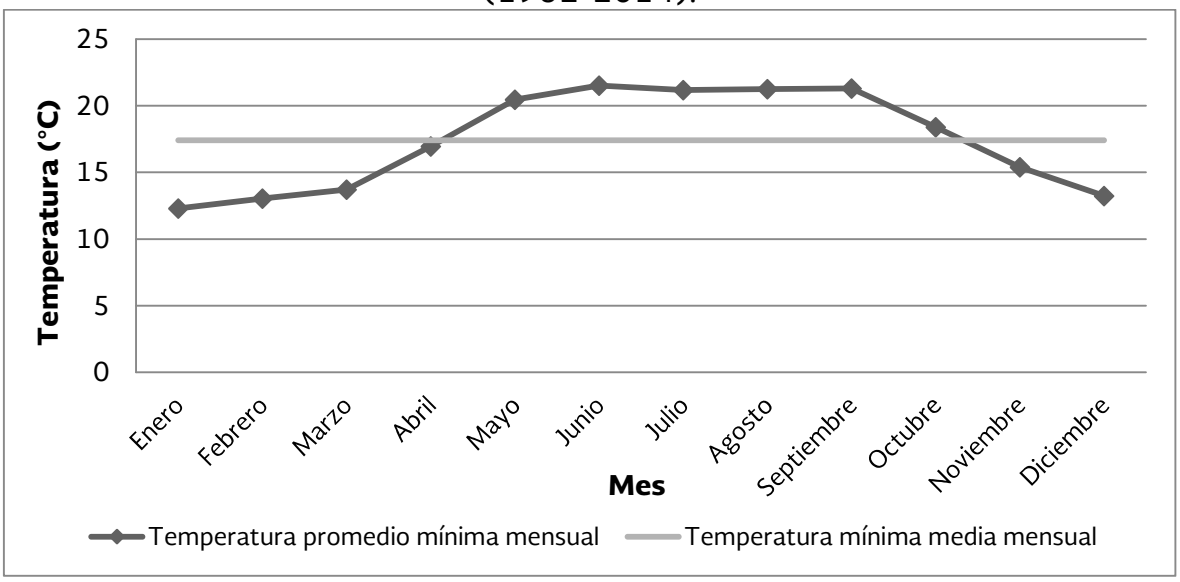
Figura 5.8. Temperatura mínima promedio anual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Los valores históricos de la temperatura mínima mensual muestran que el mes de enero es en el que se presentan las temperaturas más bajas con una mínima mensual promedio de 12.3°C, con una tendencia ascendente durante los meses siguientes, hasta llegar a los 21.5°C en el mes de junio. Posteriormente se mantienen estables las temperaturas mínimas promedio hasta el mes de septiembre. Durante los meses sucesivos la temperatura promedio mínima decrece paulatinamente hasta llegar a 13.2°C en el mes de diciembre (Figura 5.9).

Figura 5.9. Temperatura mínima histórica mensual de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En las Tabla 5.5 y Tabla 5.6 se presenta la información correspondiente a las series históricas de temperatura media de las estaciones climáticas de "Campeche Centro" y "Campeche Observatorio" respectivamente.

Tabla 5.5. Serie temporal de temperatura mínima promedio mensual estación climática "Campeche Centro".

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	12.0	16.0	11.5	15.0	20.0	21.5	18.5	19.5	19.5	17.0	14.5	13.0
1983	14.0	12.0	13.0	16.0	21.5	21.5	21.5	21.0	21.5	19.0	15.5	15.0
1984	14.0	16.5	13.5	16.5	21.0	22.0	21.5	21.5	22.0	21.0	14.0	15.0
1985	13.0	14.0	20.0	16.0	20.5	22.0	22.0	21.5	22.0	20.0	17.0	15.0
1986	12.0	15.5	11.5	20.0	22.5	20.0	21.0	22.0	22.0	20.0	21.0	16.0
1987	9.0	14.0	15.0	14.0	22.0	23.0	22.0	22.0	23.0	17.0	17.0	16.0
1988	13.5	15.0	16.0	15.0	20.0	20.0	22.0	23.0	23.0	20.0	18.0	15.5
1989	16.0	13.0	11.0	20.0	22.0	22.0	22.0	22.0	23.0	17.0	20.0	12.0
1990	17.0	15.0	15.0	20.0	23.0	23.0	21.0	22.0	22.0	20.0	19.0	14.0
1991	17.0	15.0	13.9	20.0	22.0	22.0	22.0	21.0	21.0	20.0	15.0	18.0
1992	17.0	15.0	17.0	19.0	18.0	22.0	20.0	21.0	21.0	20.0	16.0	16.0
1993	16.0	15.0	12.0	17.0	21.0	22.0	22.0	21.0	22.0	21.0	17.0	15.0
1994	13.0	23.0	14.0	20.0	21.0	21.0	22.0	21.0	21.0	21.0	18.0	14.0
1995	14.0	14.0	16.0	21.0	23.0	23.0	22.0	23.0	23.0	20.3	15.2	17.0
1996	13.0	12.0	11.5	18.5	21.0	22.0	22.2	21.5	22.8	20.5	17.5	16.0
1997	14.0	16.8	18.5	19.8	22.0	21.0	21.0	21.2	21.0	18.0	19.0	13.2
1998	14.9	14.0	14.8	17.4	22.2	22.4	21.7	22.0	22.3	21.0	19.0	13.5
1999	14.2	15.2	15.0	19.2	23.5	21.7	21.0	22.0	22.6	18.8	15.3	14.0
2000	13.2	12.4	18.0	17.0	20.2	21.7	21.0	20.7	22.4	19.8	20.0	13.0
2001	8.9	18.3	14.0	19.5	20.0	21.0	21.8	22.4	22.0	20.0	18.5	15.2
2002	12.0	14.0	13.6	21.5	22.0	23.0	23.0	22.6	20.0	21.3	14.4	14.0
2003	11.0	15.0	14.7	13.8	22.0	21.5	21.7	21.0	21.7	21.0	15.2	9.3
2004	13.5	12.0	18.0	15.7	21.0	22.0	21.0	21.0	20.0	20.0	16.0	14.0
2005	12.0	13.0	15.0	15.5	21.0	22.0	21.0	21.0	20.0	17.0	12.5	13.0
2006	12.0	10.0	15.0	17.0	16.0	20.0	21.0	22.0	21.0	16.0	10.0	10.0
2007	16.0	9.0	13.5	17.0	20.0	21.0	21.0	21.0	21.0	18.0	15.0	15.0
2008	14.0	15.0	13.0	17.0	22.0	22.0	21.0	21.0	22.0	15.0	13.5	12.0
2009	12.0	12.0	13.0	16.0	20.0	23.0	22.0	22.0	21.0	18.0	15.0	15.0
2010	16.7	17.4	17.9	22.2	24.7	24.7	24.0	24.0	23.9	21.1	19.9	15.4
2011	17.3	19.2	20.8	22.9	24.1	23.8	23.3	23.6	23.0	21.3	20.0	18.6
2012	18.5	19.5	20.9	21.9	23.8	23.5	22.9	23.6	22.8	21.7	18.4	18.6
2013	16.0	14.0	12.0	14.0	20.0	20.0	22.0	22.0	21.0	21.0	15.0	16.0
2014	13.0	14.0	16.0	16.0	19.0	22.0	22.0	21.0	21.0	18.0	16.0	11.0

Nota: ND= No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Tabla 5.6. Serie temporal de temperatura mínima promedio mensual estación climática "Campeche Observatorio".

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	10.0	14.8	10.6	18.9	17.0	20.5	19.5	19.2	17.0	14.6	12.4	10.0
1983	9.2	9.0	9.6	13.0	21.0	21.0	20.2	19.0	20.0	17.4	14.4	13.0
1984	10.0	13.0	8.6	9.6	17.6	20.8	19.2	19.6	19.2	16.8	9.8	12.0
1985	7.6	9.0	17.0	11.6	17.0	20.8	19.6	20.0	19.6	15.8	12.6	12.0
1986	8.6	9.6	5.0	17.0	20.6	20.9	20.0	20.6	20.0	18.5	14.8	12.0
1987	9.6	9.2	10.2	9.8	18.4	22.0	21.4	20.8	21.2		12.0	9.8
1988	6.8	9.4	11.6	8.8	16.4	19.0	21.2	21.8	21.0	16.8	14.3	9.8
1989	11.9	7.0	10.0	17.0	20.0	20.5	21.0	21.0	20.4	14.8	15.7	7.6
1990	14.2	10.1	11.0	18.5	21.6	21.5	20.5	20.4	20.2	14.4	15.2	9.0
1991	13.8	9.2	10.8	17.4	20.1	22.1	21.0	20.8	20.8	16.5	13.1	16.3
1992	13.1	10.8	16.5	14.5	16.5	22.0	20.6	20.4	21.8	20.0	15.8	14.5
1993	11.6	11.6	10.0	15.5	18.5	19.8	17.0	19.7	20.0	19.0	14.0	13.0
1994	9.2	18.1	11.0	19.0	18.6	21.2	20.2	19.0	18.4	19.4	16.0	12.5
1995	10.5	10.1	13.2	17.4	22.0	21.9	21.8	21.0	21.6	20.0	14.5	15.0
1996	10.0	8.0	8.1	17.8	19.7	19.0	18.4	20.5	21.2	19.0	11.0	15.0
1997	12.3	14.4	15.0	19.2	20.8	19.5	21.6	20.8	21.7	17.0	17.2	9.6
1998	12.7	10.0	10.0	14.5	21.5	23.0	22.2	22.0	22.3	17.7	18.0	9.0
1999	10.2	10.2	10.7	18.1	20.6	19.8	20.4	21.0	20.7	16.4	11.6	10.8
2000	10.2	8.5	16.0	15.2	21.5	21.5	20.3	21.0	22.2	18.2	17.5	11.7
2001	8.2	17.3	10.2	17.8	19.1	20.0	20.8	22.2	20.0	16.4	15.2	15.6
2002	7.4	11.9	15.2	20.0	21.1	22.5	21.1	19.5	18.7	19.4	12.2	12.2
2003	9.6	13.0	15.4	13.0	21.2	20.4	21.0	21.6	20.6	18.0	15.8	8.6
2004	12.0	10.8	14.4	12.0	20.0	21.5	20.0	21.2	20.8	19.2	14.2	12.0
2005	10.0	14.5	13.9	17.1	22.1	22.0	23.0	22.0	23.3	16.0	12.0	13.0
2006	9.8	10.4	14.8	17.8	15.8	21.3	21.5	21.4	21.0	17.4	10.4	9.0
2007	13.6	8.5	14.0	16.4	19.5	21.4	21.4	21.4	21.0	16.8	14.1	13.0
2008	12.4	13.4	14.2	15.4	20.5	21.6	21.4	21.6	22.0	18.0	14.6	10.0
2009	9.6	8.8	13.5	21.3	20.2	21.6	21.5	20.2	22.5	18.2	16.0	15.8
2010	12.5	10.5	10.5	16.0	19.0	19.5	19.5	19.0	21.0	16.0	14.5	11.0
2011	10.5	13.0	13.5	20.0	20.0	21.5	22.8	21.5	22.6	17.8	15.4	14.8
2012	12.0	16.5	18.4	16.0	22.4	22.6	21.6	22.8	22.6	15.4	15.0	12.2
2013	19.6	19.6	18.9	23.3	24.0	23.2	23.2	23.01	24.01	22.9	21.7	20.8
2014	11.4	12.8	15.0	15.5	18.4	22.4	21.5	21.4	22.0	17.6	15.0	13.4

Nota: ND= No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

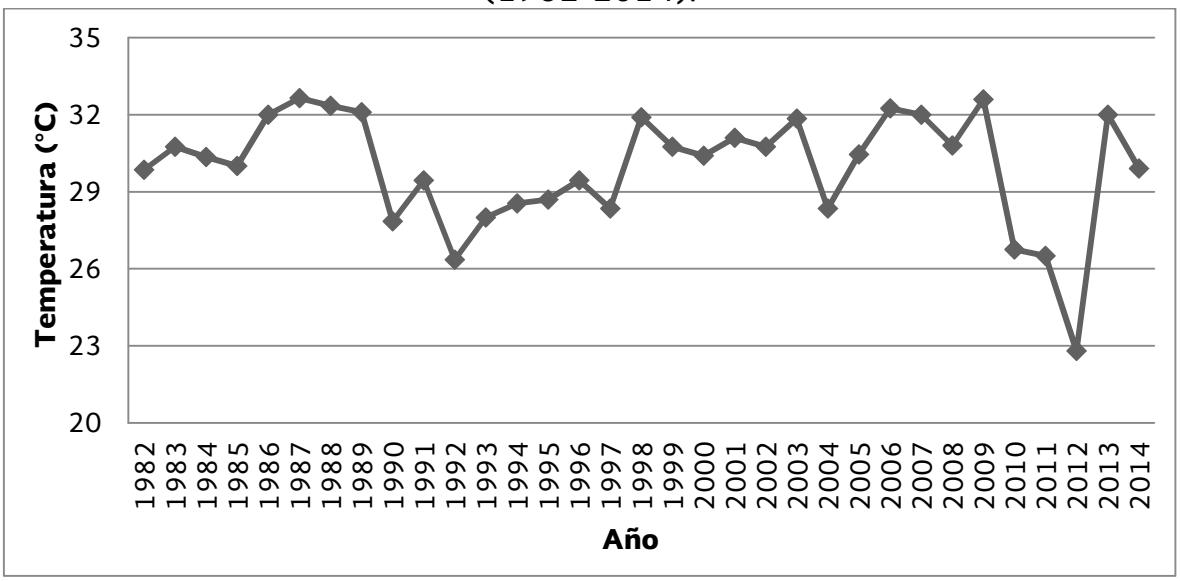
5.2 Oscilación térmica

La oscilación térmica se obtiene calculando la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima ya sea en un día o en una colección de datos, dependiendo de la escala de tiempo que se desee analizar.

Para la ciudad de San Francisco de Campeche la oscilación térmica promedio anual (OTPA) (1982-2014) presenta una variación de 17.2°C entre el valor mínimo (15.5°C) obtenido en el año 2013 y el valor máximo (32.7°C) obtenido en 1987. La OTPA ha tenido un comportamiento variable en los últimos 33 años, teniendo dos periodos por encima de los 30°C, el primero de ellos de 1983 a 1989 y el segundo de 1998 a 2009 con excepción del año 2004 cuya oscilación térmica fue de 28.4°C (Figura 5.10).

De igual manera se observan dos periodos en los que la OTPA se mantuvo por debajo de los 30 °C, el primero de ellos del año 1990 hasta 1997; y el segundo del 2010, hasta llegar a la OTPA mínima histórica de 15.5°C en 2013 para posteriormente ascender a 29.9°C en 2014.

Figura 5.10. Oscilación térmica promedio anual de San Francisco de Campeche (1982-2014).

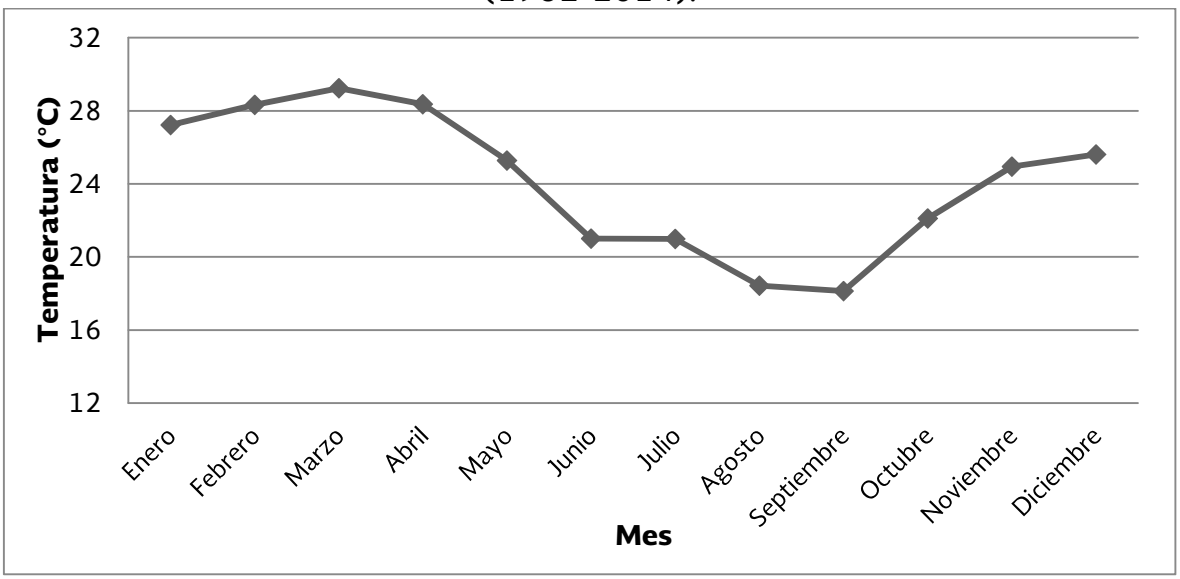


Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Realizando un análisis mensual se obtiene que los meses de noviembre a mayo presentan una oscilación térmica promedio mayor o igual a los 25°C, mientras que los meses que presentan una menor oscilación térmica son los meses de junio a octubre (Figura 5.11).

El mes en el que se presenta una mayor oscilación térmica es marzo con 29.2°C, posteriormente se presenta un decremento, hasta llegar a un mínimo anual durante el mes de septiembre con una oscilación térmica de 18.1°C.

Figura 5.11. Oscilación térmica mensual histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014).



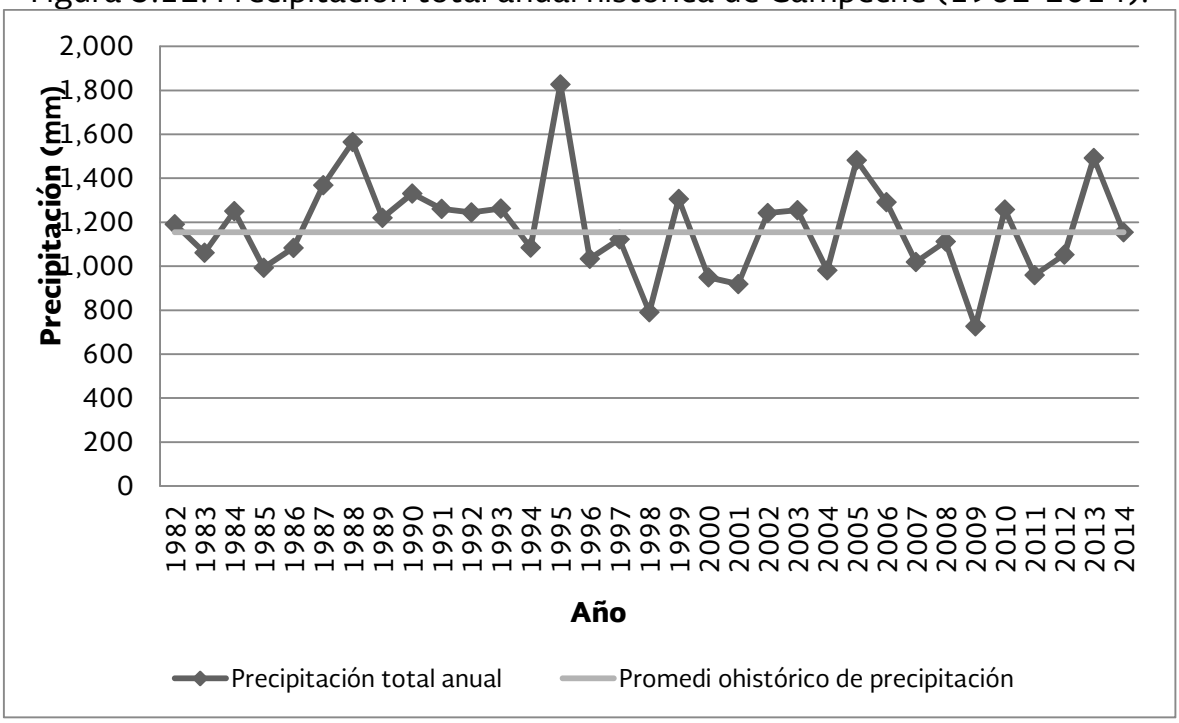
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

La amplitud térmica es una variable que se mide obteniendo la diferencia que existe entre la temperatura media del mes más cálido y la temperatura media del mes más frío, para el caso de la ciudad de San Francisco de Campeche, el mes más cálido es mayo con una media de 29.9°C y el mes más frío es enero con una media mensual de 23.7°C, con lo que se obtiene que la amplitud térmica para dicha ciudad es de 6.2°C.

5.3 Precipitación

El promedio anual histórico (1982-2014) de precipitación para la ciudad de San Francisco de Campeche es de 1,154.8 mm, siendo 1995 el año más lluvioso con una precipitación total anual de 1,827.2 mm, mientras que el año 2009 presentó el valor mínimo histórico con una precipitación de 727.1 mm (Figura 5.12, Figura 5.13).

Figura 5.12. Precipitación total anual histórica de Campeche (1982-2014).



