

INFORME FINAL

Programa Nacional contra la sequía PRONACOSE

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación del Consejo de Cuenca Península de Yucatán, versión 2014

Noviembre 2014

Elaborado por:

Universidad Autónoma de Yucatán

Dr. Héctor Estrada Medina (Responsable)

Dr. Víctor Cobos Gasca (Corresponsable)

Colaboradores:

M. en C. Mariela Castilla Martínez

M. en C. Santiago Franco Brito

Biol. Ana María Moreno Arjona

P. en Agroec. Oscar Álvarez Rivera

P. en Biol. Pamela Esther Rodríguez Lara

P. en Biol. Biiniza Pérez Niño

P. en Biol. Mar. Andrés Morales Guadarrama

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN.....	1
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	2
CAPÍTULO 3. OBJETIVOS DEL PROGRAMA.....	4
3.1 <i>Objetivo general</i>	4
3.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA PENÍNSULA DE YUCATÁN.....	5
4.1 <i>Características generales</i>	5
4.1.1 Ubicación	5
4.1.2 Delimitación	6
4.1.3 Fisiografía.....	6
a) Relieve	6
b) Provincias fisiográficas de la Península de Yucatán	9
4.1.4 Geología	11
4.1.5 Edafología.....	12
4.1.6 Degradación y erosión de los suelos	15
4.1.7 Cobertura agrícola.....	15
4.1.8 Áreas naturales protegidas	17
4.1.9 Sitios RAMSAR.....	20
4.1.10 Regiones ambientales prioritarias	22
4.2 <i>Clima</i>	24
4.2.1 Meteorología.....	24
4.3 <i>Agua</i>	30
4.3.1 Hidrología superficial.....	30
4.3.2 Hidrología subterránea	32
4.3.3 Zonas de vedas para la extracción de agua subterránea	34
4.3.4 Disponibilidad del agua región hidrológica XII (Península de Yucatán)	36
4.3.5 Grado de presión sobre el recurso hídrico.....	38
4.3.6 Proyección para el estado de Yucatán (2005-2025)	39
4.4 <i>Infraestructura hidráulica</i>	40
4.4.1 Servicio de agua potable	40
4.4.2 Servicio de alcantarillado.....	41
4.4.3 Plantas potabilizadoras	41
4.4.4 Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	41
4.4.5 Distritos de riego (DR).....	43
4.4.6 Distritos de Desarrollo Rural (DDR)	45
4.4.7 Redes de monitoreo	47

4.4.8 Extracción por tipo de fuente.....	48
4.5 Usos del agua.....	50
4.5.1 Público urbano	50
4.5.2 Agrícola, pecuario y acuícola.....	51
4.5.3 Industrial	52
4.5.4 Generación de energía.....	53
4.6 Fenómenos extremos.....	54
4.6.1 Sequía	54
4.6.2 Sequía intraestival o canícula	55
4.6.3 Huracanes.....	56
4.7 Aspectos sociales	58
4.7.1 Población, natalidad y mortalidad.....	58
4.7.2 Crecimiento de la población	61
4.7.3 Empleo.....	62
4.7.4 Índice de desarrollo humano.....	62
Grado de marginación.....	62
Índice de desarrollo humano (IDH).....	63
Índice de rezago social de la región	65
4.7.5 Pueblos indígenas.....	65
4.7.6 Salud	66
4.8 Aspectos económicos.....	67
4.8.1 Producto interno bruto estatal.....	67
4.8.2 Actividades económicas.....	68
4.9 Daños provocados por la sequía.....	68
4.10 Apoyos para la sequía solicitados y otorgados por diversos programas.....	70
Anexos	71
Anexo 4.1. Definición y descripción de los grupos y subtipos climáticos de la Península de Yucatán.....	71
Anexo 4.2. Principales ríos, lagos y cuerpos de agua de la Península de Yucatán.....	74
Anexo 4.3. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por entidad federativa 2010.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4.4. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por municipio 2010 de los 3 estados de la Península de Yucatán.....	78

CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA DEL GRUPO TÉCNICO DIRECTIVO (GDT)84

5.1 Introducción.....	84
-----------------------	----

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS HISTÓRICO DE LAS SEQUÍAS86