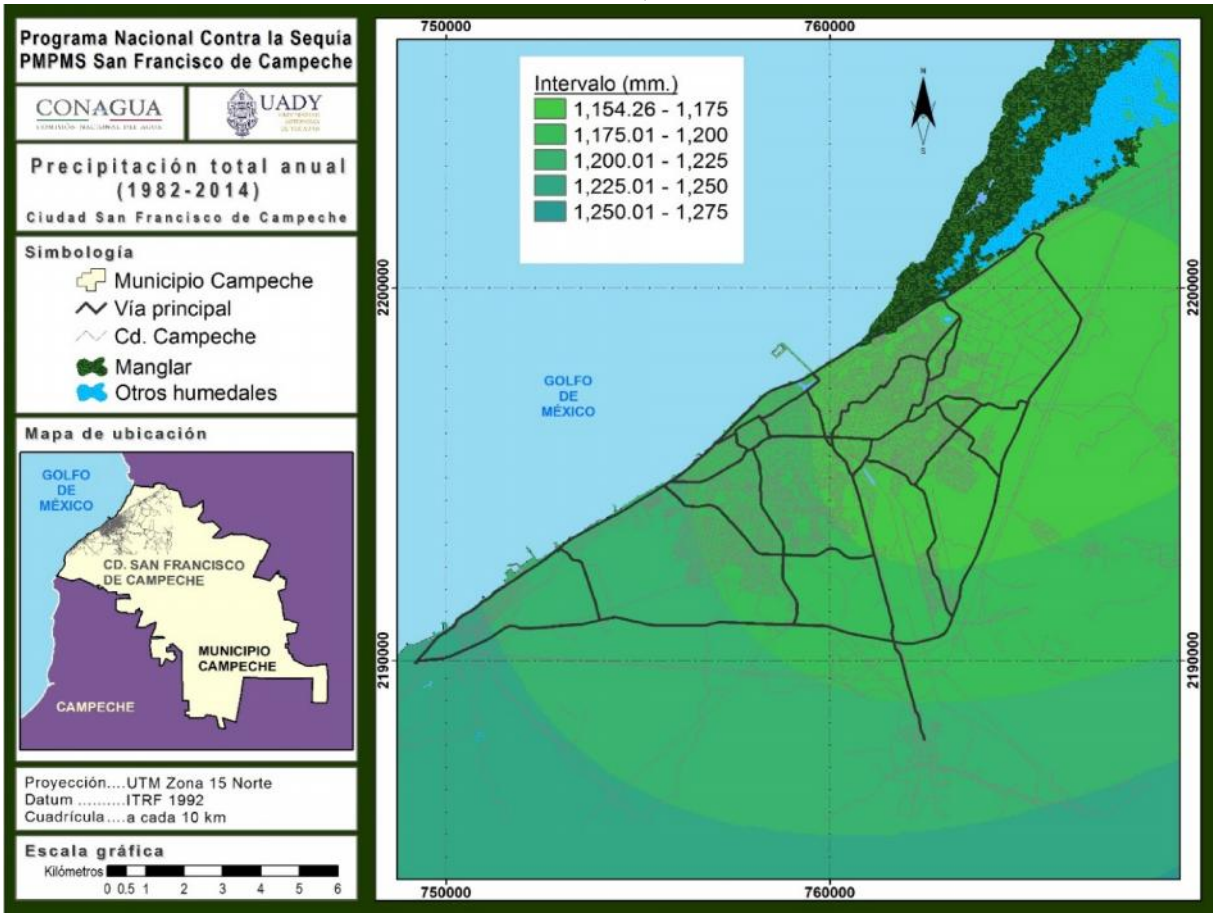
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

La precipitación histórica de la ciudad de San Francisco de Campeche ha tenido un comportamiento variable, en la década de los 80 la precipitación fue mayor a 1,000 mm en todos los años a excepción de 1995, año en el que se registró una precipitación de 992.5 mm.

Para la década de los 90 se reportan volúmenes de precipitación que van de 790.5 mm en 1988 hasta la máxima histórica de 1,827.2 durante 1995. En la década

2000-2009, fueron cuatro los años con precipitación menor a 1,000 mm, obteniéndose un volumen total de 727.1 mm en 2009, 918.6 mm en 2001, 949.0 mm en 2000 y 981.3 mm en 2004. Finalmente, en los últimos cinco años, únicamente en una ocasión se ha registrado una precipitación menor a 1,000 mm, esto ocurrió en 2011 con 959.6 mm.

Figura 5.13. Mapa de la precipitación total anual histórica de Campeche (1982-2014).



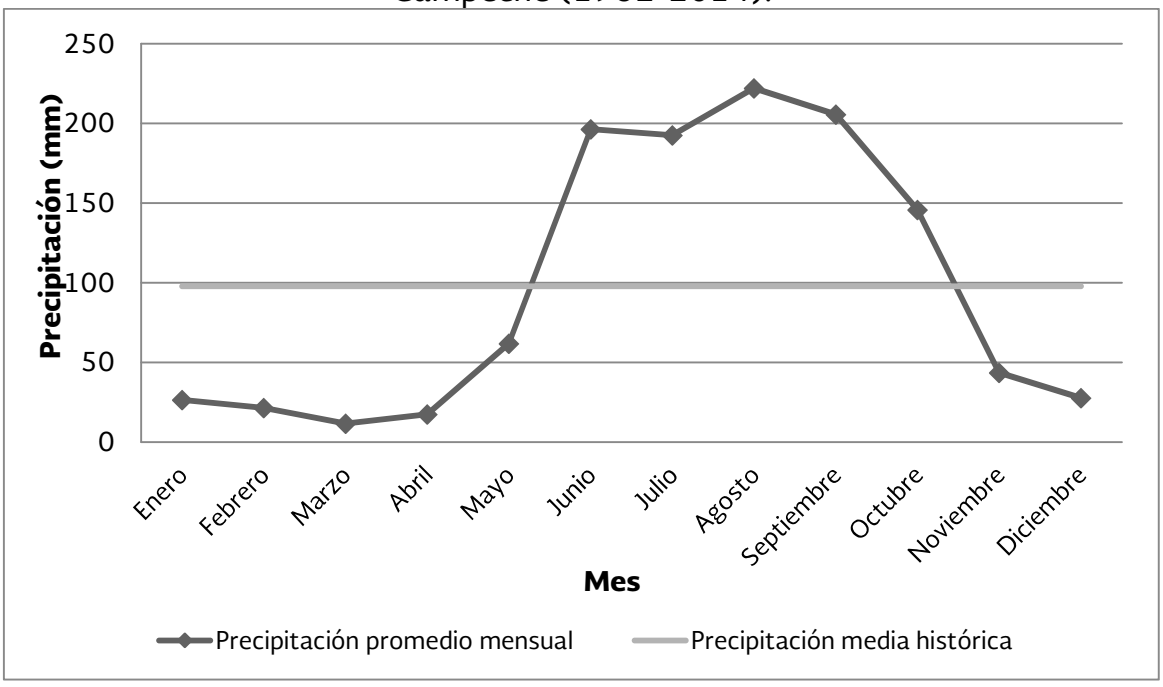
Elaboración propia. Cobertura generada mediante interpolación geoestadística Kriging con 32 años de datos en 9 estaciones climatológicas, se utilizó un ajuste de modelo Esférico y la validación cruzada es r2=0.312. La información cartográfica base se obtuvo de CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (http://www.inegi.gob.mx).

Realizando un análisis histórico de la precipitación mensual, resulta que el promedio mensual de precipitación para la ciudad de San Francisco de Campeche es de 97.7

mm, presentándose una precipitación mensual mayor al promedio durante 5 meses (junio, julio, agosto, septiembre y octubre) (Figura 5.14).

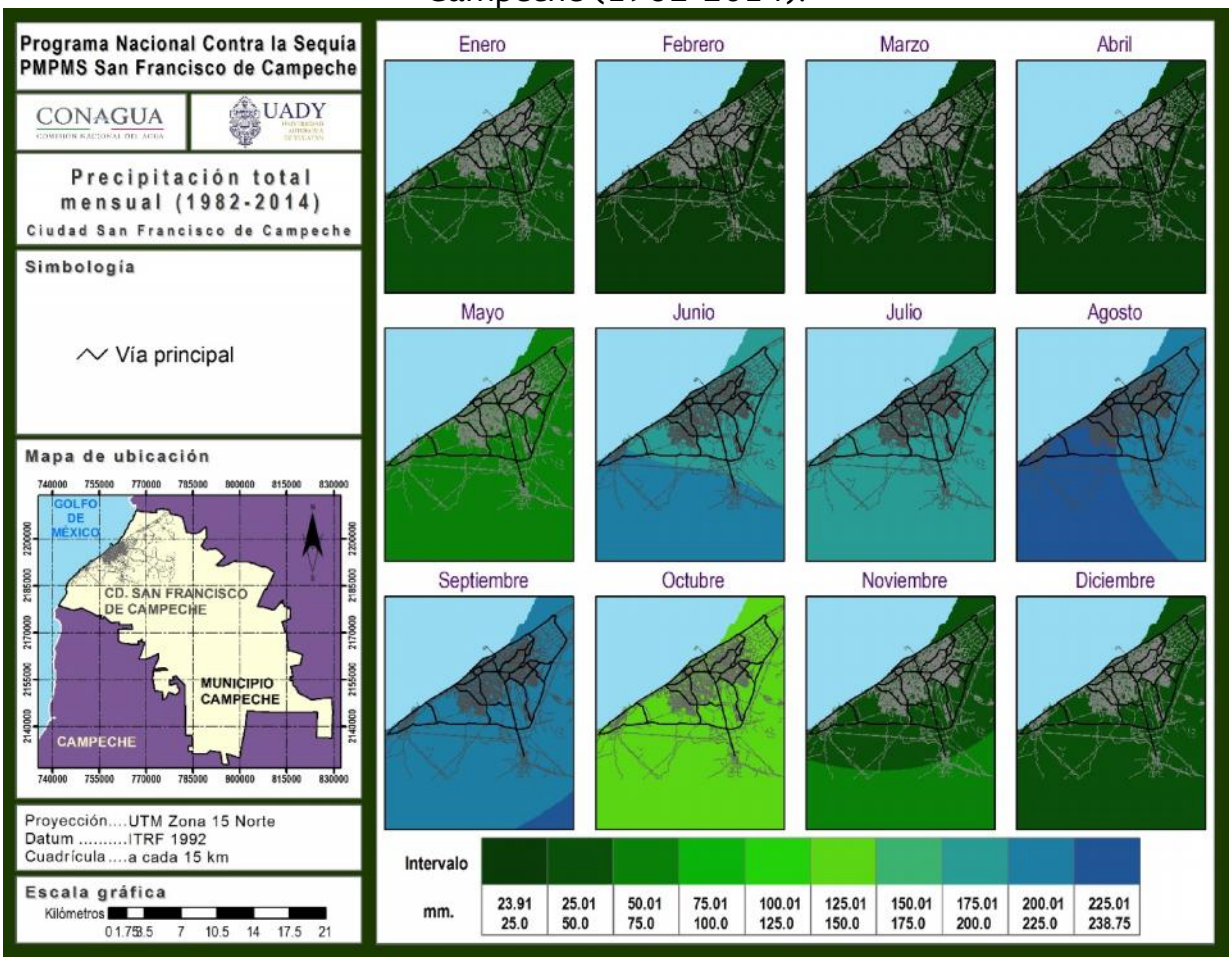
Durante el mes de enero se presenta una precipitación promedio de 26.4 mm, cantidad que decrece paulatinamente durante el mes de febrero (21.5 mm), hasta llegar a una mínima mensual de 11.6 mm durante el mes de marzo. En los meses consecutivos la tendencia es ascendente hasta llegar a un máximo durante el mes de agosto con 222 mm, y finalmente decrece nuevamente hasta llegar a 27.7 mm en el mes de diciembre (Figura 5.14 y Figura 5.15).

Figura 5.14. Precipitación mensual promedio histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Figura 5.15. Precipitación mensual promedio histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014).



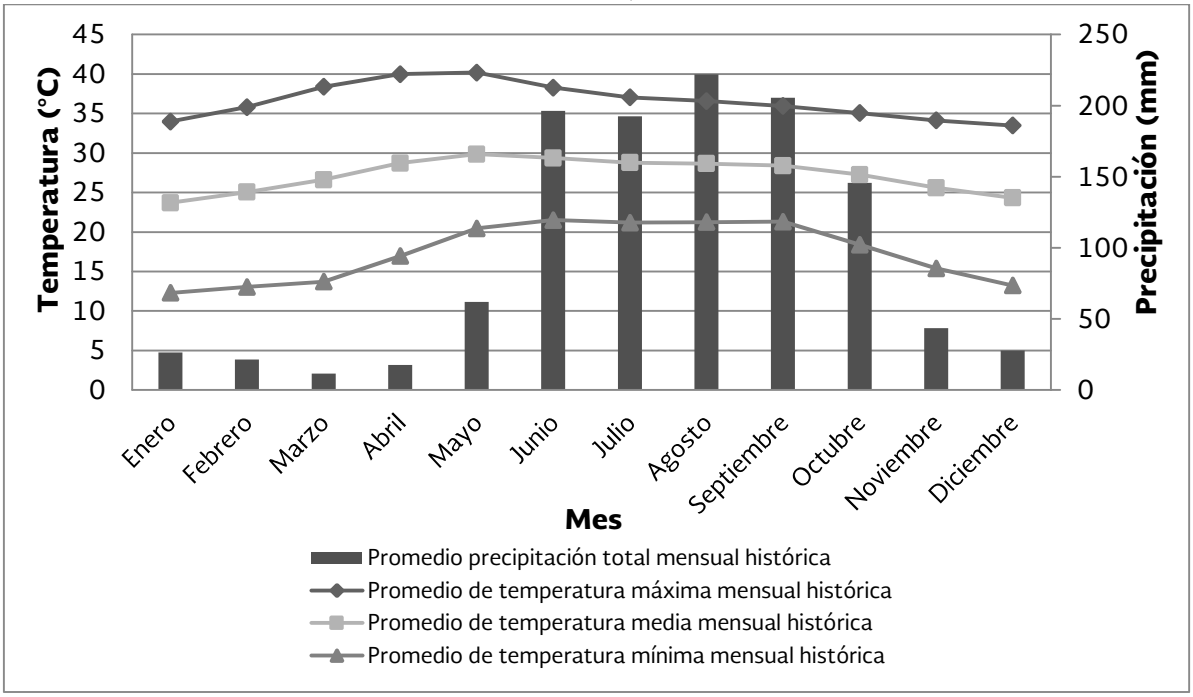
Elaboración propia. La precipitación se estimó mediante interpolación geoestadística con datos proporcionados por CONAGUA. La información cartográfica se obtuvo de CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) y OpenStreetMap (http://www.openstreetmap.org).

La precipitación presentada durante 1995 fue de 1,827.2, esto implicó un incremento de más del 50% con respecto a la media histórica anual. Éste incremento se debió en gran medida al paso del huracán Roxanne durante el mes de octubre, ya que durante este mes se registró una precipitación promedio de 541 mm, siendo de 145.7 mm la precipitación promedio histórica para dicho mes, lo cual representó un incremento del 270%. De igual manera en 1988 se puede observar un incremento en la precipitación. Esto puede explicarse debido a la presencia del huracán Gilbert que se presentó en ese año. Otros años que

presentan un volumen de precipitación elevado son 2005 y 2013, en los que se presentaron los huracanes Wilma e Ingrid, respectivamente.

Con la información de temperaturas máximas, mínimas y media, así como la precipitación, se elaboró el climograma para la ciudad de San Francisco de Campeche (Figura 5.16), se puede observar que los meses en los que la precipitación mensual es mayor a 100 mm, las temperaturas máximas promedio mensuales presentan los valores más bajos, en comparación con los meses en los que la precipitación es menor y se presentan temperaturas máximas promedio más elevadas.

Figura 5.16. Climograma de la Ciudad de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Por lo contrario, en los meses en los que se presentan las precipitaciones por debajo de 100 mm, también se presentan las temperaturas mínimas promedio más bajas, este periodo comprende los meses de noviembre a mayo. Finalmente la temperatura media tiene un comportamiento similar a las temperaturas mínimas,

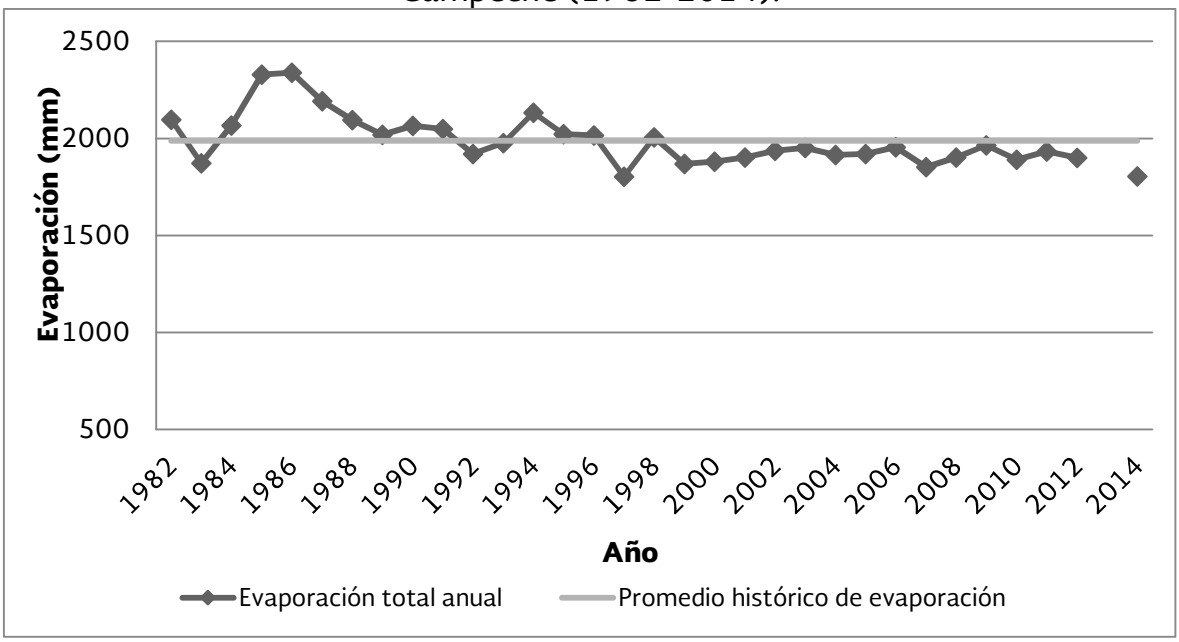
ya que en enero se presenta la temperatura media más baja (23.7°C), con una clara tendencia a incrementarse en los próximos meses; hasta llegar el mes de mayo, en el cual se presenta una temperatura media de 29.9°C y posteriormente desciende hasta los 24.3°C en el mes de diciembre.

De igual manera, se puede calcular el índice de Gaussen con la información climática, este índice expresa que cuando la precipitación es mayor que el doble de la temperatura media, no se considera un mes seco. Con la información climática mensual, se calculó este índice para la ciudad de San Francisco de Campeche, obteniendo que los meses secos son enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre, ya que el volumen de la precipitación mensual fue menor al doble de la temperatura media mensual.

5.4 Evaporación

El promedio histórico (1982-2014) de la evaporación total anual de la ciudad de San Francisco de Campeche es de 1,986.97 mm, teniendo un valor mínimo de 1,802.22 en 1997, y un valor máximo de 2,238.33 en 1986 (Figura 5.17).

Figura 5.17. Evaporación Anual Histórica de la Ciudad de San Francisco de Campeche (1982-2014).

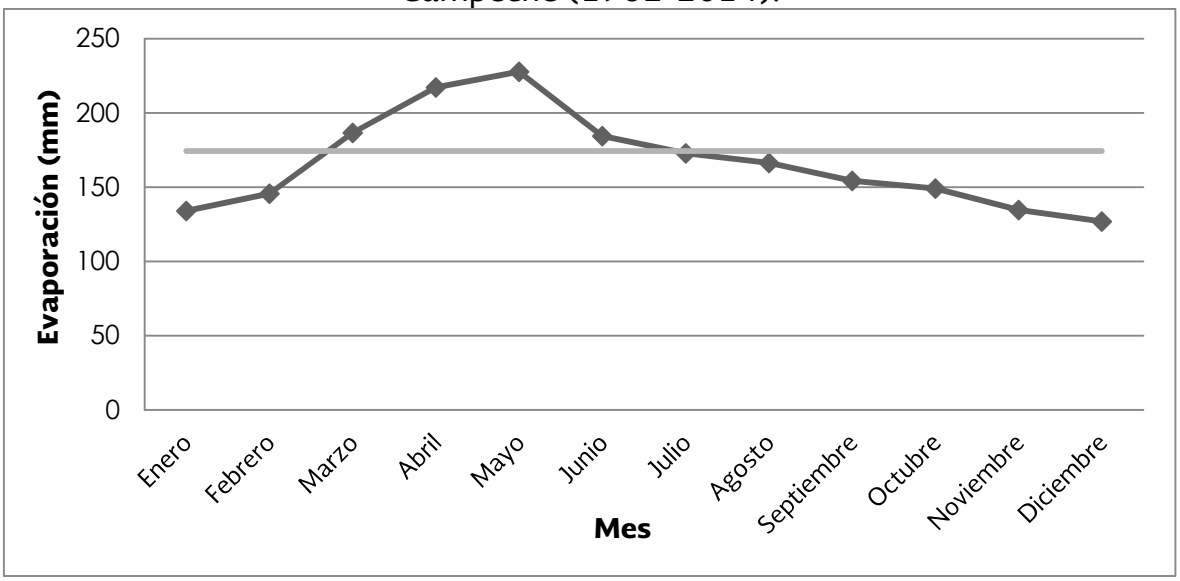


Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

El periodo en el que se presentó la mayor evaporación fue 1984 con un total anual de 2,066.10 mm, 1985 con 2,329.71 mm y finalmente con el máximo histórico en el año 1986 con 2,238.33 mm, para disminuir en 1987 a 2,193.01. A partir de 1987, la evaporación total anual ha fluctuado entre 2,133.47 mm (1994) y 1802.22 (1997). Desde 1999 hasta el año 2014, el total anual de evaporación se ha mantenido por debajo del promedio histórico (1982-2014), con una media anual para ese periodo de tiempo de 1,905.28 mm.

Realizando un análisis del promedio histórico mensual (1982-2014) de la evaporación (Figura 5.18) para la ciudad de San Francisco de Campeche, se observa que para el mes de enero se presenta una evaporación de 133.89 mm, la cual se incrementa paulatinamente durante los meses siguientes, hasta llegar a un máximo anual de 227.65 mm en el mes de mayo. Posteriormente, se presenta una tendencia decreciente hasta llegar a un valor de 126.86 mm en el mes de diciembre.

Figura 5.18. Evaporación mensual promedio histórica de San Francisco de Campeche (1982-2014).



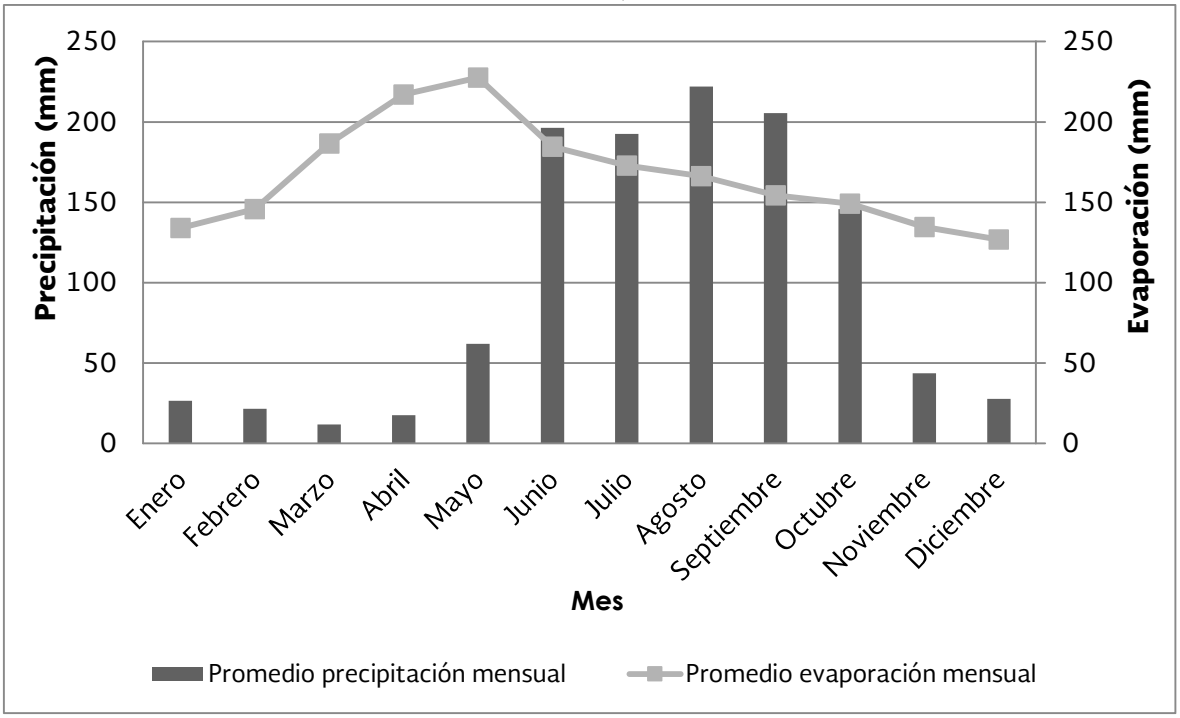
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

La media mensual es de 174.23 mm, siendo marzo, abril, mayo y junio, los únicos meses que presentan un promedio mensual de evaporación por encima de la media, con 186.63 mm, 217.08 mm, 227.65 mm y 184.82 mm, respectivamente.

Revisando de forma simultánea los valores de precipitación y de evaporación, se observa que los meses de enero a mayo son los que presentan valores bajos de precipitación, mientras que por el otro lado, son los que tienen los valores más altos de evaporación (Figura 5.19).

Durante los meses que presentan los mayores niveles de precipitación, la evaporación tiene una tendencia descendente, hasta llegar a un promedio mensual mínimo de 126.86 en el mes de diciembre.

Figura 5.19. Precipitación y evaporación promedio mensual histórico (1982-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

5.5 Sequía

5.5.1 Índice de Precipitación Estandarizado

El Índice de Precipitación Estandarizado, conocido por sus siglas en inglés como "SPI" (Standarized Precipitation Index), es un valor que se obtiene a partir del análisis de los registros históricos de precipitación, indicando la severidad y temporalidad de un fenómeno de sequía. El SPI es un índice de normalización de la precipitación histórica que permite identificar condiciones de déficit o exceso en la precipitación a corto y largo plazo (CONAGUA, 2014b).

Este índice es una estandarización de la precipitación, y se calcula a partir del supuesto de que la precipitación se ajusta a una distribución probabilística tipo "Gamma", la cual se ajusta a una distribución de probabilidad normal (CONAGUA, 2014b).

Los valores son representativos de la variabilidad de la precipitación con respecto a su historial, en donde los valores negativos indican déficit y los positivos superávit. A partir de estos valores se elaboran mapas que muestran patrones espaciales de 1, 3, 6, 9, 12 y 24 meses, en donde las características para períodos largos o cortos se clasifica como:

- 1 mes: Indica las condiciones de humedad del suelo.
- 3 meses: Una estimación de la precipitación estacional.
- 6/9/12/24 meses: Los impactos en los niveles de reserva de agua.

Para el cálculo del SPI se utilizó el programa SPI_sl_6, el cual se encuentra disponible en la página del Centro Nacional para la Mitigación de la Sequía de Estados Unidos (National Drought Mitigation Center).

En el caso de la ciudad de San Francisco de Campeche, se realizó el análisis de SPI para las dos estaciones climáticas (Campeche Centro y Campeche Observatorio) que se encuentran dentro de la ciudad, con información de 1982 a 2014, con tres escalas temporales (3, 6 y 12 meses). Posteriormente se procedió a determinar los las categorías de la sequía para cada valor de SPI con los intervalos presentados en el Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Rangos de SPI para cada tipo de sequía.

Categoría	Clasificación	SPI
D0	Anormalmente Seco	-0.50 a -0.99
D1	Sequía Moderada	-1.00 a -1.49
D2	Sequía Severa	-1.50 a -1.99
D3	Sequía Extrema	-2.00 a -2.49
D4	Sequía Excepcional	-2.50 o menor

Fuente: Modificado de Giddings *et al.*, 2005.

Para el periodo analizado (1982-2015) en la estación "Campeche Centro" un total de 117 meses presentaron alguna categoría de sequía tanto para la escala temporal de 3 meses como para la de 12 meses; mientras que para la escala temporal de 6 meses, fueron 116 los que presentaron alguna categoría de sequía (Tabla 5.8).

La frecuencia en el número de meses afectados por cada categoría de sequía tiene una tendencia a disminuir conforme se incrementa la severidad de ésta. Esta tendencia se repite en las tres escalas de tiempo analizadas. Es importante destacar que para esta estación se presentaron 9 meses en la escala trimestral, 4 en la escala semestral y 11 en la escala anual, con una categoría de sequía D3 (sequía extrema), mientras que la categoría D4 (sequía excepcional) se presentó en 2 meses en el análisis trimestral y 2 meses en el análisis semestral.

Tabla 5.8. Número de meses que presentaron cada categoría de sequía en cada intervalo de tiempo (Estación: Campeche Centro).

Meses / Categoría	3 meses	6 meses	12 meses
SS	277	275	267
D0	59	53	54
D1	26	34	33
D2	21	23	19
D3	9	4	11
D4	2	2	0
Total	117	116	117

Nota: SS: Sin sequía, D0: Anormalmente seco, D1: Sequía moderada, D2: Sequía severa, D3: Sequía extrema, D4: Sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

De igual manera, en la estación "Campeche Observatorio" se presentó la misma tendencia decreciente con respecto a la intensidad de la sequía, únicamente que a diferencia de la estación "Campeche centro", en este caso la categoría de sequía más severa que se presentó fue la D2 (Sequía moderada) (Tabla 5.9).

Tabla 5.9. Número de meses que presentaron cada categoría de sequía en cada intervalo de tiempo (Estación: Campeche Observatorio).

Meses / Categoría	3 meses	6 meses	12 meses
SS	273	259	264
D0	53	67	65
D1	42	39	31
D2	26	26	25
D3	0	0	0
D4	0	0	0
Total	121	132	121

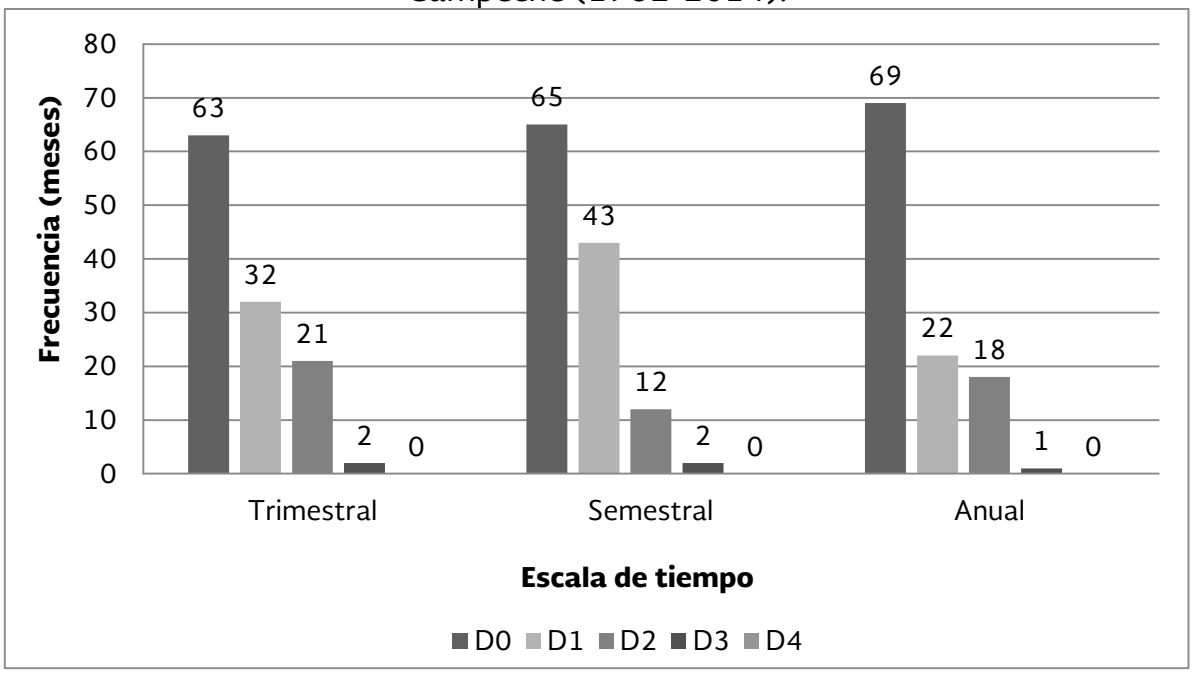
Nota: SS: Sin sequía, D0: Anormalmente seco, D1: Sequía moderada, D2: Sequía severa, D3: Sequía extrema, D4: Sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Finalmente se realizó un análisis obteniendo el promedio de los valores de SPI de ambas estaciones y determinando la categoría de sequía para cada uno de los valores calculados en las mismas escalas de tiempo; la frecuencia de cada una de las categorías de sequía mantuvo una tendencia similar en las tres escalas de tiempo (Figura 5.20).

La categoría de sequía que presentó mayor frecuencia en los últimos 33 años fue la D0 (Anormalmente seco) con 63 meses reportados en el análisis trimestral, 65 meses en el análisis semestral y 69 en el anual. La categoría D1 (Sequía moderada) se presentó en 32, 43 y 22 para las mismas escalas de tiempo, trimestral, semestral y anual, respectivamente.

Siguiendo con la tendencia descendente, la categoría D2 (Sequía severa) únicamente se presentó en 21 ocasiones en la escala de 3 meses, 12 en la de 6 meses y 18 en la de 12 meses. La categoría D3 (Sequía extrema) únicamente se presentó en 2 ocasiones durante las escalas de tiempo trimestral y semestral y únicamente en una ocasión para la escala de 12 meses. La categoría D4 (Sequía excepcional) no se reportó en ninguna de las escalas de tiempo.

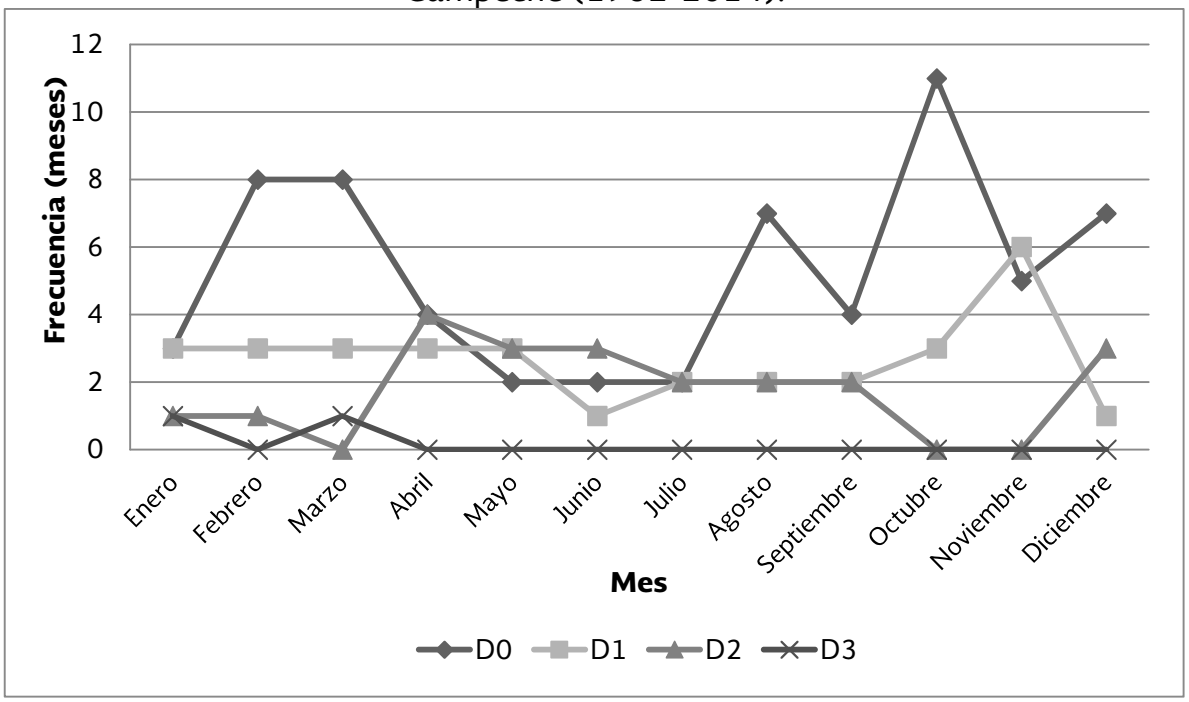
Figura 5.20. Frecuencia histórica de la sequía en la ciudad de San Francisco de Campeche (1982-2014).



Nota: D0: Anormalmente seco, D1: Sequía moderada, D2: Sequía severa, D3: Sequía extrema, D4: Sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En la Figura 5.21se presenta el análisis mensual histórico (1982-2014) de la escala de tiempo trimestral, siendo la categoría D0 la más frecuente del año, teniendo mayor presencia durante el mes de octubre, seguido por los meses de febrero y marzo. La categoría D1 presenta un comportamiento homogéneo durante los primeros meses del año, teniendo un incremento en su frecuencia en los meses de octubre y noviembre. La categoría D2 tiene mayor frecuencia durante los meses de abril, mayo y junio; mientras que la categoría D3 se presenta durante los primeros tres meses del año.

Figura 5.21. Análisis mensual de la sequía en la escala de tiempo trimestral en Campeche (1982-2014).

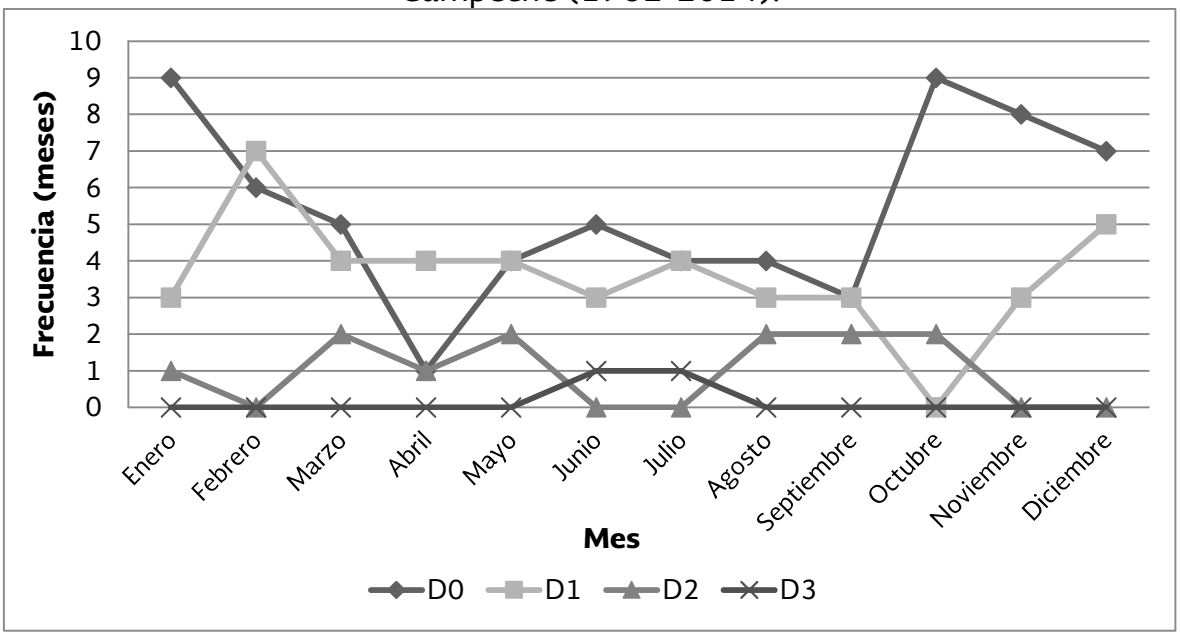


Nota: D0: Anormalmente seco, D1: Sequía moderada, D2: Sequía severa, D3: Sequía extrema.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En el análisis mensual de la escala de tiempo semestral (Figura 5.22) se observa que las categorías D0 y D1 tienen un comportamiento variable durante todo el año; mientras que la categoría D2 se presenta en dos periodos de tiempo, el primero durante los meses de marzo, abril y mayo, y el segundo periodo durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

Finalmente se observa que durante los meses de junio y julio se presenta la categoría D3 (sequía extrema) que es la más severa de sequía para la ciudad de San Francisco de Campeche.

Figura 5.22. Análisis mensual de la sequía en la escala de tiempo semestral en Campeche (1982-2014).

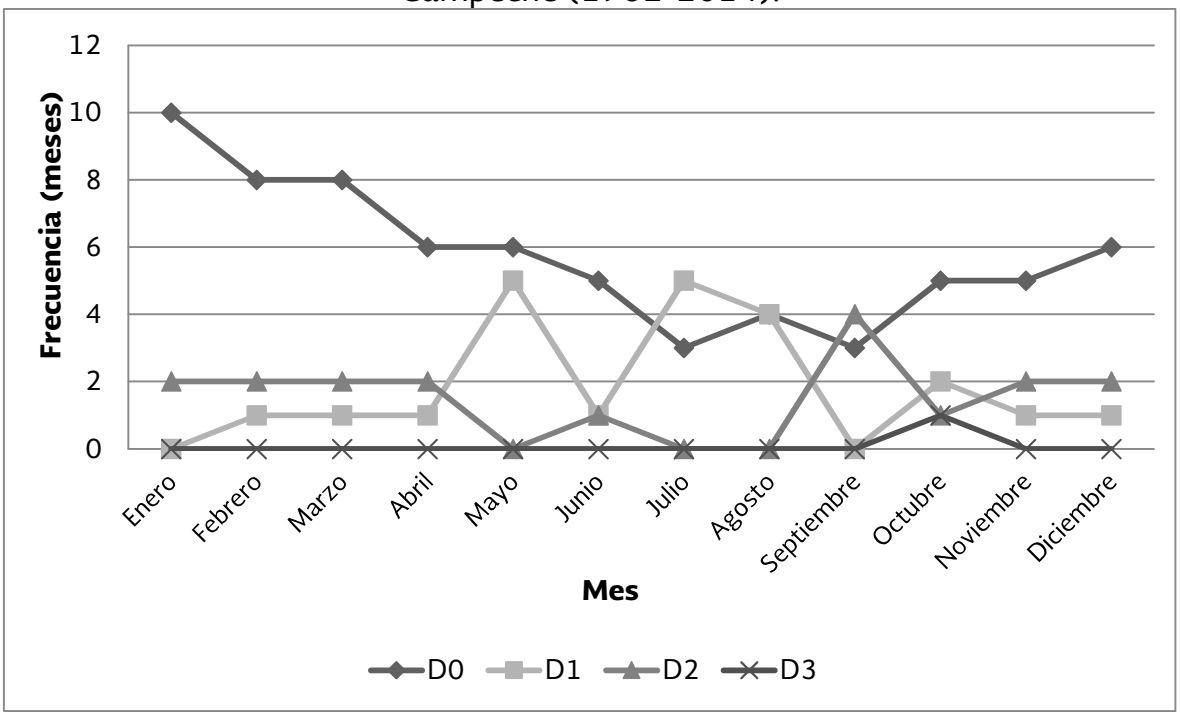


Nota: D0: Anormalmente seco, D1: Sequía moderada, D2: Sequía severa, D3: Sequía extrema.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Finalmente en el análisis mensual de la escala de tiempo anual de los valores de SPI, se observa que la categoría D0 presenta su mayor frecuencia durante el mes de enero y febrero, con una tendencia descendente hasta llegar a una mínima frecuencia en el mes de septiembre. Posteriormente se hace más frecuente en los últimos tres meses del año (Figura 5.23).

La categoría D1 (sequía moderada), se hace más frecuente durante los meses de mayo, junio y julio; la categoría D2 (sequía severa) tiene presencia durante los meses de enero a abril de forma constante, mientras que septiembre es el mes en el que se presenta con mayor frecuencia. La categoría D3 (sequía severa) únicamente se presentó en el mes de octubre en este análisis.