6.1 Introducción.....	86
-----------------------	----

6.2 Registros históricos de caudales observados en estaciones hidrométricas estratégicas.....	87
6.3 Registros históricos de los niveles de los cuerpos de agua.....	92
6.4 Registros históricos de precipitación.....	92
6.5 Índices de sequía	98
6.6 Registros históricos de temperatura.....	106
6.7 Registros históricos de niveles de agua subterránea	115
6.8 Políticas de administración del agua durante los periodos de sequía identificados	116
6.9 Registros sobre el contenido de humedad del suelo.....	116
6.10 Revisión y análisis de registros de evapotranspiración.....	117
6.11 Análisis Global de los Resultados.....	118
Anexos	121
Anexo 6.1. Impactos de sequías históricas, impactos potenciales futuros, y mitigación.....	121
Anexo 6.2. Caudal de la Estación Hidrométrica Palizada del río Palizada (m ³ /s) durante el periodo 2007-2012.....	128
Anexo 6.3. Caudal de la Estación Hidrométrica Canasayab del Rio Champotón (m ³ /s) durante el periodo 1969-2012.....	129
Anexo 6.4. Caudal de la Estación Hidrométrica del Rio Mamantel (m ³ /s) durante el periodo 1992-2012.....	131
Anexo 6.5. Caudal de la Estación Hidrométrica del Rio Candelaria (m ³ /s) durante el periodo 1954-2006.....	132
Anexo 6.6. Metodología de elaboración de mapas históricos de precipitación y temperatura.....	133
Depuración de bases de datos.....	133
Interpolación	133
Elaboración de mapas	133
Referencias.....	134

CAPÍTULO 7. EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA DEMANDA DE AGUA DURANTE LOS PERIODOS DE SEQUÍA 135

7.1 Introducción.....	135
7.2 Antecedentes.....	135
7.3 Demanda total de agua por sector con el fin de medir la respuesta a la sequía general por parte de los distintos usuarios.....	137
7.4 Demanda de agua per cápita por sector	141
7.5 Periodos de máxima demanda (horaria diaria y mensual)	142
7.6 Análisis global de la información recopilada y generada.....	143

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DE LA OFERTA.....145

8.1 Antecedentes.....	145
8.2 Estado y capacidad de producción de plantas potabilizadoras.....	145
8.3 Volúmenes almacenados y extracciones.....	147
8.4 Disponibilidad agua subterránea.....	149
8.5 Calidad de agua.....	152
8.6 Disponibilidad de agua tratada.....	155

CAPÍTULO 9. VULNERABILIDAD A LAS SEQUÍAS. IMPACTO HISTÓRICO DE LAS SEQUÍAS, MITIGACIÓN Y VALORACIÓN DE LAS ACCIONES REALIZADAS.158

9.1 Introducción.....	158
9.2 Revisión y análisis de la información existente en relación con el impacto histórico de las sequías y medidas, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales.....	160
9.3 Declaratorias oficiales de sequía.....	167
9.4 Medidas implementadas en situaciones de sequía.....	167
9.4.1 Seguros agrícolas.....	168
9.5 Revisión y análisis de la efectividad de las medidas implementadas contra la sequía.....	170
9.6 Vulnerabilidad a la sequía de la Cuenca Península de Yucatán.....	171
9.6.1 Factores relacionados con la vulnerabilidad.....	171
9.6.2 Generación del mapa.....	173
9.7 Vulnerabilidad de los Sistemas de abastecimiento del Recurso Hídrico de la Cuenca de la Península de Yucatán.....	176
Anexos.....	182
Anexo 9.1. Reportes de contingencias climatológicas por sequía publicados en el Diario Oficial de la Federación.....	182
Anexo 9.2. Total de hectáreas dañadas por la sequía y pagos de indemnización para Yucatán en 2008.....	184
Anexo 9.3. Total de hectáreas dañadas por la sequía y pagos de indemnización para Yucatán en 2009.....	185
Anexo 9.4. Montos de Apoyos otorgados.....	186