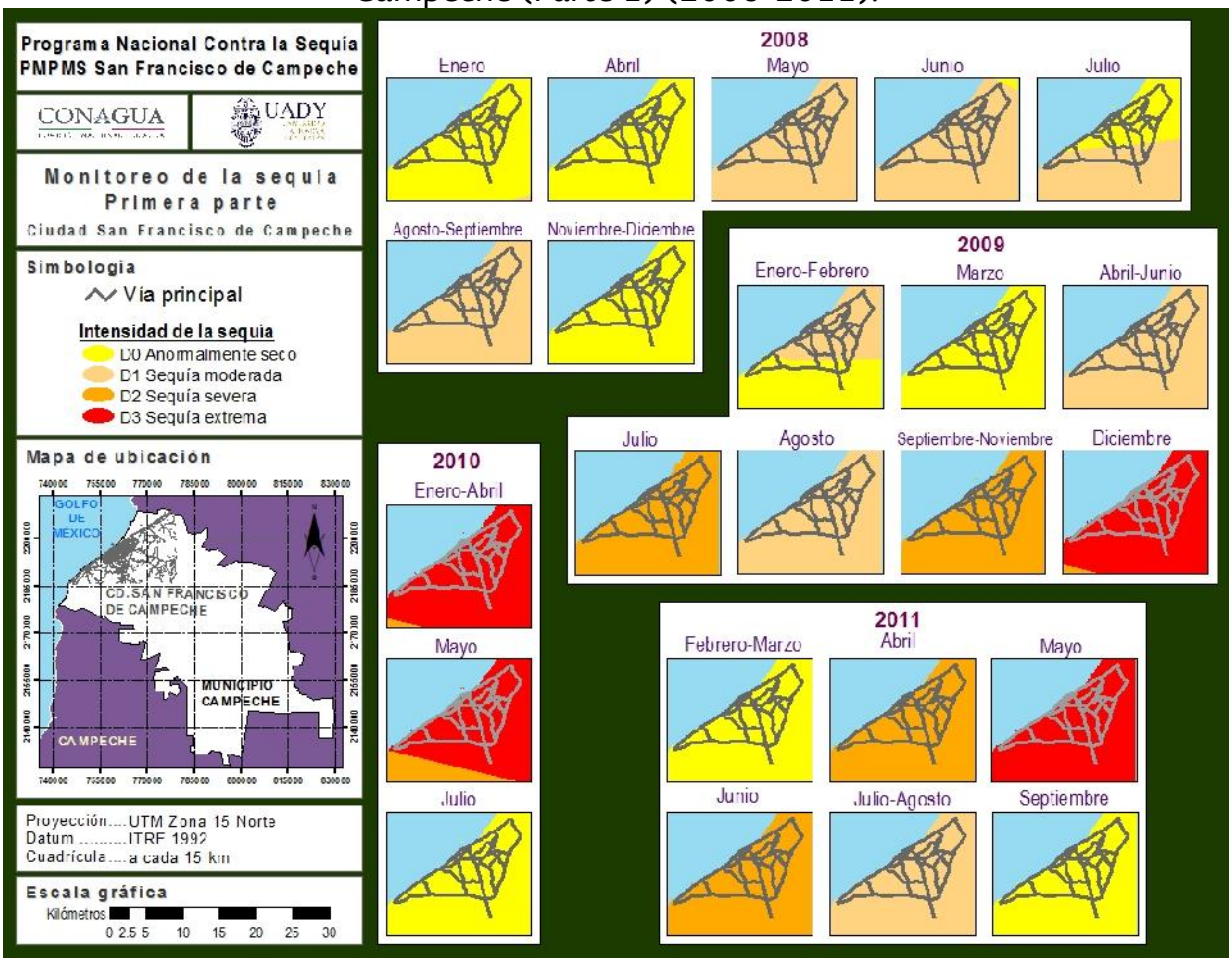
Figura 5.23. Análisis mensual de la sequía en la escala de tiempo anual en Campeche (1982-2014).



Nota: D0: Anormalmente seco, D1: Sequía moderada, D2: Sequía severa, D3: Sequía extrema.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

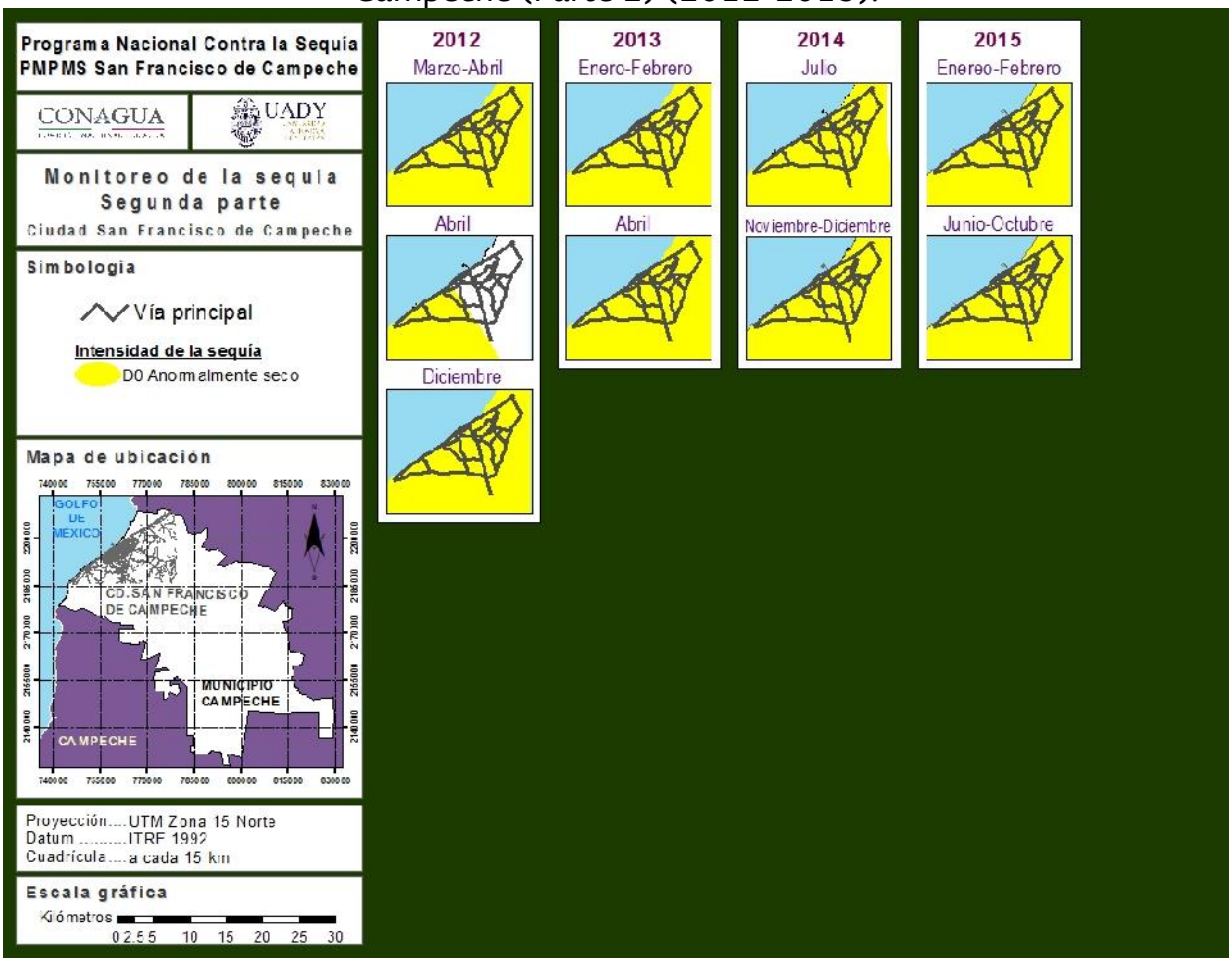
En las Figuras 5.24 y 5.25 se presentan los mapas históricos del monitor de sequía. Estos mapas nos indican la categoría de sequía más severa que se presentó en cada mes para un año determinado; los meses que no aparecen son debido a que en dicho mes no se presentó ninguna categoría de sequía. Se puede observar que en los años 2009-2011 se presentó la categoría de "Sequía extrema", la cual es el máximo nivel de sequía que se ha presentado en el estado, mientras que en los últimos 4 años (2012-2015) el nivel de sequía más severo que se ha presentado es "Anormalmente seco".

Figura 5.24 Mapa del monitor de sequía para la ciudad de San Francisco de Campeche (Parte 1) (2008-2011).



Elaboración propia. La información cartográfica base se obtuvo del SMN (http://smn.cna.gob.mx/), CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (http://www.inegi.gob.mx).

Figura 5.25 Mapa del monitor de sequía para la ciudad de San Francisco de Campeche (Parte 2) (2012-2015).



Elaboración propia. La información cartográfica base se obtuvo del SMN (http://smn.cna.gob.mx/), CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (http://www.inegi.gob.mx).

5.5.2 Índice de Sequía por Escurrimiento

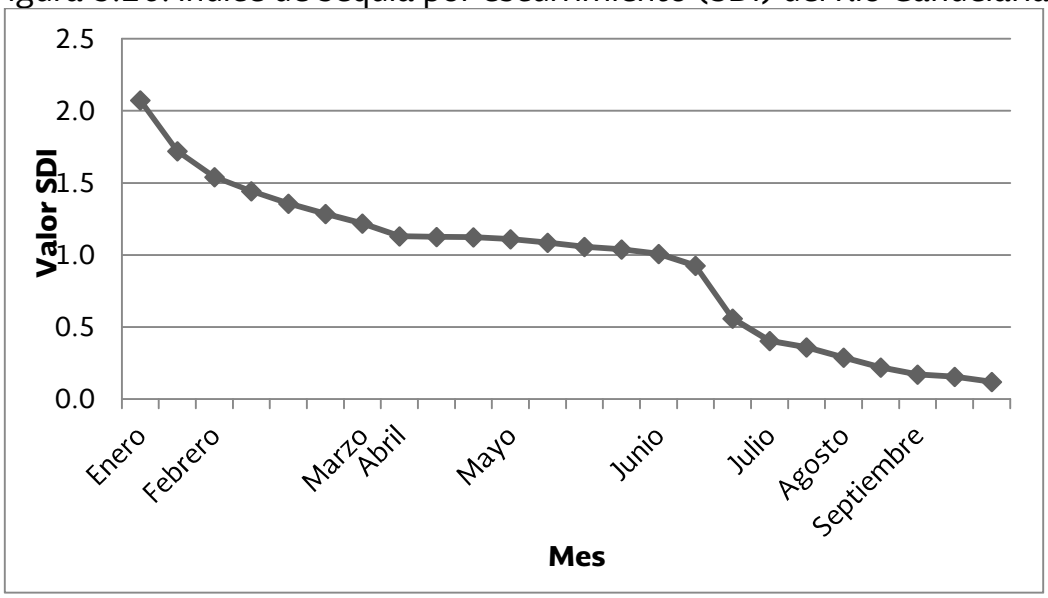
La sequía hidrológica se define como la deficiencia en la disponibilidad de agua superficial y subterránea, se mide a través de los escurrimientos y los niveles de lagos, embalses y niveles de los acuíferos; esto debido a que existe una relación entre la disminución de la precipitación durante periodos prolongados de tiempo y la reducción en los niveles de los cuerpos de agua (CONAGUA, 2014b).

El índice hidrológico, también conocido como índice de la sequía por escurrimiento, abreviado “SDI” por sus siglas en inglés (Streamflow Drought Index), es un valor que resulta del análisis de los registros históricos de los escurrimientos y los caudales de ríos, esto con la finalidad de servir como una herramienta que nos permita calcular la severidad y temporalidad de un fenómeno de sequía (CONAGUA, 2014b).

El abastecimiento de agua de la ciudad de San Francisco de Campeche se logra en su totalidad debido a la explotación del acuífero Península de Yucatán, por lo tanto no depende de ningún cuerpo de agua superficial o embalse. El cuerpo de agua de mayor importancia más próximo es el Río Candelaria a poco más de 200 km de la ciudad. Para su monitoreo se utiliza una estación hidrométrica, y con la información disponible se puede decir que este río no presenta ninguna categoría de sequía con base en el índice de sequía por escurrimiento del periodo analizado (Enero-agosto, 2015).

En la Figura 5.26 se muestra el índice de sequía por escurrimiento del Río Candelaria para el periodo enero-agosto 2015 con la información mensual disponible, se observa que para todos los meses analizados el valor de SDI es mayor a 0, por lo que se considera como “sin sequía”. El SDI tiende a disminuir, ya que en enero se reportan valores mayores a 2.0, y para el mes de agosto el valor del índice de SDI se encuentra en 0.289.

Figura 5.26. Índice de sequía por escurrimiento (SDI) del Río Candelaria.



Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA.

6 EVALUACIÓN DE LA OFERTA/ABASTO DE AGUA

6.1 Fuentes de abastecimiento

La principal fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de San Francisco de Campeche es el acuífero que subyace la ciudad y se extiende hacia el Valle de Chiná. Este acuífero se caracteriza por ser muy permeable y ser confinado. El flujo de las aguas subterráneas fluye de este a oeste para descargar gran parte de la recarga en el mar (CONAGUA, 2013b).

El acuífero actualmente se encuentra subexplotado, pero presenta ciertas restricciones para su gestión. Debido a que el agua salada se encuentra a poca profundidad, el caudal de operación de las captaciones debe ser cuidadosamente calculado para evitar la intrusión salina al acuífero (CONAGUA, 2013b). Para la ciudad de San Francisco de Campeche, el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC) es el organismo operador encargado de brindar el servicio de agua potable a la población.

Las fuentes de abastecimiento las constituyen principalmente tres sistemas; el primero de ellos es el valle de Santa Rosa, este sistema está conformado por una batería de ocho pozos, recolectando el caudal en la caja rompedora de presión "Santa Rosa" que envía el caudal hasta el rebombeo Aeropuerto. Al segundo sistema se le conoce como Galería Filtrante y se ubica en la localidad de Chiná, Campeche. Finalmente la tercera fuente de abastecimiento es el acuífero que subyace la ciudad, mediante una serie de pozos independientes.

Todas las fuentes de abastecimiento de agua en la ciudad de Campeche son subterráneas, al 2014 el SMAPAC cuenta con 42 pozos de extracción y una galería filtrante (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche.

Fuentes	Actuales	De reserva	Posibles o de emergencia
Subterráneas: pozos	42	0	0
Galería filtrante	1	N/A	N/A
Usuarios autoabastecidos (derecho de pozos)	ND	ND	ND

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC. ND= No determinado. N/A= No aplica

En la Tabla 6.2 se presenta el tiempo de operación y la capacidad de cada pozo y en la Figura 6.1 se presenta su distribución por sectores en la ciudad de Campeche.

Tabla 6.2. Inventario de pozos de abastecimiento en funcionamiento y no funcionamiento para la ciudad de San Francisco de Campeche.

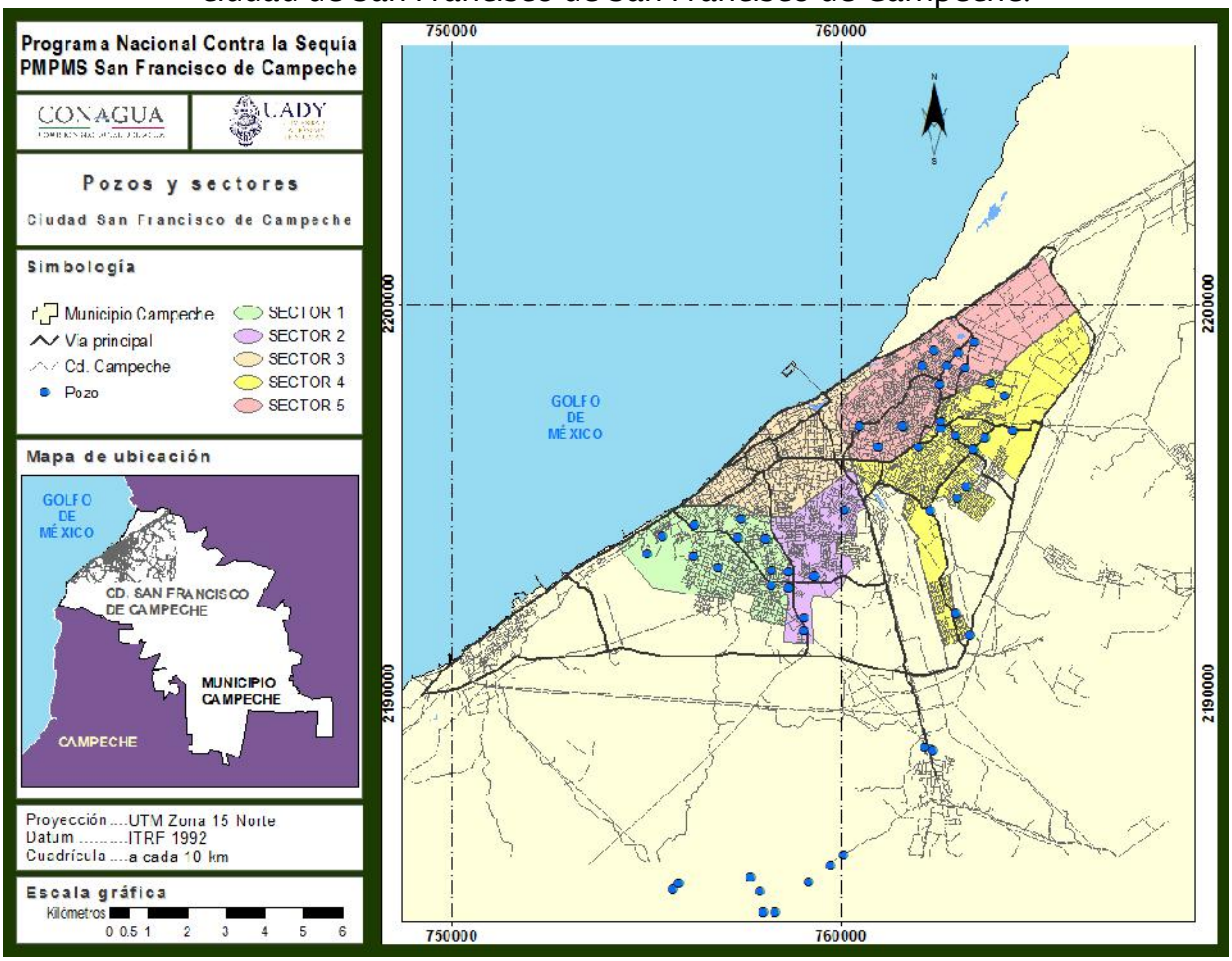
Nombre pozo	Tiempo de operación	Capacidad instalada (Lps)	Observaciones
Asilo de Ancianos	24 hrs	12	Col. Miguel Hidalgo y Ampliación Miguel Hidalgo. Inyecta a la red de la Col. Peña
El Doral	10 hrs	5	Opera en función del nivel del cárcamo y de ahí se rebombea con un sistema de al Fracc. El Doral.
Kanisté	24 hrs	9	Bombeo directo a la Col. Kanisté
Lomas del Castillo	16 hrs	4	Bombeo directo a la red del Fracc. Lomas del Castillo.
Multuchac	-	12	Fuera de servicio
SEP	24 hrs	12	Bombea directo a Av. Patricio Trueba, col. Lázaro Cárdenas, Fracc. Linda vista y Fracc. Las Flores.
Campeche 1	24 hrs	5	Bombea directo a Col. Campeche y Ramón Espínola y Colonia 1 y 2
Campeche 3	24 hrs	9	Bombea directo a Tanque elevado Colonial Campeche III, dando agua al Fracc. Colonial Campeche 3, y apoya a Fracc. Los Reyes, Vivah, Tula y Cedros, en horario de 17 a 4hrs.
Concordia 3	24 hrs	7	Inyecta a la red, en tiempo de frío para por las noches. Fracc. Concordia
Esperanza	24 hrs	5	Inyecta al Tanque Esperanza. Col. Esperanza y Ampliación Esperanza

Ex Hacienda Kalá 1	24 hrs	8	Se lleva cárcamo de bombeo llenando Ex Hacienda de Kalá 2. Inyecta a la red de la Col. 20 de Noviembre
Ex Hacienda Kalá 2	-	8	Sin observaciones
Kalá	ND	7	Ninguna
Lavalle Urbina	16 hrs	9	Fracc. Lavalle Urbina, y apoya a las Unidades Hab. Cedro, Reyes, Vivah, Tula y Terranova.
Plan Chac	24 hrs	6	Inyecta a la red a Fracc. Plan Chac y Valle Dorado
Santa Margarita	24 hrs	19	Av. Concordia, Col. México y Col. Esperanza. Inyecta directo al Tanque de la Esperanza y en la ruta deja agua a los Fracc. México, Quinta Los Españoles y Sta. María de Guadalupe.
Siglo XXI-1	-	-	Sin observaciones
Siglo XXI-2	ND	16	Se opera pero no se tiene concesión, ni se derogan gastos.
Siglo XXI-3	16 hrs	16	Inyecta directo al Tanque Superficial Siglo XXI-II que está en el cerro.
Vista Hermosa	24 hrs	9	Fracc. Vista Hermosa y Ramón Espínola Blanco. Directo a red surte a la Col. Vista Hermosa y Colonial Campeche.
Álamos	8 hrs	8	Opera inyectando a la red del Fracc. Álamos
Cumbres	24 hrs	12	Col. Presidentes de México, Reforma y Fracc. Colones
Fénix	24 hrs	4	Opera en función de la demanda del Fracc. Fénix debido a que se controla con variador de velocidad.
Fidel V - 1 Granjas	24 hrs	8	Tanque Gemelos I y II
Fidel V – 2 Secundaria	24 hrs	5	Tanque Gemelos I y II
Fidel V – 3 Seminario	24 hrs	8	Bombea directo a red, Fracc. Fidel Velázquez
Minas	24 hrs	7	Col. Minas (Parte Alta y Baja), Col. Mirador, y Col. Diana Laura
Quinta Hermosa	12 hrs	8	Opera directo a Tanque Quinta Hermosa que se encuentra al lado del pozo y está en función del nivel del mismo. Da agua al Fracc. Quinta Hermosa y Fracc. Montecarlo
San Joaquín	24 hrs	5	Inyecta al Tanque Gemelos II
Solidaridad Nacional	24 hrs	4.5	Inyecta a la red del Fracc. Solidaridad Nacional y Col. Ernesto Zedillo

Lázaro Cárdenas	ND	20	Sin observaciones
Revolución	24 hrs	12	Inyectando a Tanques Gemelos I y II para dar agua de 11 a 18hrs. Parte alta Col. Revolución, de 18 a 5 hrs. Col. Pablo García y Parte baja Col. Revolución. Siguiente día de 18 a 5 hrs. A la Calle 23 y 21 de Col. Revolución y parte de la Col. Ampliación Revolución. Bombeo directo a la red de la Col. Peña y Col. Revolución de 5 a 11 hrs.
Campeche 1	24 hrs	90	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 2	24 hrs	95	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 3	24 hrs	78	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 4	24 hrs	80	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 5	24 hrs	55	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 6	24 hrs	50	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 7	24 hrs	39	Bombeo Canal Cárcamo Aeropuerto y Planta Potabilizadora
Campeche 8	24 hrs	60	Sin obervaciones
Brazo de río (Galería Filtrante)	24 horas alternadas entre los diferentes equipos	300	Abastece tanto a la ciudad de SF de Campeche como al poblado de Chiná.
Conos 1	-	41	Fuera de servicio
Conos 2	24 hrs	55	Bombea a la Planta Potabilizadora y apoya al poblado de Chiná, por 6 hrs.

Nota: ND=No disponible. Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

Figura 6.1 Mapa de distribución de los pozos de agua potable por sectores en la ciudad de San Francisco de San Francisco de Campeche.



Elaboración propia. La información cartográfica base se obtuvo de CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (http://www.inegi.gob.mx). La distribución de pozos fue proporcionado por el organismo operador.

6.2 Inventario y evaluación de la infraestructura disponible

La infraestructura con la que cuenta el SMAPAC para la gestión del recurso agua en la ciudad de San Francisco de Campeche se compone de infraestructura de las fuentes de captación, de rebombeo, conducción y distribución.

El agua extraída del Valle de Santa Rosa es transportada desde la batería de pozos hacia una caja rompedora de presión. Posteriormente se envía todo el caudal acumulado al equipo de rebombeo Aeropuerto y de ahí es transportada por

acueductos hasta diferentes cárcamos y tanques elevados de la ciudad, para finalmente distribuir el agua a usuarios del sur de la ciudad de San Francisco de Campeche (PEAHC, 2012).

El agua extraída de los pozos Galería Filtrante de Chiná es transportada hacia una caja rompedora de presión, que a su vez transporta el agua hacia la antigua planta potabilizadora. Ésta es usada como cárcamo de bombeo y distribuye el agua a otros cárcamos y tanques elevados que finalmente distribuyen el agua al centro y norte de la ciudad (PEAHC, 2012; CONAGUA, 2013b).

6.2.1 Equipos de potabilización, bombeo en captaciones y rebombeo

El estado de Campeche cuenta con dos plantas potabilizadoras de agua en operación, de las cuales una se encuentra en Xpujil y la otra en Palizada, donde realizan procesos de clarificación convencionales, de estas plantas, ninguna distribuye agua a la ciudad de San Francisco de Campeche. (CONAGUA, 2013c). Existe una tercera "planta potabilizadora" en San Francisco de Campeche, pero no funciona como tal, desde hace algunos años es usada únicamente como cárcamo de rebombeo (planta de rebombeo) y para realizar una cloración simple del agua antes de abastecer a los usuarios (CONAGUA, 2013b).

En el valle de Santa Rosa se ubican un total de ocho pozos profundos con equipo de bombeo tipo turbina. La galería filtrante se encuentra equipada con cuatro bombas de turbina con una potencia de 60 H.P. para enviar el agua al tanque "Jardines". La planta de re-bombeo cuenta con tres equipos de tipo horizontal de 150 H.P. y uno de 125 H.P. Adicionalmente cuenta con 6 equipos tipo turbina con 5 bombas de 150 H.P. y una de 125 H.P. También se cuenta con seis rebombeos

con un total de 21 equipos con potencias de 30, 50, 60, 75, 100 y 125 H.P. para enviar el agua a la red de distribución o tanques elevados (SMAPAC, 2012).

6.2.2 Infraestructura de almacenamiento

El SMAPAC cuenta con 25 tanques de almacenamiento y/o regulación: 14 son de tipo elevado y 11 de tipo superficial. El tanque Esperanza es el de mayor capacidad, con 254 m^3, mientras que la capacidad de 11 tanques va de 100 m^3 a 200 m^3, y 8 tanques presentan una capacidad limitada de entre 5 m^3 y 25 m^3. Para 5 tanques no se cuenta con datos de capacidad y 4 se encuentran fuera de servicio (CONAGUA, 2013b).

Es pertinente mencionar que dichos tanques no son exclusivos de almacenamiento, y no existen registros puntuales de cuánta agua podrían almacenar en conjunto los tanques, debido a la carencia de registros de capacidad para el 20% de la infraestructura de almacenamiento (CONAGUA, 2013b).

La red de conducción, responsable de la interconexión de las fuentes de abastecimiento con la red de distribución y con los tanques de almacenamiento y regulación, está formada por 28.875 km de tubería (CONAGUA, 2013b).

6.2.1 Infraestructura de distribución

La infraestructura de distribución se compone de 722.19 km de tubería, la cual presenta diámetros de entre 2 y 24 pulgadas. La tubería de 3 pulgadas de diámetro es la más utilizada en la red de distribución, representando más del 70% de su infraestructura (Tabla 6.3, Figura 6.2) (CONAGUA, 2013b).

La red de distribución opera dividida en 3 zonas, a pesar de no contar con una sectorización bien definida. La zona oriente cuenta una red de tuberías de 3, 4 y 8 pulgadas de diámetro. Adicionalmente, el suroriente cuenta con una línea de

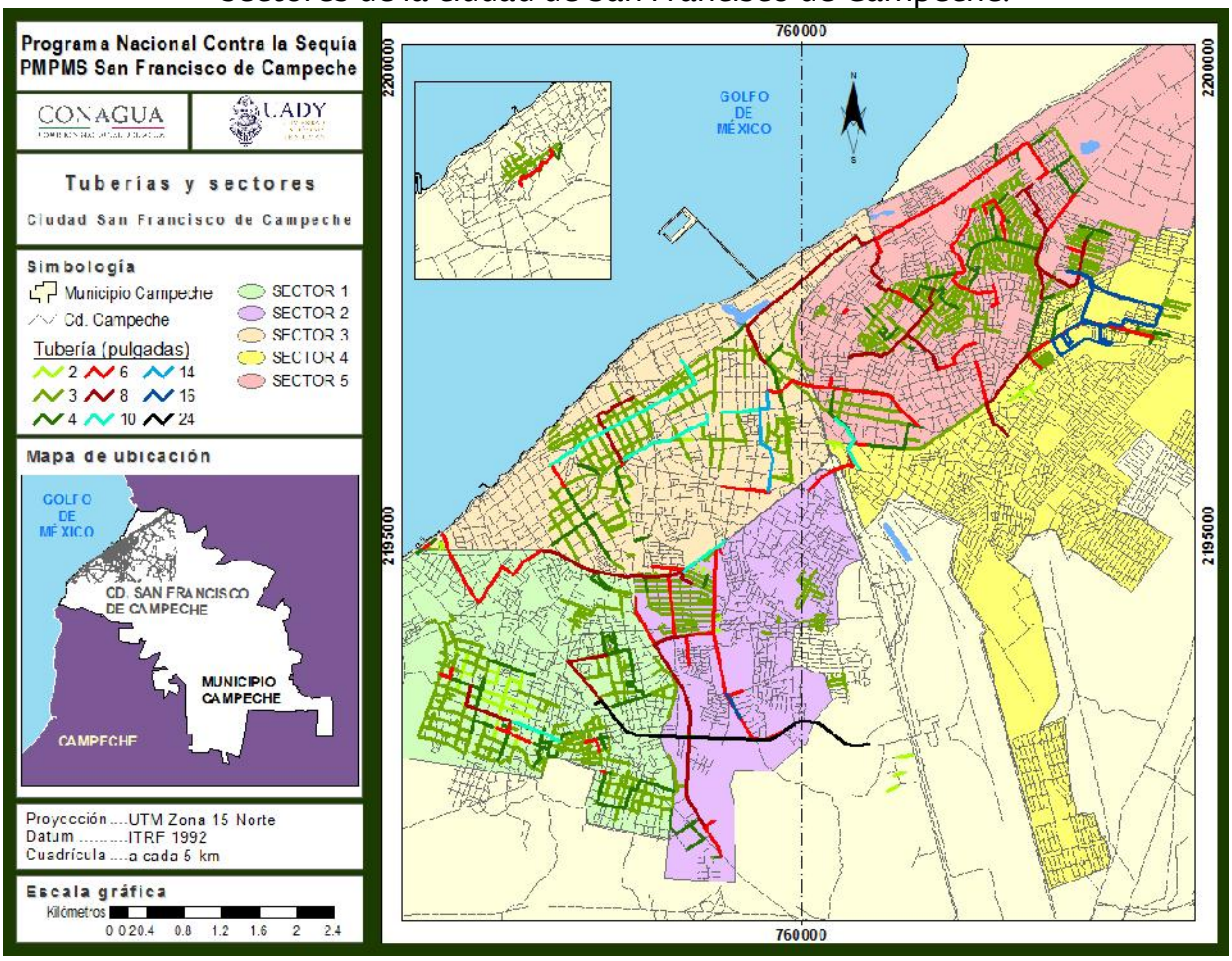
refuerzo de 12 pulgadas de diámetro. La zona centro y norponiente cuentan con una red local de tuberías de 3, 4, 8, 10, 12 y 14 pulgadas de diámetro, y cuentan con líneas de conducción de 24 y 36 pulgadas de diámetro. La zona sur poniente cuenta con tuberías de 3, 4 y 8 pulgadas de diámetro (CAPAE, 2010).

Tabla 6.3. Características de la red de distribución de la ciudad de San Francisco de Campeche.

Diámetro de la tubería (pulgadas)	Longitud (km)	Porcentaje (sólo conducción) (%)
2	21.88	3
2.5	9.97	1.4
3	511.24	70.8
4	65.17	9
6	41.15	5.7
8	34.05	4.7
10	18.07	2.5
12	9.43	1.3
14	6.82	0.9
16	1.33	0.2
18	2.49	0.3
24	0.58	0.1

Fuente: CONAGUA, 2013b.

Figura 6.2 Mapa de distribución de red de tuberías de conducción y de los sectores de la ciudad de San Francisco de Campeche.



Elaboración propia. La información cartográfica base se obtuvo de CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) e INEGI (http://www.inegi.gob.mx). La distribución y tamaño de tuberías fue proporcionado por el organismo operador.

En cuanto al estado de conservación de las tuberías, en la zona de centro y barrios las tuberías tienen aproximadamente 60 años de antigüedad, en Fovistes y colonias populares tienen de 25 a 20 años de antigüedad, y en zonas de más reciente construcción como el área de Ah-Kim-Pech, Fundadores, y el fraccionamiento Nueva Creación, las tuberías tienen 15 años o menos de antigüedad (Tabla 6.4).

Tabla 6.4 Estado de conservación de la red de tuberías de la ciudad de San Francisco de Campeche.

Zona	Años de antigüedad	Material con el que están hechas		Problemas que presenta
		Tubería	Piezas especiales	
Centro y barrios tradicionales	60años	Asbesto-cemento	Fierro fundido	Demérito de edad 200% Demérito de conservación 100%
Fovistes, Fovi, Infonavit, Invicam, etc.	25 años	P.V.C.	Fierro fundido	Demérito de edad 80% Demérito de conservación 20%
Colonias populares	20 años	P.V.C.	P.V.C y Fierro fundido	Demérito de edad 60% Demérito de conservación 80%
Área Ah-Kim-Pech y Fundadores	15 años	P.V.C.	P.V.C y Fierro fundido	Se considera en buenas condiciones
Fraccionamientos Nva. Creación.	Menor de 15 años	P.V.C.	P.V.C y Fierro fundido	Se considera en buenas condiciones

Fuente: SMAPAC, 2015. P.V.C.= Policloruro de vinilo.

6.2.2 Infraestructura de drenaje, recolección, tratamiento y reúso de aguas residuales

6.2.2.1 Drenaje

En San Francisco de Campeche 60,931 de 61,875 viviendas particulares habitadas cuentan con servicio de drenaje (INEGI 2010b), lo cual representa el 98.47% de cobertura. Para el cálculo de este indicador es importante aclarar que se toma en cuenta tanto a la población atendida con sistema de drenaje, así como las viviendas que poseen fosas sépticas. Para el caso de la ciudad de San Francisco de Campeche, según CONAGUA en su publicación anual "Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento" (2014), se reporta un 0% de población atendida con servicio de drenaje, así que se infiere que el 98.47% reportado por INEGI hace referencia a población con fosa séptica en su vivienda.

6.2.2.2 Tratamiento y reúso de aguas residuales

Para el año 2014 la ciuda+d de San Francisco de Campeche cuenta con un total de 15 plantas de tratamiento de aguas residuales con un capacidad instaladas de 114 l/s, en las que se obtiene un caudal tratado de 101 l/s (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Capacidad histórica del servicio de tratamiento de aguas residuales de San Francisco de Campeche (2009-2014).

Indicador	2009	2010	2011	2012	2013	2014*
Número de plantas de tratamiento	14	15	18	18	14	15
Capacidad instalada (l/s)	96	98.5	128.5	128.5	102	114
Caudal tratado (l/s)	66	68.5	114.5	114.5	91	101

Nota: *Información proporcionada por el SISBA de la CONAGUA. Fuente: CONAGUA, 2007, 2009, 2010, 2011b, 2012b, 2013c.

El tipo de proceso que utilizan la mayoría de las plantas de Campeche (8) es el de lodos activados. Dos plantas de tratamiento utilizan el proceso de reactor enzimático y la restante es de tipo primario avanzado (Tabla 6.6). Las aguas residuales tratadas no son reusadas, se inyectan directamente al subsuelo o acuífero (CONAGUA, 2013c).

Tabla 6.6. Plantas de tratamiento de la ciudad de San Francisco de Campeche (2014).

Nombre de la planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Observaciones
Ex Hacienda Kala	Lodos activados	22	20	Ninguna
Quinta Hermosa	Lodos activados	5	5	Entregada al Ayuntamiento para su operación
Arboledas	Lodos activados	3	3	Entregada al ayuntamiento para su operación
Presidentes de México, Fraccionamiento Reforma y Villa Naranjos	Lodos activados	12	8	Operada por el H. Ayuntamiento.
Samulá	Lodos activados	3	3	Operada por el H. Ayuntamiento de Campeche
Siglo XXI	Lodos activados	20	17	En 2010-2011 se cambió el proceso a lodos activados
VivaH99	Lodos activados	3	3	Operada por el H. Ayuntamiento.
Palmas III	Lodos activados	3	3	Operada por el H. Ayuntamiento.
FOVISSSTE Belem	Reactor enzimático	5	5	Se rehabilitó en 2004
Pablo García	Lodos activados	5	3	La opera el municipio
Villas de Ah-Kim-Pech	Lodos activados	3	3	Inicialmente era un tanque séptico.
La Novia del Mar	Primario Avanzado	10	10	Rehabilitada en 2010-2011 con APAZU y se cambió el proceso a lodos activados
INFONAVIT Lindavista	Reactor enzimático	5	3	Se rehabilitó en 2004
Fraccionamiento Solidaridad Nacional	Lodos activados	5	5	Es un tanque séptico.
Fraccionamiento Plan Chac	Filtros Biológicos	10	10	Se rehabilitó y estabilizó y entró en operación en sept. 2014.
Totales	-	114	101	-

Fuente: Información proporcionada por el SISBA de la CONAGUA.

6.3 Recursos disponibles (caudales y volúmenes de producción)

Para el año 2014, la ciudad de San Francisco de Campeche cuenta con 43 en operación para el abastecimiento de agua potable, cuya capacidad instalada corresponde a 1490 l/s. Ha habido una tendencia de aumento desde el 2011 al 2014 en cuanto al caudal producido, el cual para el año 2014 fue de 1,362 l/s (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Cobertura de macromedición en las fuentes de abastecimiento para San Francisco de Campeche (2011-2014).

			2011	2012	2013	2014
Caudal producido (l/s)			1,007	1,007	1,086.5	1,362
Fuentes de abastecimiento	**En operación**		41	36	36	43
	Fuera de operación		0	7	7	6
	Capacidad instalada (l/s)		1,496	1,496	1,340.5	1,490
	Macromedición	**Funciona (Unidad)**	2	2	2	N.D.

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC. N.D.= no determinado.

En relación a la capacidad instalada para cada fuente de abastecimiento para la ciudad de San Francisco de Campeche en el 2014 (Tabla 6.8) se puede observar que el Sistema Valle Santa Rosa y el sistema conformado por pozos independientes cuentan con una capacidad instalada de 547 l/s cada uno; seguido de la zona Galería filtrante con 300 l/s y los Conos I y II con 96 l/s.

Tabla 6.8. Capacidad instalada para cada fuente de abastecimiento para San Francisco de Campeche (2014).

Zona	Capacidad instalada (l/s)	Porcentaje (%)
Galería filtrante	300	20.13
Sistema Valle Santa Rosa	547	36.71
Conos I y II	96	6.44
Pozos independientes	547	36.71
Total	1,490	100

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

Con relación al número de pozos de cada una de las zonas de captación de la ciudad de San Francisco de Campeche (Tabla 6.9), se muestra que el Sistema

Santa Rosa cuenta con una batería de ocho pozos, dos conos filtrantes, la galería filtrante, y se cuenta con una red de 30 pozos independientes dispersos en la ciudad. La mayor capacidad instalada y producida corresponde a las zonas de Sistema de Valle de Santa Rosa y Pozos independientes, seguidos de la zona de Galería Filtrante y Conos.

Tabla 6.9. Capacidad instalada de las zonas de captación de la ciudad de San Francisco de Campeche (2014).

Zona de captación	Numero de pozos	Capacidad instalada (l/s)	Capacidad producida (l/s)
Sistema Valle Santa Rosa	8	547	547
Galería Filtrante	1	300	300
Conos	2	96	96
Pozos independientes	32	547	419
Total	43	1,490	1,362

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

La variabilidad del agua producida anual en la Ciudad de San Francisco de Campeche ha sido muy poca en los últimos cuatro años, ya que se redujo de 47.18 Hm^3/año en 2011 a 46.99 Hm^3/ año en 2014 (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Volumen de agua producida y estimación de pérdida en la ciudad de San Francisco de Campeche.

Año	2011	2012	2013	2014
Volumen de agua producida (introducida al sistema) (Hm^3/año)	47.18	47.18	42.27	46.99
Volumen de agua suministrada (micromedida o estimada) (Hm^3/año)	28.78	26.89	22.83	19.27
Estimación de pérdida de agua en la red	0.39	0.43	0.46	0.59
Captación *per capita* (producción/población servida) (l/hab/día)	499.04	499.04	447.17	497.04

Nota: l/hab7día=litros/habitante/día; El valor de la estimación de pérdidas se calculó a partir de la diferencia con respecto a la eficiencia física reportada por la publicación "Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento" para el año respectivo. El valor del agua suministrado se calculó basado en el la estimación de la pérdida en la red y el volumen producido. Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

Por lo contrario, la estimación de la pérdida de agua en la red se ha ido incrementando de 39% para el año 2011 a 59% para el año 2014, esto se ve reflejado en la cantidad de agua suministrada a los usuarios, cifra que bajó de 28.78 a 19.27 Hm3 para los mismos años previamente mencionados. La captación *per capita* se calcula a partir de la división del volumen producido entre la población servida, cuya variación ha sido mínima, obteniéndose un valor de 497.04 l/hab/día para el año 2014 (Tabla 6.10).

En la

Tabla **6.11** se puede observar la variación mensual del volumen total de agua producido para la ciudad de San Francisco de Campeche, destaca que agosto es el mes con mayor volumen producido, con 4.00 Hm^3, mientras que febrero el mes con menor volumen producido con 3.60 Hm^3. Para el resto de los meses del año, el volumen producido varía entre 3.86 y 3.99 Hm^3.

Tabla 6.11. Volumen producido mensual de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche por tipo de usuario (2014) (Hm^3).

Usuario	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Ciudad de San Francisco de Campeche	3.99	3.6	3.99	3.86	3.99	3.86	3.99	4.00	3.86	3.99	3.86	3.99	46.99

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

6.4 Estado del servicio de agua potable

6.4.1 Calidad del agua

Para medir la calidad del agua suministrada, se cuenta con un Laboratorio de Calidad del Agua, en donde se realizan ciertas pruebas bacteriológicas y fisicoquímicas al agua que llega a la antigua planta potabilizadora (CONAGUA, 2013b).

Con los resultados del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua de Corrientes Subterráneas obtenidos de muestras de agua del Sistema Chiná (Galería filtrante) en el periodo comprendido del 2000-2011, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 6.12; en ella se comparan los resultados obtenidos, con los límites permisibles establecidos por la Ley de Derechos. Uso para Fuentes de Abastecimiento para Servicio Público (valor de referencia 1) y por la NOM-127-SSA1-1994 (valor de referencia 2).

Tabla 6.12. Parámetros de calidad del agua potable del Sistema Chiná (Galería filtrante).