CAPÍTULO 10. INDICADORES DE SEQUÍA187

10.1 Introducción.....	187
------------------------	-----

10.2 Indicadores de sequía	188
CAPÍTULO 11. ETAPAS DE SEQUÍA.....	190
11.1 Introducción	190
11.2 Etapas de la sequía	190
11.3 Factores iniciales y metas	191
CAPÍTULO 12. MONITOREO DE LA SEQUÍA.....	193
12.1 Introducción	193
12.2 Metodología para el Monitoreo de la Sequía para el PMPMS	193
Anexos	195
Anexo 12.1. Estaciones Climatológicas seleccionadas para el cálculo del SPI.	195
CAPÍTULO 13. MEDIDAS PARA ATENDER LA SEQUÍA	196
13.1 Efecto e impacto de las diversas estrategias en los diferentes sectores	196
13.2 Medidas tácticas y estratégicas.....	214
CAPÍTULO 14. PROGRAMA DETALLADO (SECTOR, RESPONSABLE, PROPUESTAS DE ACCIÓN).....	236
14.1 Introducción	236
14.2 Etapa “Anormalmente Seco”	237
14.3 Etapa “Sequía Moderada”	245
14.4 Etapa “Sequía Severa”.....	250
14.7 Resumen del programa de acciones para la mitigación y de respuesta.....	274
14.8 Resumen del programa de acciones de respuesta	279
14.9 Demanda proyectada y prioridad en la asignación	282
14.10 Monitoreo de la Sequía.....	283
Anexos	285
Anexo 14.1. Campaña de información pública sobre sequía.	285
CAPÍTULO 15. DECLARACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE LA SEQUÍA	287
15.1 Introducción.....	287

15.2 Protocolo de alertamiento sugerido en caso de sequía	287
CAPÍTULO 16. SEGUIMIENTO, REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA	289
16.1 Síntesis de las acciones realizadas en la Etapa 2 del Programa de Medidas Preventivas y Mitigación de la Sequía (PMPMS) para la Península de Yucatán.	289
CAPÍTULO 17. CONSIDERACIONES FINALES	292
CAPÍTULO 18. REFERENCIAS.....	294

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Península de Yucatán con municipios y regiones hidrológicas.....	5
Figura 4.2. Modelo digital del terreno (MDT) y cotas de nivel.....	7
Figura 4.3. Pendiente de la Península de Yucatán.	8
Figura 4.4. Morfología de la Península de Yucatán.	9
Figura 4.5. Provincias fisiográficas de la Península de Yucatán.....	11
Figura 4.6. Geología de la Península de Yucatán.	12
Figura 4.7. Cobertura de los principales tipos de suelos presentes en la Península de Yucatán (%).	13
Figura 4.8. Tipos de suelos de la Península de Yucatán.	14
Figura 4.9. Tipos de agricultura en la Península de Yucatán.....	17
Figura 4.10. Áreas naturales Protegidas de la Península de Yucatán.	18
Figura 4.11. Sitios RAMSAR de la Península de Yucatán.	21
Figura 4.12. Regiones ambientales prioritarias terrestres de la Península de Yucatán (RTP).....	23
Figura 4.13. Temperatura media anual en °C (A) y precipitación pluvial anual en mm (B) históricas (1982-2013).....	25
Figura 4.14. Temperatura mínima extrema anual histórica.....	26
Figura 4.15. Tipos climáticos de la Península de Yucatán.	28
Figura 4.16. Evapotranspiración en la Península de Yucatán.....	30
Figura 4.17. Hidrología superficial de la Península de Yucatán.	32
Figura 4.18. Acuíferos de la Península de Yucatán.	33
Figura 4.19. Direcciones de flujo del agua subterránea.....	34
Figura 4.20. Zonas de vedas para la extracción de aguas subterráneas.....	35
Figura 4.21. Balance hidrológico del acuífero “Península de Yucatán”.....	37
Figura 4.22. Proyecciones de entradas y salidas del acuífero de la Península de Yucatán.....	40
Figura 4.23 Localización de distritos de riego en la Península de Yucatán.	43
Figura 4.24. Localización de distritos de Desarrollo Rural (DDR) en la Península de Yucatán	45
Figura 4.25. Distribución de las estaciones hidrométricas y climatológicas (CONAGUA) y agroclimatológicas (INIFAP) en la Península de Yucatán.	47
Figura 4.26. Estaciones de calidad del agua.	48
Figura 4.27. Sequía intraestival en la Península de Yucatán.....	56
Figura 4.28. Huracanes intensos que han impactado la Península de Yucatán (periodo 1970-2009).....	57
Figura 4.29. Localidades urbanas con población total mayor a 10,000 habitantes y distribución de localidades rurales.	59
Figura 4.30. Población total por municipio de la Península de Yucatán.....	60
Figura 4.31. Crecimiento histórico de la población la Península de Yucatán....	61
Figura 5.1. Organigrama del Grupo Técnico Directivo (GDT).....	85