Parámetro		Valor Obtenido	Valor de referencia 1	Valor de referencia 2
Potencial de Hidrógeno (pH)	Campo	6.85	6-9	6.85-8.5
	Laboratorio	7.06		
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Laboratorio	3.84	4.0	-
Conductividad eléctrica	Campo	1,583.91	-	-
	Laboratorio	1,615.82		
Alcalinidad total (mg/l)	Laboratorio	302.93	400	-
Cloruros (mg/l)	Laboratorio	285.38	250	250
Sulfatos (mg/l)	Laboratorio	53.82	250	400
Fosfatos	Laboratorio	0.037	0.1	-
Sólidos disueltos totales (mg/l)	Laboratorio	948	500	1,000
Coliformes totales (NMP/100ml)	Laboratorio	<3	N.E.	Ausencia
Coliformes fecales (NMP/100ml)	Laboratorio	<3	1000	Ausencia

N.E.: No se especifica; NMP= Número más probable. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por SMAPAC. *Referencia 1: Ley de Derechos. Uso para Fuentes de Abastecimiento para Servicio Público; Referencia 2: NOM-127-SSA1-1994. Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

Las muestras de agua de este sistema cumplen con todos los parámetros evaluados, presentando un pH de 6.85 y 7.06 obtenidos en campo y laboratorio, respectivamente; un valor de oxígeno disuelto de 3.84 mg/l; una conductividad

eléctrica de 1,583.91 y 1,615.82 medida en campo y laboratorio respectivamente; una alcalinidad total de 302.93 mg/l. Los valores de cloruros, sulfatos y fosfatos obtenidos fueron de 285.38, 53.82 y 0.037 mg/l respectivamente. Por otro lado se reportan valores de 948 mg/l de sólidos disueltos y un valor de <3 NMP/100 ml para coliformes totales y coliformes fecales.

6.4.1.1 Continuidad y extensión del servicio

En cuanto a la continuidad en el servicio de agua potable por usuario en la ciudad de San Francisco de Campeche para el año 2014 (Tabla 6.13), el mayor número de tomas corresponde a las domiciliarias, seguido de las comerciales, residenciales y finalmente las industriales. El 100% de las tomas comerciales e industriales presentan un servicio continuo, mientras que para las tomas residenciales un 90% presenta dicho tipo de servicio y solamente el 60% de las tomas domiciliarias cuentan con el servicio continuo.

Tabla 6.13. Continuidad en el servicio de agua potable por usuarios en la ciudad de San Francisco de Campeche (2014).

Tomas	Número total de tomas	Número de tomas con SC	Porcentaje de usuarios con SC (%)
Domiciliarias	61,742	37,490	60.72
Comerciales	10,213	10,213	100
Residenciales	3,571	3,234	90.56
Industriales	113	113	100
Totales	75,544	51,050	67.58

Nota: SC= Servicio continuo: Servicio ininterrumpido 24 horas/365 días al año. Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

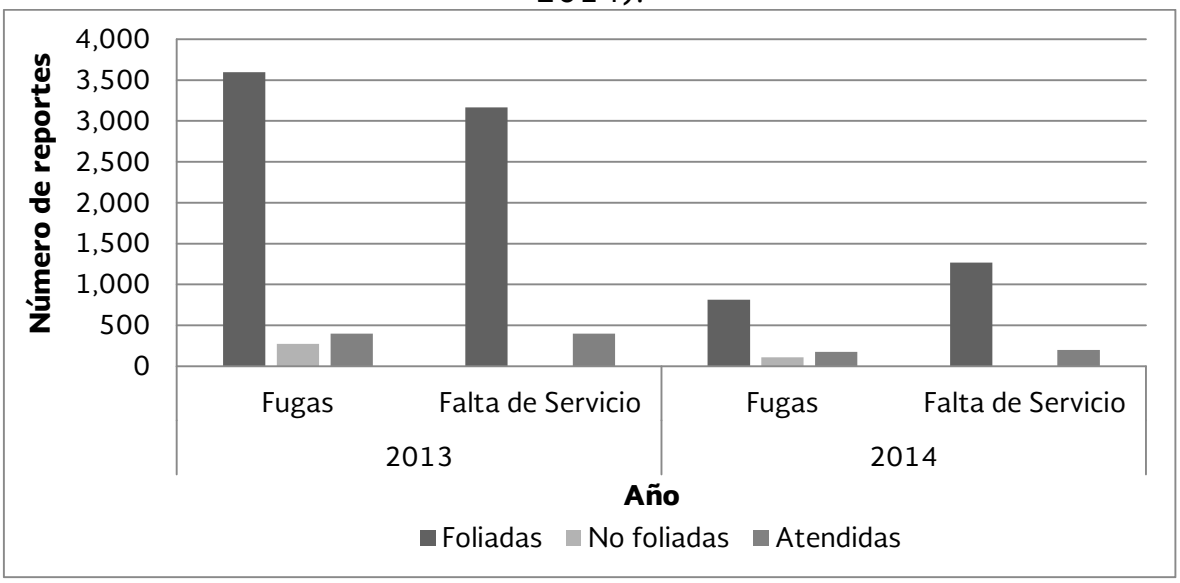
6.4.1.2 Atención a clientes

Para el reporte de fugas y faltas en el servicio, el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC) cuenta con una ventanilla de atención a clientes en sus oficinas. Este reporte también se puede hacer vía telefónica, en

ocasiones los clientes reportan sus fugas y faltas en el servicio directamente con el personal del organismo en campo durante sus horas de servicio.

En cuanto a la atención a clientes, los reportes de quejas atendidas por el SMAPAC sobre fugas y falta de servicio para el año 2014 han disminuido con relación al año 2013 (Figura 6.3). La mayoría de las quejas son foliadas, las cuales se realizan mediante la solicitud directa al departamento de atención a clientes de SMAPAC. La menor cantidad de quejas corresponde a las no foliadas que se realizan a través de solicitud vía telefónica, las quejas atendidas hacen referencia a las que se solucionan directamente por el personal en horas de servicio.

Figura 6.3. Reportes de quejas de clientes atendidas por el SMAPAC (2013-2014).



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

El total de tuberías sustituidas y reparadas por el SMAPAC para el año 2014 corresponde a 2,813.5 y 529.1 m respectivamente (Tabla 6.14). En los meses de junio, julio y agosto hubo una mayor sustitución de tuberías, mientras que en los meses de enero y febrero la sustitución fue mínima. En los meses de enero, julio y

junio hubo una mayor reparación de tuberías, mientras que en septiembre y diciembre la reparación fue mínima.

Tabla 6.14. Tuberías sustituidas y reparadas por el SMAPAC (2014).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Sustitución de tuberías (m)	70.5	88	230	209	172	505	450	435	167	235	111	141	2,813.5
Reparación de tuberías (m)	67.6	46	34	32.5	42	55	70	51	28	45	34	24	529.1

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

7 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA/CONSUMO DE AGUA

7.1 Análisis de la demanda

7.1.1 Cobertura

La cobertura de agua potable en la ciudad de Campeche es del 100% con una continuidad del servicio del 67% (SMAPAC, 2014). Al 2014, la cobertura de la macromedición es del 14% y de la micromedición sólo se contempla en los principales usuarios comerciales (SMAPAC, 2014).

7.1.2 Usuarios

El número de clientes del SMAPAC para el año 2014 es de 75,544 (Tabla 7.1). Se observa una tendencia de aumento desde al año 2010 al 2014, con excepción del año 2012 donde se observa un ligero decremento.

Tabla 7.1. Número de clientes del SMAPAC (2010-2014).

	2010	2011	2012	2013	2014
Número de clientes	72,381	74,437	73,328	74,485	75,544

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

En relación a las tomas de agua por tipo de usuario para el año 2014 (Tabla 7.2), la mayoría de las tomas corresponden al tipo doméstica, seguidos por el residencial, comercial y finalmente industrial. Para el período del 2010 al 2013 la mayoría de las tomas corresponden también al uso doméstico, seguidos por el uso comercial, posteriormente el residencial y finalmente las tomas industriales.

Tabla 7.2. Tomas de agua por tipo de usuario (2014).

Tipo de toma	2010	2011	2012	2013	2014
Doméstica	65,484	66,952	66,944	67,901	61,742
Comercial	3,576	3,755	3,136	3,241	3,571
Residencial	3,126	3,200	3,074	3,207	10,118
Industrial	135	135	147	136	113
Total	72,381	74,437	73,328	74,485	75,544

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

La micromedición es el número de micro-medidores en funcionamiento con respecto al número total de tomas. Es un requisito para la facturación y la cobranza y se relaciona con el uso eficiente del agua.

En cuanto a las tomas de agua potable con medidor instalado en Campeche en el año 2014 (Tabla 7.3), se cuenta con 90 y 35 tomas de agua potable con medidor instalado para los sectores comercial e industrial, respectivamente. El volumen estimado para las tomas domésticas es de 17,338,808, mientras que para los sectores comercial, residencial e industrial es de 963,267, 385,307 y 345,135 m^3, respectivamente.

Tabla 7.3. Tomas de agua potable con medidor instalado en Campeche (2014).

Tipo de toma	Tomas de agua potable		Volumen (m^3)	
	Con medidor	Sin medidor	Medido	Estimado
Doméstica	0	61,742	0	17,338,808
Comercial	90	3,481	0	963,267
Residencial	0	10,118	0	385,307
Industrial	35	78	232,825	345,135
Total	125	75,419	232,825	19,032,517

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

El volumen medido/estimado y el volumen facturado para las tomas de agua potable registradas en la Ciudad de San Francisco de Campeche son los mismos (19,265,342 m^3) (Tabla 7.4). El consumo por toma es mayor en las tomas de tipo industrial (5,114.69 m^3/año) y menor en las tomas de tipo residencial (38.08 m^3/año).

Tabla 7.4. Volumen facturado y consumo por tipo de toma para la Ciudad de San Francisco de Campeche.

Tipo de toma	Tomas de agua potable registradas	Volumen medido/estimado (m^3)	Volumen facturado (m^3)	Consumo por toma (m^3/año)
Doméstica	61,742	17,338,808	17,338,808	280.82
Comercial	3,571	963,267	963,267	269.74
Residencial	10,118	385,307	385,307	38.08
Industrial	113	577,960	577,960	5,114.69
Total	75,544	19,265,342	19,265,342	N/A

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

En relación con la facturación promedio de agua potable por tipo de usuario en la Ciudad de Campeche del 2011 al 2014 (Tabla 7.5), se observa una tendencia general de decremento de la facturación anual promedio de todos los tipos de tomas y en la total, con las excepciones de la facturación anual promedio de las tomas de tipo comercial en el año 2013 con relación al año 2012 y la promedio anual de las tomas tipo industrial en el año 2014 con relación al año 2013, en la cual se observa un aumento.

Tabla 7.5. Facturación anual promedio de agua potable por tipo de usuario en la ciudad de Campeche (m^3/año).

Tipo de toma	2011	2012	2013	2014
Doméstica	25,155,834	24,048,522	19,874,584	17,338,808
Comercial	2,299,857	1,068,823	1,104,144	963,267
Residencial	1,198,225	1,068,823	1,104,144	385,307
Industrial	124,576	705,210	745,093	577,960
Total	28,778,492	26,891,378	22,827,964	19,265,342

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

En la Tabla 7.6 se presentan los cinco principales usuarios de agua potable de la ciudad de San Francisco de Campeche. Para el uso comercial el principal usuario es la Comisión Federal de Electricidad con un consumo anual de 65,048 m^3, mientras que para el uso industrial la plaza Galerías es el principal usuario con un total de 57,246 m^3 anuales.

Tabla 7.6. Principales usuarios de agua potable en la ciudad de Campeche.

Nombre	Consumo (m^3/año)
Uso industrial	
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	65,048
Hielo San Bartolo	7,141
Panificadora La Nueva España	1,936
Fábrica de Té San Francisco	973
The Reca	384
Uso comercial	
Plaza Galerías	57,246
Autobuses de Oriente (ADO)	12,370
Comercial Mexicana	12,000
Pemex Refinación	4,858
Lavandería Tinto Rey	2,461

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por SMAPAC.

7.1.3 Consumo per capita

Para la estimación del consumo *per capita* es importante mencionar que el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPAC) de la ciudad de San Francisco de Campeche da servicio de agua potable a las localidades conurbadas de Chiná y Lerma, por lo que para el cálculo se tomó en cuenta una población total de 259,005 habitantes para el año 2014. Este valor se obtuvo a partir de los indicadores de gestión proporcionados por SMAPAC.

Con relación al consumo y dotación *per capita* para la ciudad de San Francisco de Campeche en el año 2014 se considera por el organismo operador en sus indicadores de gestión una población de 259,005 habitantes (Tabla 7.7), y se obtiene un volumen producido de 46.99 Hm^3, un volumen facturado de 19.27 Hm^3, mientras que la dotación y el consumo *per capita* corresponden a 181.42 y 74.38 m^3/hab/año respectivamente.

Tabla 7.7. Consumo y dotación *per capita* para la ciudad de San Francisco de Campeche (2014).

Año	Volumen producido (Hm^3)	Volumen facturado (Hm^3)	Población (No. de habitantes)	Dotación *per capita* (m^3/hab/año)	Consumo *per capita* (m^3/hab/año)
2014	46.99	19.27	259,005	181.42	74.38

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por SMAPAC.

7.1.4 Eficiencia del organismo operador de agua

7.1.4.1 Eficiencia física

La eficiencia física es un indicador que resulta de dividir el volumen facturado de agua entre el volumen producido, éste permite identificar la capacidad administrativa (en facturación y medición) del sistema operador, así como el uso sostenible del agua que permita minimizar las pérdidas (CONAGUA 2005, 2006, 2010b).

En cuanto a la eficiencia física del SMAPAC en Campeche para el periodo del 2011 al 2014 (Tabla 7.8), se observa un aumento en el volumen producido (con la excepción del año 2013 en relación al año 2012).

Tabla 7.8. Eficiencia física del SMAPAC en Campeche (2011-2014).

	2011	2012	2013	2014
Producción (Hm^3/año)	47.18	47.18	42.27	46.99
Volumen facturado (Hm^3/año)	28.78	26.90	22.83	19.26
Eficiencia física (%)	61	57	54	41

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

7.1.4.2 Eficiencia comercial

La eficiencia comercial se mide dividiendo el volumen cobrado entre el volumen facturado y resulta un indicador del desempeño de los sistemas operadores de agua en aspectos administrativos y gerenciales.

Con respecto a la eficiencia comercial del SMAPAC en Campeche para el periodo del año 2011 al año 2014 (Tabla 7.9), se observa un aumento en el volumen cobrado (con la excepción del año 2013 en relación al año 2012) y un decremento en el volumen facturado. Sin embargo, se registra un aumento general de la eficiencia comercial, siendo de 12% para el 2011 y de 73% para el 2014.

Tabla 7.9. Eficiencia comercial del SMAPAC en Campeche (2011-2014).

	2011	**2012**	**2013**	**2014**
Volumen facturado (Hm^3)	28.78	26.89	22.83	19.26
Volumen cobrado (Hm^3)	3.45	14.25	12.10	14.06
Cobranza (%)	12	53	53	73

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

7.1.4.3 Eficiencia global

Este indicador engloba la eficiencia física y comercial del organismo operador, indica la relación entre la eficiencia física y la eficiencia comercial. La eficiencia global del SMAPAC en Campeche para los años del 2011 al 2014 (Tabla 7.10) presenta un aumento de manera general, con excepción del año 2013 con relación al 2012 en donde hubo un decremento.

Tabla 7.10. Eficiencia global del SMAPAC en Campeche.

	2011	**2012**	**2013**	**2014**
Eficiencia global (%)	7.32	30.21	28.62	29.93

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

7.1.4.4 Productividad

El número de tomas por empleado es un indicador de eficiencia de los sistemas operadores de agua potable. Para el año 2009 se tenían 2.74 empleados por cada 1,000 tomas. Para el año 2014 este número aumentó a 3.21 empleados (Tabla 7.11). El número de empleados ha aumentado de 187 en 2009 a 240 en 2014. Sin embargo, el número de tomas de agua potable registradas

también ha presentado un aumento, de un total de 68,330 en 2009 a un total de 75,544 en 2014.

Tabla 7.11. Número de tomas de agua potable registradas y número de empleados por cada mil tomas en Campeche (2009-2014).

	Tipo de toma	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tomas de agua potable registradas	Doméstica	62,346	65,484	66,952	66,940	67,901	61,742
	Comercial	3,139	3,576	3,755	3,163	3,241	3,571
	Residencial	2,700	3,126	3,200	3,074	3,207	10,118
	Industrial	145	195	135	147	136	113
	Total	68,330	72,381	74,042	73,328	74,485	75,544
Número de empleados	Total	187	194	204	249	240	240
	Por cada 1,000 tomas	2.74	2.68	2.75	3.39	3.22	3.21

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

Para el año 2014 se tuvo un volumen de producción de 46.99 Hm^3 y un volumen recaudado de 14.06 Hm^3. Los ingresos anuales por servicios y los egresos anuales de gasto corriente se mantienen constantes del 2011 al 2013. Sin embargo, para el 2014 hay una reducción de éstos. En relación a los costos unitarios, se observa una tendencia general de aumento en todos los años tanto para costos por toma y por producción. Los ingresos unitarios presentan variación en todos los años, con excepción del ingreso promedio de 2011 y 2012 que se mantuvo constante.

Tabla 7.12. Costo unitario de producción y precio de venta promedio en San Francisco de Campeche.

		2011	2012	2013	2014
Tomas de agua		74,042	73,328	74,485	75,544
Volumen anual	**Producción (Hm^3/año)**	47.18	47.18	42.27	46.99
	Volumen recaudado (Hm^3/año)	3.45	14.25	12.10	14.06
Ingresos anuales por servicios ($)		66,924,181	66,924,181.00	66,924,181.00	23,004,007.00
Egresos anuales gasto corriente ($)		65,167,332	65,167,332.00	65,167,332.00	63,316,841.76
Costos unitarios	**Costo por toma ($/toma)**	880.14	863.47	984.67	1,176.78
	Costo producción ($/$m^3$)	1.38	1.38	1.50	1.56
Ingresos unitarios	**Ingresos por toma ($/toma)**	903.87	313.71	594.99	572.41
	Ingreso promedio ($/$m^3$)	1.42	1.42	0.54	0.94
	Ingreso venta ($/$m^3$)	18.87	4.57	5.23	5.22

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

7.1.5 Tarifas

En relación a las tarifas de cuota fija mensual histórica para la ciudad de Campeche, para el periodo comprendido entre los años 2006 y 2014 (Tabla 7.13), ha habido un aumento en las cuotas de todos los tipos de tarifa para todos los tipos de toma, tanto domésticas como industrial y comercial. Sin embargo la cantidad en pesos de aumento de la cuota de un año a otro varía dependiendo del tipo de tarifa, así como el tipo de toma y la zona. Así, las tomas comercial e industrial presentan mayor cantidad de pesos de aumento de una tarifa a otra en diferentes años en comparación con las cuotas de las tomas domiciliarias. Y el aumento de la cuota de

tomas tipo domiciliaria entre un año y otro depende del tipo de tarifa. Las tarifas bajas aumentan en menor proporción a las tarifas altas.

Tabla 7.13. Tarifas de cuota fija mensual histórica para el municipio de Campeche.

Tipos de tarifa	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Domésticos									
ZONA 1									
1/1 Baja	2.50	2.50	3.00	3.45	3.71	4.18	4.66	5.16	6.00
3/1 Media	7.00	7.00	8.40	9.66	10.38	11.70	11.70	14.44	17.00
4/1 Alta	15.00	15.00	18.00	20.70	22.25	25.09	25.09	30.97	36.00
ZONA 2									
1/1 Baja	15.00	15.00	18.00	20.70	22.25	25.09	27.98	30.97	36.00
3/1 Media	26.00	26.00	31.00	35.88	38.57	43.49	48.50	53.68	62.00
4/1 Alta	45.00	45.00	54.00	62.10	66.76	75.27	83.95	92.92	108.00
SAMULA									
Parte Alta	11.00	11.00	13.20	15.18	16.32	18.40	20.52	22.71	27.00
Parte Baja	22.00	22.00	26.40	20.36	32.64	36.80	41.04	45.42	53.00
COMERCIAL/INDUSTRIAL									
5/2	56.60	56.60	67.90	78.09	83.95	94.65	105.56	116.83	134.87
5/3	150.50	150.50	180.50	207.58	223.15	251.60	280.61	310.58	358.59
5/4	207.00	207.00	248.40	285.66	307.08	346.23	386.15	427.39	493.17
5/5	357.50	357.50	428.40	492.66	529.61	597.14	665.99	727.12	851.75
5/6	687.00	687.00	824.40	948.06	1,019.16	1,149.10	1,281.59	1,418.46	1,636.76
5/7	*	*	2,089.20	2,402.58	2,528.77	2,912.07	3,247.83	3,594.70	4,095.00

Nota: Cifras en pesos corrientes. * Para estos años no existían estás tarifas. Fuente: CONAGUA, 2013b.

La variación porcentual de las tarifas de agua por consumo doméstico de Campeche para el periodo comprendido entre los años 2007 y 2014 (Tabla 7.14) presentan cambio de un año a otro en todos los años. La mayoría de las tomas presentan diferencias de la variación porcentual entre los tipos de tarifa, con excepción de Lerma, Zona 2 y las tomas comercial e industrial donde la mayor cantidad de las variaciones porcentuales permanecen constantes.

Tabla 7.14. Variación porcentual de las tarifas de agua por consumo doméstico de Campeche.

Tipos de Tarifa	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Domésticos								
Zona 1								
1/1 Baja	0.00	20.00	15.00	7.54	12.67	11.48	10.73	16.28
3/1 Media	0.00	20.00	15.00	7.45	12.72	0.00	23.42	17.73
4/1 Alta	0.00	20.00	15.00	7.49	12.76	0.00	23.44	16.24
Zona 2								
1/1 Baja	0.00	20.00	15.00	7.49	12.76	11.52	10.69	16.24
3/1 Media	0.00	19.23	15.74	7.50	12.76	11.52	10.68	15.50
4/1 Alta	0.00	20.00	15.00	7.50	12.75	11.53	10.68	16.23
Samulá								
Parte Alta	0.00	20.00	15.00	7.51	12.75	11.52	10.67	18.89
Parte Baja	0.00	20.00	-22.88	60.31	12.75	11.52	10.67	16.69
Comercial/Industrial								
5/2	0.00	19.96	15.01	7.50	12.75	11.53	10.68	15.44
5/3	0.00	19.93	15.00	7.50	12.75	11.53	10.68	15.46
5/4	0.00	20.00	15.00	7.50	12.75	11.53	10.68	15.39
5/5	0.00	19.83	15.00	7.50	12.75	11.53	9.18	17.14
5/6	0.00	20.00	15.00	7.50	12.75	11.53	10.68	15.39
5/7	-	-	15.00	5.25	15.16	11.53	10.68	13.92

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por SMAPAC.

8 BALANCE DE AGUA Y EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA

8.1 Balance de agua

Con respecto al balance de agua producida del sistema de abastecimiento de la ciudad de San Francisco de Campeche (Tabla 8.1), se tiene un volumen procesado de agua de 46.99 Hm^3, de los cuales se pierde un volumen de 32.93 Hm^3. Se realiza la conducción, producción, distribución y facturación de todo el volumen procesado y se realiza la cobranza de 14.06 Hm^3.

Tabla 8.1. Balance de agua producida del sistema de abastecimiento de la ciudad de San Francisco de Campeche para (2014).

Volumen	Captación	Conducción	Producción (desinfección)	Distribución	Facturación	Cobranza
Procesado (Hm^3)	46.99	46.99			19.27	14.06
Perdido (Hm^3)	0	27.72			5.21	0

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

8.2 Capacidad de abasto y capacidad instalada

En relación a la capacidad de abasto para la ciudad de San Francisco de Campeche para el periodo comprendido entre los años 2010 al 2014 (TABLA 8.2), se tiene que el volumen producido se ha mantenido más o menos contante (con excepción del 2012 y 2013). Del año 2010 al 2013 se observa un decremento en el volumen consumido, pero incrementa para el año 2014. Los valores de la capacidad instalada corresponden con los valores de volumen producido, por tanto se tiene una razón de producción sobre capacidad de 1.00 para todos los años. En cuanto a la razón de consumo sobre capacidad, del 2010 al 2013 hay un decremento, pero incrementa en el año 2014.

Tabla 8.2. Capacidad de abasto para la ciudad de San Francisco de Campeche.

Años	Volumen producido (Hm^3) A	Volumen consumido (Hm^3) B	Capacidad instalada (Hm^3) C	Razón de producción sobre capacidad (A/C)	Razón de consumo sobre capacidad (B/C)
2011	47.18	28.78	47.18	1.00	0.61
2012	47.18	26.89	47.18	1.00	0.57
2013	42.27	22.83	42.27	1.00	0.54
2014	46.99	19.27	46.99	1.00	0.41

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

8.3 Variación estacional de oferta y demanda

8.3.1 Dotación

El volumen mensual producido de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche (Tabla 8.3) se mantiene constante y con el mismo valor para todos los meses en los años 2011 y 2012. En el año 2013 se presenta un ligero decremento y para el año 2014 el volumen aumenta. Los valores de volumen producido para cada mes varían en 2013 y 2014.

Tabla 8.3. Volumen producido mensual de agua de la ciudad de San Francisco de Campeche (Hm^3).

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2011	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93
2012	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93	3.93
2013	3.61	3.27	3.61	3.51	3.61	3.51	3.61	3.27	3.61	3.51	3.61	3.51
2014	4.06	3.68	4.06	3.94	4.06	3.94	4.06	3.68	4.06	3.70	4.06	3.70

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

La dotación de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche (Tabla 8.4) se mantiene constante en los años 2011 y 2012. En el año 2013 se presenta un ligero decremento y para el año 2014 la dotación de agua aumenta. Los valores de dotación de agua para cada mes varían en todos los años, con excepción de julio y agosto en 2011 y 2012 donde los valores permanecen constantes.

Tabla 8.4. Dotación de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche (l/hab/día).

Año/Mes	2011	2012	2013	2014
ENE	489.65	489.65	450.23	505.53
FEB	542.11	542.11	451.56	507.02
MAR	489.65	489.65	450.23	505.53
ABR	505.97	505.97	451.56	507.02
MAY	489.65	489.65	450.23	505.53
JUN	505.97	505.97	451.56	507.02
JUL	489.65	489.65	450.23	505.53
AGO	489.65	489.65	407.86	457.95
SEP	505.97	505.97	465.24	522.38
OCT	489.65	489.65	436.99	460.92
NOV	505.97	505.97	465.24	522.38
DIC	489.65	489.65	436.99	460.92
Media	499.46	499.46	447.33	497.31

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

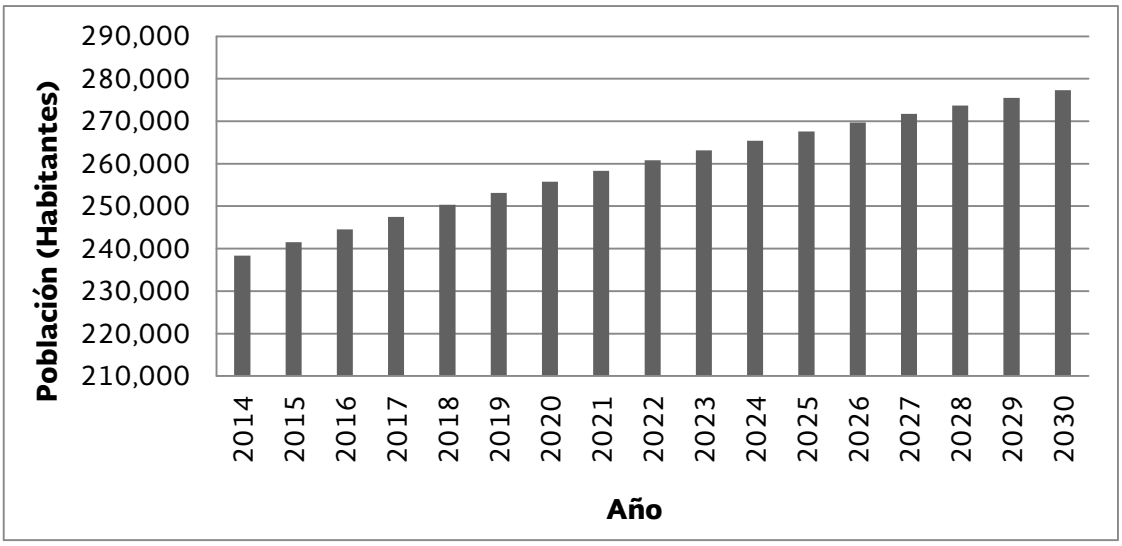
9 ESCENARIOS FUTUROS DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO

9.1 Patrones de consumo en 5, 10 y 15 años

Una de las principales causas del incremento de la demanda de agua potable en las ciudades es el incremento poblacional. Debido a ello el organismo operador de agua potable de la ciudad de San Francisco de Campeche debe asegurarse de tener la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda futura de dicho recurso.

En la Figura 9.1 se presenta la proyección realizada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para la ciudad de San Francisco de Campeche para el año 2030, en ella se observa que la población de la ciudad ascenderá de 234,344 para el año 2014, hasta un total de 255,759, 267,602 y 277,345 para los años 2020, 2025 y 2030, respectivamente.

Figura 9.1. Proyección de la población para la ciudad de San Francisco de Campeche al 2030.



Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO.

Aunado a la población, existen otros factores importantes a tomar en cuenta al momento de realizar un escenario de proyección de consumo de agua, como son

los hábitos de consumo del recurso hídrico, así como la eficiencia física del sistema operador, los cuales pueden variar con el paso de los años.

A continuación se realizaron tres escenarios para proyectar el consumo de agua futuro para la ciudad de San Francisco de Campeche (Figura 9.2). El primero es el denominado "tendencial", el cual modela el volumen de agua que se requeriría para satisfacer las necesidades de la población si el consumo de agua *per capita* se mantiene igual al registrado en 2014 (497.31 l/hab/día), la población crece de acuerdo con la tasa calculada por CONAPO y la eficiencia del organismo operador se mantiene igual a la del 2014. En este escenario se obtiene que el consumo de agua se incrementaría de 43.24 Hm^3 para el año 2014 a 46.40, 48.55 y 50.32 Hm^3 para los años 2020, 2025 y 2030 respectivamente.

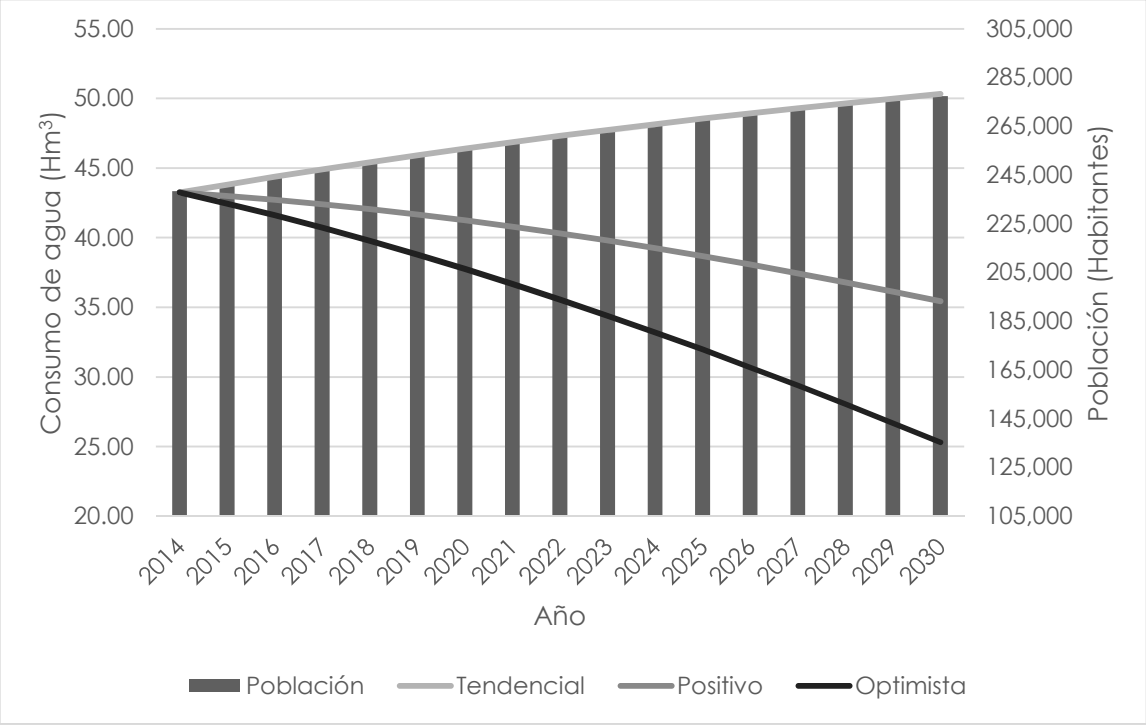
El segundo escenario se denomina "positivo" y contempla una dotación diaria de 350 l/hab, en la cual ya están incluidas las pérdidas en las líneas de conducción y distribución. Para este escenario se proyecta un consumo anual de 32.67, 34.19 y 35.43 Hm^3 para la ciudad de San Francisco de Campeche para los años 2020, 2025 y 2030 respectivamente.

Finalmente, el tercer escenario denominado "optimista", consiste en una dotación de 250 l/hab/día, el cual es un valor deseable de consumo, con un 30% de pérdidas de agua en la red de suministro, lo cual representa un valor máximo deseable de pérdidas en un sistema de agua potable. Este escenario proyecta un consumo de 30.34, 31.74 y 32.90 Hm^3 para los años 2020, 2025 y 2030, respectivamente.

No se contempla un escenario negativo debido a que, de acuerdo con los datos analizados se espera que la demanda de agua disminuya en el futuro ya sea porque

el organismo operador mejore su eficiencia física o porque la población disminuya sus hábitos de consumo.

Figura 9.2. Escenarios proyectados para el consumo de agua para la ciudad de San Francisco de Campeche.



Fuente: Elaboración propia.

9.2 Retos en el manejo urbano del agua

En el cuadro 9.1 se analiza la prospección de la demanda de agua con respecto al incremento poblacional estimado mediante la proyección del Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI) para la ciudad de San Francisco de Campeche (A); para el cálculo de la elasticidad ingreso de la demanda (B) se siguió la recomendación de la Guía práctica para la elaboración de PMPMS para Usuarios Urbanos de utilizar el valor de 0.3 como constante; en el caso del Producto Interno Bruto (PIB) *per capita* se tomó como base el valor de 100 para el año 2014, y a partir de este valor se calcularon los años consecutivos a partir de la siguiente fórmula:

$$C_{año\ base} = C_{año\ n}\ x\ (1 + Tasa\ de\ crecimiento\ anual\ del\ PIB)^{(año\ n - año\ base)}$$

El consumo per cápita de agua de la ciudad de San Francisco de Campeche, fue estimado mediante la siguiente fórmula:

$$D_{año\ n} = D_{año\ base}\ \ 1 + \frac{C - 100}{100}\ x\ B$$

Para el caso de la eficiencia física (E) y la capacidad instalada anual (H) se utilizaron los valores reportados para el año 2014 en los índices de gestión del organismo operador, y se utilizó como una constante para los años consecutivos.

Tabla 9.1. Prospección de demanda de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche.

Años	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Población (habitantes) (A)	238,344	255,759	267,602	277,345
Elasticidad ingreso de la demanda (B)	0.3	0.3	0.3	0.3
PIB *per capita* (índice 2014=100) (C)*	100	110.4	121.9	134.6
Consumo *per capita* de agua (m^3/año) (D)	111.12	114.58	118.42	122.65
Consumo de agua de la ciudad (Hm^3/año) (AxD)	26.48	29.31	31.69	34.02
Eficiencia física (%) (Statu Quo) (E)	41	41	41	41
Consumo de agua de la ciudad con pérdidas (Hm^3) (F=A x D/E×100)	43.29	46.12	48.50	50.83
Consumo de agua de la ciudad con 10% menos pérdidas (Mm^3) (G=Ax D/(E-10)×100)	34.69	38.39	41.51	44.56
Capacidad Instalada anual (Hm^3) (H)	47.18	47.18	47.18	47.18
Brecha hídrica (Hm^3) (Statu Quo) (H-F)	3.89	1.06	-1.32	-3.65
Brecha hídrica (Hm^3) (Eficiente) (H-G)	12.49	8.79	5.67	2.62

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por SMAPAC.

10 ANÁLISIS DE MEDIDAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN SEQUÍAS

10.1 Identificación de deficiencias en la gestión

En la Tabla 10.1 se identifican las deficiencias en la gestión del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC), en ella se consideran aspectos como la cobertura, el servicio continuo, las eficiencias física y comercial, así como la dotación per cápita de la ciudad.

Tabla 10.1. Deficiencias en la gestión del agua potable en el SMAPAC.

Área del problema	Indicador	Evaluación del indicador	Posibles causas	Posibles soluciones
Cobertura	Urbanización no planificada de nuevos asentamientos	Media	• Falta de un ordenamiento territorial urbano para la ciudad.	• Elaborar un ordenamiento urbano. • Restringir nuevos asentamientos en áreas de difícil acceso de agua.
Continuidad del servicio	Horas de servicio o días por semana	Media	• Cárcamos pequeños de baja capacidad	• Construcción de más tanques (ya se está realizando proyecto)
Eficiencia física	%	Media (41%)	• Pérdidas en el sistema por tuberías antiguas • No se reparan las fugas	• Recambio de tuberías antiguas. • Reparación de fugas.
Eficiencia comercial	%	Media (73%)	• No hay micro ni macro medición	• Realizar miro y macromedición (ya se está realizando proyecto).
Dotación	l/hab/día	Dotación *per capita* alta (497 l/hab/día)	• Volumen estimado por falta de medición • Fugas en la red.	• Reparación de fugas.

Fuente: Elaboración propia.

10.2 Causas desencadenandes de una escasez de agua en la ciudad

En la Tabla 10.2 se muestran las principales causas que podrían desencadenar un problema de escasez de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche, esta información se obtuvo a partir de reuniones que se llevaron a cabo con representantes de las instituciones involucradas con el manejo y gestión del recurso agua como es el caso del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC), la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche (CAPAE) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Tabla 10.2.Principales causas desencadenantes de escasez de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche.

Causas	
¿Qué factores podrían desencadenar la escasez de agua en la ciudad de San Francisco de Campeche?	• Fenómenos hidrometeorológico (Huracanes, tormentas, etc.). • Fallas en el sistema eléctrico. • Fallo o daños en el sistema de conducción. • Contaminación de fuentes de abastecimiento. • Salinización del acuífero. • Sobrexplotación del acuífero. • Incendio de las zonas de captación. • Actos terroristas. • Huelga del personal de SMAPAC.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

10.3 Acciones propuestas por el organismo operador para prevenir la sequía

En la Tabla 10.3 se identifican las principales problemáticas que presenta el sistema operador (SMAPAC), las cuales están relacionadas con la eficiencia en el uso del agua, la infraestructura de distribución y conducción, la calidad del agua y la falta de concientización de la población en temas relacionados al uso eficiente del agua.

Tabla 10.3. Principales problemas identificados por el SMAPAC.

Problemas
• Falta de orientación de las actividades del Organismo Operador para el uso eficiente del agua, careciendo de una cultura de ahorro de agua propiciando el derroche de la misma en fugas y mala distribución a los usuarios. • Infraestructura deficiente e inadecuada para la optimización del manejo y distribución del agua así como para monitorear y evaluar el impacto de usuarios de gran escala, sequias históricas y la efectividad de las acciones que se implementen contra la sequía. • Falta de concientización para el ahorro del agua, carencia de cultura de pago y nula aceptación a medidas preventivas para la mitigación de la sequía si estás representan disminución en la prestación del servicio entre los usuarios. • Mala calidad del agua. • Marco legal y normativo no permite acciones estratégicas para la prevención de la sequía.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

En la Tabla 10.4 se presentan las principales acciones identificadas en función de prevenir los efectos negativos de una eventual sequía, estas acciones se clasificaron en cuatro grupos: acciones de prevención dirigidas a la concientización de los usuarios, esto con el objetivo de disminuir el consumo *per capita* anual de este recurso, así como optimizar su manejo; el segundo grupo de acciones están relacionadas con la modernización y rehabilitación de infraestructura, así como la incorporación de macro y micro medición.

El tercer grupo de acciones están relacionadas con el monitoreo de las fuentes de abastecimiento, incluyendo la calidad de agua y los niveles piezométricos; finalmente, las acciones del cuatro grupo se encuentran enfocadas al área administrativa y el marco legal y normativo para la gestión y utilización del recurso.

Con estas acciones se busca por un lado incrementar la concientización de los usuarios en cuanto a la utilización del recurso agua, y con esto disminuir el consumo *per capita*, y por otro lado, hacer más eficiente el sistema operador de

agua potable de la ciudad, desde la extracción y conducción hasta la distribución del recurso.

Tabla 10.4. Principales acciones identificados por el SMAPAC para prevenir la sequía.

Acciones de prevención	
Concientización a usuarios	• Campañas de concientización (Cultura del Agua) • Rastrear percepción pública y efectividad de las medidas contra la sequía. • Promover la instalación de dispositivos eficientes de agua. • Fomentar la cultura de pago en los usuarios. • Dirigir acciones a usuarios claramente ineficientes, derrochadores o de usos no indispensables. • Promover el servicio de agua potable por tandeo en zonas de alto consumo. • Identificar usuarios con alto consumo de agua y proponer acciones enfocadas al ahorro de agua. • Reorientar las actividades operativas del organismo operador para la optimización del manejo y distribución de agua (Estructural, organizacional y funcionalmente). • Erradicar hábitos y costumbres que propician la ineficiencia y el derroche del agua potable del personal del organismo operador, tanto en personal directivo como operativo. • Medición y control de volúmenes extraídos. • Limpiar pozos para desarrollar mayores gastos de extracción. • Conducir auditorias de los sistemas de distribución de agua. • Reducir fugas en los sistemas de distribución. • Instalar medidores en puntos clave de distribución para aislar áreas de sobre consumo y probables fugas. • Realizar auditorías de agua en el interior de residencias y domicilios. • Monitorear y evaluar el impacto de usuarios de agua de gran escala (Comercial, campos deportivos, turismo, navegación, etc.). • Monitorear y evaluar impacto de sequias históricas.
Infraestructura	• Inversión en infraestructura y nuevas fuentes para agua potable y optimización de su uso. • Rehabilitación y mantenimiento de infraestructura de distribución. • Detección y reparación de fugas en las redes de distribución. • Construir nuevas instalaciones para mejorar la derivación de agua o desarrollar nuevas obras de oferta. • Realizar obras para la sectorización del servicio de agua de acuerdo a zonas de consumo. • Implementar macro y micromedición. • Mantenimiento preventivo a equipo de emergencia. • Profundizar pozos. • Rehabilitar pozos abandonados. • Mantenimiento a pozos en operación. • Reemplazar medidores inexactos.

Monitoreo	• Monitoreo de fuentes de abastecimiento para detectar cambios en la calidad del agua. • Monitoreo de los niveles piezométricos de las fuentes de abastecimiento.
Administrativo, marco legal y normativo	• Obligar que pozos agrícolas sean usados para provisión de agua potable así como la servidumbre de paso para las líneas de agua potable por terrenos ejidales o comunales. • Priorizar y facilitar el uso de derechos de vía de SCT (Carreteras y Ferrocarriles) para la instalación de líneas de conducción de Agua Potable. • Obligar el suministro de energía eléctrica a fuentes de captación de agua potable por parte de la CFE y la creación de una nueva tarifa preferencial para los Organismos operadores de agua potable. • Hacer Obligatorias auditorias de agua en interiores de instalaciones en residencias y domicilios. • Aplicar restricciones obligatorias al uso de agua al interior del domicilio. • Implementar recargos a tarifas en la época de sequias. • Amonestación y sanción a usuarios derrochadores (uso excesivo). • Promover el reciclado y reúso del agua. • Establecer programas para promover dispositivos ahorradores de agua y control de fugas en los domicilios. • Promover esquemas de financiamiento para incrementar la eficiencia del organismo operador. • Promover la desalinización de agua y su uso en zonas industriales cercanas a la costa para reducir el agua empleada.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

Además de las medidas de prevención, es importante tomar en cuenta también acciones de mitigación ante una eventual sequía, estas acciones, como su nombre lo indica, están enfocadas en minimizar el efecto negativo de un fenómeno de sequía cuando éste está ocurriendo. Las acciones identificadas y propuestas para la ciudad de San Francisco de Campeche se presentan en el Cuadro 10.5.

Tabla 10.5. Principales acciones de mitigación identificados por el SMAPAC para prevenir la sequía.

Acciones de mitigación
• Incrementar el bombeo de aguas subterráneas. • Mezclar agua de primer uso con agua de menor calidad para incrementar la oferta. • Emplear desalación o agua subterránea salobre. • Incrementar el uso del agua reciclada. • Utilizar agua tratada para irrigar parques y jardines. • Cancelar permisos de agua municipal a productores. • Reducir la presión en los sistemas de distribución. • Prohibir o limitar el uso de agua potable en la construcción. • Limitar o prohibir fuentes públicas o privadas sin sistema de recirculación de agua. • Reducir la limpieza, lavado de calles, banquetas y acceso a garajes. • Limitar o prevenir lavado de flotillas de vehículos de la ciudad, municipio o particulares. • Reducción de número de horas del servicio de agua potable.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

10.4 Medidas de mitigación de sequía

A continuación se presentan las medidas de mitigación de sequía que se proponen para los diferentes sectores: gubernamental, residencial, comercial e industrial para cada uno de las categorías de sequía (Tabla 10.6 a Tabla 10.7, Tabla 10.8 y Tabla 10.9).

Tabla 10.6. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Gubernamental

Nivel de sequía / Medidas	D0 Anormalmente seco	D1 Moderada	D2 Severa	D3 Extrema	D4 Excepcional
Realizar tandeos			X	X	
Suministro alterno de agua con pipas					
Restringir la autorización de nuevas tomas				X	X
Reducir la irrigación de parques y jardines				X	
Suspender la irrigación de parques y jardines.					X
Limitar el lavado de flotas de vehículos en la ciudad				X	X

Proveer instrucciones a negocios y oficinas en el desarrollo de medidas específicas para sequías y planes de acciones directas.				X	X
Utilizar fuentes alternas de agua.				X	X
Sistemas alternos de captación de agua.					
Campañas de buen uso de agua.	X	X	X	X	X
Campaña de difusión del fenómeno de sequía y su situación actual.					
Suspender derechos de agua temporalmente.				X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

Tabla 10.7. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Residencial.

Nivel de sequía / Medidas	**D0 Anormalmente seco**	**D1 Moderada**	**D2 Severa**	**D3 Extrema**	**D4 Excepcional**
Residencial					
Aplicar restricciones en el riego de jardines				X	X
Limitar el lavado de vehículos				X	X
Limitar el llenado de albercas				X	X
Racionar el consumo para actividades humanas					X
Limitar el uso de agua para el lavado de ropa					X
Limitar el agua para lavado de automóviles.				X	X
Uso racional del agua		X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

Tabla 10.8. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Comercial.

Nivel de sequía / Medidas	D0 Anormalmente seco	D1 Moderada	D2 Severa	D3 Extrema	D4 Excepcional
Comercial					
Restringir el riego de jardines				X	X
Limitar el llenado de albercas				X	X
Aplicar restricciones del uso de agua en el lavado de carros				X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

Tabla 10.9. Medidas preventivas para la sequía en la ciudad de San Francisco Campeche del sector Industrial.

Nivel de sequía / Medidas	D0 Anormalmente seco	D1 Moderada	D2 Severa	D3 Extrema	D4 Excepcional
Industrial					
Limitar el riego de jardines				X	X

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en reuniones con SMAPAC, CAPAE y CONAGUA.

10.5 Acciones preventivas contra la sequía realizadas en Campeche

Como una de las acciones que tiene la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para prevenir una eventual sequía operativa en las localidades urbanas, es la inversión en la ampliación y mantenimiento o rehabilitación de la infraestructura de los organismos operadores del servicio de agua potable.

En el caso de la ciudad de San Francisco de Campeche, para los años 2013, 2014 y 2015 se realizó inversión de tres programas de dicha dependencia, estos programas son: Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PROTAR), Agua limpia y Programa de Devolución de Derechos (PRODDER).

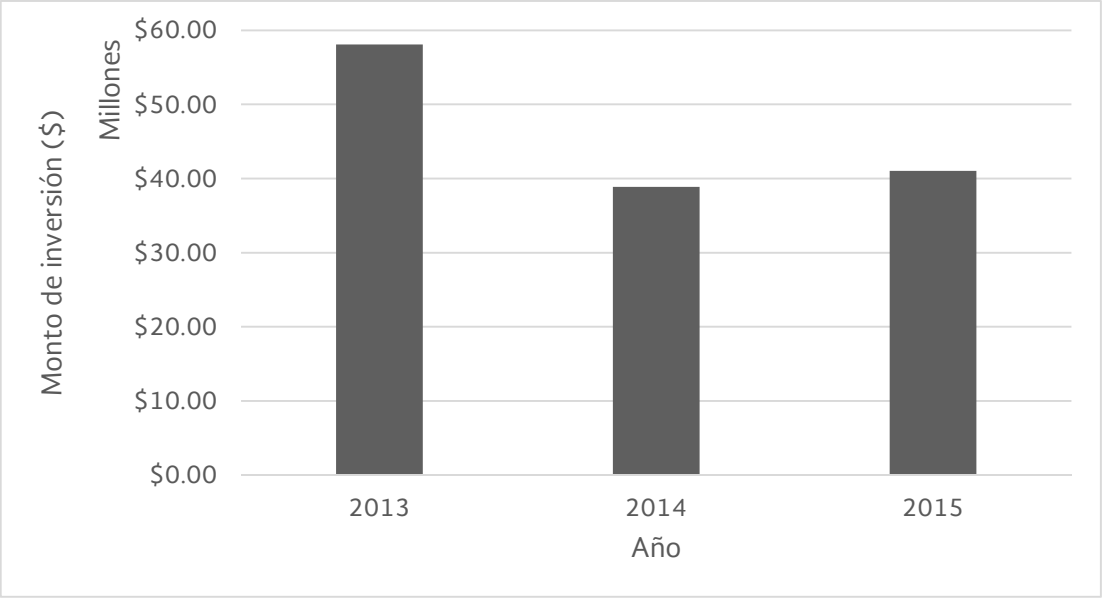
Para el año 2013 se desarrollaron metas relacionadas con la construcción de plantas de tratamiento, construcción del acueducto y obras relacionadas con la desinfección de agua, en los que se invirtieron 58,083,516.54 pesos en ese año. Para el año 2014 se invirtieron más de 38,881,951.05 pesos en acciones de agua potable, mejoramiento de la eficiencia y obras de desinfección de agua. En el año 2015 el monto de inversión fue de 41,029557.20 pesos en diversas acciones como mejoramiento de la eficiencia, elaboración de proyectos y estudios relacionados con agua potable (Tabla 10.10, Figura 10.1). En total la inversión realizada en los 3 años en la ciudad de San Francisco de Campeche es de $137,995,024.79.

Tabla 10.10. Acciones de mitigación a la sequía que ya se están realizando en la ciudad de San Francisco de Campeche (2013-2015).

Año	Acción	Programa	Monto ($)	Beneficiarios
2013	Construcción de planta de tratamiento	PROTAR	$14,497,291.96	NA
	Construcción de acueducto	APAZU	$43,321,312.67	229,389
	Desinfección de agua	Agua limpia	$264,911.91	NA
2014	Agua potable, mejoramiento de la eficiencia	APAZU	$22,246,389.41	229,389
	Agua potable	PROTAR	$16,540,626.08	NA
	Desinfección de agua	Agua limpia	$94,935.56	NA
DI2015	Agua potable, mejoramiento de la eficiencia, elaboración de proyectos	PRODER	$11,543,567.20	575,770
	Agua potable	PROTAR	$29,485,990.00	NA

Fuente: Elaboración propia con información del SISBA de la CONAGUA e información proporcionada por la CONAGUA. NA: No aplica, ND: No determinado.

Figura 10.1 Inversión realizada en acciones de agua potable en la ciudad de San Francisco de Campeche (2013-2015).



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por CONAGUA.

10.6 Procedimiento para la elaboración de un plan contingente (a nivel ciudad) para la mitigación de la sequía

El Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC) no cuenta con un plan de contingencia ante fenómenos hidrometeorológicos como son huracanes o sequías. Para efectos de este programa se sugiere la elaboración de un Plan de Contingencia para la Mitigación de la Sequía, en el cual se designen los responsables para llevar a cabo las diferentes acciones y se esquematicen los protocolos de acción ante este tipo de fenómenos o algún eventual problema en el funcionamiento y operación de la infraestructura, líneas de conducción y distribución que pueda ocasionar una sequía operativa en algunas partes de la ciudad o en su totalidad.

Para la elaboración de este Plan Contingente se requiere la realización de reuniones de planeación y validación con el personal de las diferentes áreas del sistema

operador de agua potable, así como la capacitación y realización de simulacros para dar atención oportuna ante algún problema en el suministro de agua potable.

La elaboración y seguimiento de este plan de contingencia se sugiere que se realice mediante la consolidación de un comité operativo el cual debe de estar conformado por representantes de las diversas áreas involucradas del sistema operador, este comité designaría al personal y las acciones que deberán llevarse a cabo por el comando de emergencia para cada una de las situaciones contempladas en el plan de contingencia.

RECOMENDACIONES PARA LA DIFUSIÓN DEL PMPMS

Se recomienda establecer procesos formales para revisar, aprobar y actualizar este documento de manera anual.

Se sugiere, tanto un proceso de revisión pública, así como la revisión y aprobación por parte del organismo operador y del gobierno, de manera que se ajuste a las políticas vigentes.

Se sugiere la difusión del PMPMS en la ciudad de Campeche dentro de los Consejos de Cuenca regionales, así como en los foros de los diversos sectores en el Estado.

Es deseable también dar a conocer dicho programa entre funcionarios de las dependencias públicas, así como entre la sociedad en general.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todo el personal del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC), principalmente al Director, Ing. Máximo Segovia Ramírez, así como al Ing. Reynaldo Herrera Espinoza y al Ing. José Arnoldo López López, por la información proporcionada, su participación y colaboración para la elaboración de este documento.

Asímismo se agradece al personal de la Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua del Estado de Campeche, en especial al Director Local, Ing. Edilberto Buenfil Montalvo; al Ing. Humberto Canto Ortega y al Ing. Rafael Chan Antillón, por su apoyo, vinculación e información aportada.

Por parte del Organismo de Cuenca Península de Yucatán (OCPY) se agradece al Ing. José Luis Acosta Rodriguez, Director técnico del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA, así como al. Ing. Sergio Peña Fierro y al. Ing. José Francisco Arguelles Ferrera por su apoyo en la gestión de la información requerida y sus aportes realizados.

BIBLIOGRAFÍA

Atlas Nacional de Riesgos (2015) Secretaría de Gobernación. Disponible en: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos/sequias. Consultado el 6 de julio de 2015.

CAPAE (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche) (2010) Proyecto integral de agua potable y alcantarillado sanitario en la ciudad de San Francisco de Campeche, Municipio de Campeche, Estado de Campeche. Informe final. Grupo Domos S.A. México. CCA (Consejo Consultivo del Agua) (2011). Gestión del agua en las ciudades de México, Indicadores de desempeño de los sistemas de agua potable, saneamiento y alcantarillado. Segundo Reporte del Consejo Consultivo del Agua. México.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2003) Sistema de Información Geográfica del Agua. CNA. México. Disponible en: http://www.cna.gob.mx.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2007) Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2006. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Pp. 253.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2009) Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2009. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Pp. 293.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2010) Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2010. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Pp. 317.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2011) Programa de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR) para contribuyentes municipales. Disponible en

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-16-11.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2011b) Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2011. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Pp. 397.CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012) Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA). Disponible en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/DescripcionprogramaPROMAGUA2012.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012b) Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2012. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Pp. 296..

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2013) Estadísticas del Agua en México.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2013b) Estudio tarifario del Sistema municipal de agua potable y alcantarillado de Campeche, Campeche. HC-1351.3 Informe final. CONAGUA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). México. Pp. 226.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2013c) Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2013. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México. Pp. 298

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014a) Datos De Publicación En El Diario Oficial De La Federación De Normas Mexicanas de Competencia De La Comisión Nacional Del Agua, Vigentes. Comité Técnico De Normalización Nacional De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. Disponible en

http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Contenido/Documentos/Listado%20NMX%20con%20vigencia.pdf

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014b). Guía práctica para la elaboración del PMPMS para usuarios urbanos. Versión 2.0. México.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014b). Manual de operación y procedimientos del Programa de Agua Limpia S047. Disponible en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/ManualAguaLimpiaFed2014-250214.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014c). Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU). Disponible en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/MANUALDEOPERACI%C3%93NYPROCEDIMIENTOSAPAZU2014DEFINITIVO1902414.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014d). Programa de Devolución de Derechos (PRODDER). Disponible en http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=4&n2=24&n3=31. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014e). Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PROTAR). Disponible en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/MANUALPROTAR2014DEFINITIVO.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014f). Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales IV (PROSSAPYS IV) Manual de Operación y procedimientos. Disponible en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/MOP_PROSSAPYS_2014.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014g) Situación del subsector agua potable, drenaje y saneamiento. SEMARNAT. CONAGUA. México. Pp. 186.

CONAPO (Consejo Nacional de la Población) (2010a) Proyecciones de la Población 2010-2050. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos.

CONAPO (Consejo Nacional de Población) (2010b). Índice de marginación por localidad 2010. Consejo Nacional de Población Disponible en http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010.

CONAPO (Consejo Nacional de Población) (2010c). Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Consejo Nacional de Población Disponible en http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio.

CONAPO (Consejo Nacional de la Población) (2010d) Índice de marginación urbana 2010. Consejo Nacional de Población. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_marginacion_urbana_2010.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1986) Decreto por el que se declara una zona de monumentos históricos en la ciudad de Campeche, Camp. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1996a). NOM-002-CNA-1995, Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable-Especificaciones y métodos de prueba. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1996b). NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1996c). NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad

y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1997a). NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1997b). NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1998). NOM-003-SEMARNAT-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se re usen en servicios al público. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1999a). NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1999b) Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región del Estado de Campeche conocida como Los Petenes, con una superficie total de 282 857-62-70.6 hectáreas. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación (2001a). Última Reforma. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2001b). NOM-011-CNA-2000. Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2003). NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2008a). NOM-014-CONAGUA-2003. Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2008b). NOM-015-CONAGUA-2007. Infiltración artificial de agua a los acuíferos.-Características y especificaciones de las obras y del agua. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2009) Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea. Acuífero (3105) Península de Yucatán. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2012) Lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía. México. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5278695. Consultado el 7 de julio de 2015.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2012a). Ley General de Cambio Climático. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2012b). NOM-001-CONAGUA-2011. Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-

Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2012c). Acuerdo por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013) Acuerdo por el que se crea la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013b). Ley de Aguas Nacionales. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación (2013c). Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una zona comprendida dentro de los límites geopolíticos del Estado de Campeche, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona. México.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2015). Última Actualización. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

ENCC (Estrategia Nacional de Cambio Climático) (2013). Visión 10-20-40. Gobierno de la República. México.

Estrella MT (2006) La gestión de las sequías en España. I.T. (74):52-57.

Florescano ME, Sancho y Cervera J y Pérez GAD (1980) Las sequías en México: historia, características y efectos. Comercio Exterior 30(7):747-757.

García JF y Fuentes MO (1999) Análisis de las sequías en México. Cuadernos de Investigación No. 46. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

García-Gil, G., Castillo-Caamal, J., Huchin-Malta, W., Estrada-Medina, H., Salazar-Gómez, V., Pérez-Pérez, J. R., Javier-Ortíz, J. y Tun-Garrido, J. (2013). Geosistemas. En García-Gil, G. y Sosa-Escalante, J. (Eds.) Ordenamiento

Territorial del Estado de Yucatán: Visión 2030 (pp. 3-33). Mérida: Yucatán, México.

Hare WL (2003) Assessment of knowledge on impacts of Climate Change-Contribution to the Specification of Art. 2 of the UNFCCC: impacts of ecosystems, food production, water and socio-economic systems. Disponible en: http://www.wbgu.de/wbgu_sn2003_ex01. pdf.

INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) SEGOB (Secretaría de Gobernación) (2010). Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Campeche. Disponible en: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM04campeche/index.html

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2014) Medidas preventivas y de respuesta ante los desastres de origen natural y/o tecnológicos, sequía. Disponible en: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/folletos/2014/sequia.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1998) Diccionario de datos edafológicos 1:250 000 (vectorial) Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/edafologia/doc/dd_edafologicos_v1_250k.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010) México en cifras, información nacional por entidad federativa y municipios. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=04

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010b). Censo de población y vivienda. Principales resultados por localidad: Campeche. Disponible en http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est. Consultado el 18 de agosto de 2015.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010c) Censos y conteos de población y vivienda 1990-2010. Campeche. Disponible en:

http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/default.aspx?ev=5. Consultado el 19 de agosto de 2015.

IPCC (2007) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution on Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En: Solomon S, Quin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M y Miller HL (Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Press University. New York.

Linsley JR, Kohler RK y Paulhus JCH (1975) Hydrology for engineers. Segunda edición. McGraw Hill. New York.

Muñoz Sevilla NP y Domínguez Orozco AL (2005) El agua, recurso nacional. Su disponibilidad y manejo en el norte y sur del país. En: Kauffer Michel EF (Ed.) El agua en la frontera México-Guatemala-Belice. Colección social y humanística. El Colegio de la Frontera Sur. México. Pp. 105-114.

NDMC (National Drought Mitigation Center) (2012) Sitio web oficial del National Drought Mitigation Center. Disponible en: http://drought.unl.edu. Consultado el 7 de julio de 2015.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2014) Disponible en: http://www.un.org/es/index.html

Ortega-Gaucin D y Velasco I (2013) Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. Aqua-LAC 5(2):78-90.

Pacto por México (2012) Disponible en http://www.presidencia.gob.mx/wp-content/uploads/2012/12/Pacto-Por-M%C3%A9xico-TODOS-los-acuerdos.pdf. Consultado el 27 de Julio de 2015.

Palmer WC (1965) Meteorological Drought. Research Paper No.45. Department of Commerce. Washington, D.C. 58pp.

PEAHC (Proyecto Ejecutivo del Acueducto Hobomo de Campeche, Estado de Campeche) (2012) Informe Final. FRO Ingenieros, SA de CV. Gobierno del

Estado de Campeche. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche. Comisión Nacional del Agua. México. Pp 196.

PED (Plan Estatal de Desarrollo) (2010) Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015. Gobierno del Estado de Campeche.

PDMC (Plan de Desarrollo Municipal de Campeche 2012-2015) (2012) H. Ayuntamiento del Municipio de Campeche. Disponible en: http://www.municipiodecampeche.mx/transparencia/files/plan_desarrollo_municipal_2012_2015.pdf

PLEC (Poder Legislativo del Estado de Campeche) (1993) Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Campeche. Poder Legislativo del Estado de Campeche.

PLEC (Poder Legislativo del Estado de Campeche) (2011) Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche. Poder Legislativo del Estado de Campeche.

PLEC (Poder Legislativo del Estado de Campeche) (2013) Ley de Protección Civil, Prevención y Atención de Desastres del estado de Campeche. Poder Legislativo del Estado de Campeche.

PND (Plan Nacional de Desarrollo) (2013-2018) Gobierno de la República. México.

PNH (Programa Nacional Hídrico) (2014). Programa Nacional Hídrico 2013-2018. Gobierno de la República. México.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2014) Índice de desarrollo humano municipal en México: nueva metodología. PNUD. México. Pp 102.

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía de la Ciudad de San Francisco de Campeche (PMPMSCCPY) (2014). Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional del Agua.

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía de la Ciudad de Mérida (PMPMSCCPY) (2014). Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional del Agua.

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía del Consejo de Cuenca Península de Yucatán (PMPMSCCPY) (2014). Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional del Agua.

Rivera Arriaga E, Alpuche Gual L, Negrete Cardoso M, Nava Fuentes JC, Lemus Pablo E y Arriaga Zepeda C (2012) Programa de manejo costero integrado para el saneamiento de la bahía de San Francisco de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México. Pp. 68.

Russel CS, Arey DG y Kates RW (1970) Drought and water supply. Johns Hopkins University Press. Baltimore (EE.UU.) 232 pp.

Sauchyn DJ (2004) The paloeclimate record. Section 2.3. En: Barrow E, Maxwell B y Gachon P (Eds.). Climate variability and change in Canada: past, present and future, ACSD Science Assessment Series, no.2. Meteorological Service of Canada, Environment Canada. Toronto, Ontario. Pp. 7.9.

SECTUR (Secretaría de Turismo) (2014) Agenda de competitividad de los destinos turísticos de México 2013-2018. Estudio de Competitividad turística del destino Campeche. SECTUR. Universidad Autónoma de Campeche. México. Pp. 194.

SMAPAC (Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche) (2015) Manual de Organización. Disponible en: http://www.smapacampeche.gob.mx/documentos/manual%20de%20organizacion.pdf. Consultado el 21 de agosto de 2015.

Valiente OM (2001) Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. Investigaciones Geográficas (26):59-80.

Valiente OM (2001) Sequía: definiciones, tipologías, métodos de cuantificación. Investigaciones Geográficas 26:59-80.

Villalobos-Zapata GJ y Mendoza Vega J (Coord.) (2010) La biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.

WHC (World Heritage Convention) (2015) Decision: CONF 209 VIII.C.1, Historic Fortified Town of Campeche (México). Disponible en: http://whc.unesco.org/en/decisions/2607. Consultado el 10 de agosto de 2015.