Figura 6.1. Mapa de las regiones hidrológicas de la Península de Yucatán.....	87
Figura 6.2. Caudal acumulado del río Palizada durante el periodo 2007-2012.	89
Figura 6.3. Caudal acumulado del río Champotón durante el periodo 1969- 2011.....	90
Figura 6.4. Caudal acumulado del río Mamantel durante el periodo 1992-2012.	91
Figura 6.5. Caudal acumulado del río Candelaria durante el periodo 1954-2006.	91
Figura 6.6. Promedio anual de precipitación del Estado de Yucatán (1982- 2012).....	93
Figura 6.7. Promedio anual de precipitación del Estado de Campeche (1982- 2012).....	94
Figura 6.8. Precipitación anual del Estado de Quintana Roo (1982-2012).....	94
Figura 6.9. Desviación de la precipitación mensual respecto a la media de la Península de Yucatán.....	95
Figura 6.10. Promedio de la precipitación mensual de la Península de Yucatán.	96
Figura 6.11. Promedio mensual de precipitación por períodos.	97
Figura 6.12. Frecuencia de ocurrencia de los tipos de sequía más severa por mes en 38 estaciones meteorológicas de Yucatán de 1983-2012.	102
Figura 6.13. Frecuencia anual del tipo de sequía de 38 estaciones meteorológicas de Yucatán de 1983-2012.....	103
Figura 6.14. Frecuencia mensual de los tipos de sequía de 29 estaciones meteorológicas de Campeche de 1983-2012.....	104
Figura 6.15. Frecuencia anual del tipo de sequía de 29 estaciones meteorológicas de Campeche de 1983-2012.....	105
Figura 6.16. Frecuencia mensual de los tipos de sequía de 18 estaciones meteorológicas de Quintana Roo de 1983-2012.....	105
Figura 6.17. Frecuencia anual del tipo de sequía de 18 estaciones meteorológicas de Quintana Roo de 1983-2012.....	106
Figura 6.18. Temperatura media anual del Estado de Yucatán (1962 a 2012).	107
Figura 6.19. Temperaturas máximas del Estado de Yucatán (1962 a 2012).	107
Figura 6.20. Temperaturas mínimas del Estado de Yucatán (1960 a 2012). 108	
Figura 6.21. Temperatura media anual del Estado de Campeche (1944-2012).	109
Figura 6.22. Temperatura máxima del Estado de Campeche (1944-2012). 109	109
Figura 6.23. Temperatura mínima del Estado de Campeche (1962-2012). . 110	
Figura 6.24. Temperatura media anual del Estado de Quintana Roo (1952- 2013).....	110

Figura 6.25. Temperatura máxima promedio anual del Estado de Quintana Roo (1952-2013).	111
Figura 6.26. Temperatura mínima promedio anual del Estado de Quintana Roo (1952-2013).	111
Figura 6.27. Oscilación térmica para los tres estados de la Península de Yucatán.	112
Figura 6.28. Promedio de Temperatura Máxima Anual histórica de la Península de Yucatán (1982-2013).	113
Figura 6.29. Promedio mensual de temperaturas máximas por períodos.....	114
Figura 6.30. Meses con humedad en el suelo de la Península de Yucatán.....	117
Fuente: INEGI, 1981.	117
Figura 6.31. Evapotranspiración de la Península de Yucatán.....	118
Figura 7.1. Volumen de agua utilizada en la Península de Yucatán.....	139
Figura 7.2. Uso del agua per cápita por sector productivo en la Península de Yucatán.....	142
Figura 7.3. Distribución del volumen mensual extraído para abastecer la ciudad de Cancún en el 2009.	143
Figura 8.1. Mapa de la cobertura de agua potable en México (%).	146
Figura 8.2. Evolución en el suministro de agua desinfectada por Estado.	147
Figura 8.3. Gasto medio anual Río Champotón, Campeche.	148
Figura 8.4. Gasto medio anual Río Mamantel, Campeche.	148
Figura 8.5. Gasto medio anual Río Palizada, Campeche.	149
Figura 8.6. Crecimiento histórico de la población en los 3 estados de la Península de Yucatán.....	151
Figura 8.7. Disponibilidad de agua per-cápita para la Península de Yucatán para el periodo 1910-2010.	152
Figura 8.8. Zonas geohidrológicas de la Península de Yucatán.	153
Figura 8.9. Niveles de calidad de agua para el estado de Yucatán.....	154
Figura 8.10. Volumen de aguas residuales municipales tratadas para el Estado de Campeche.....	155
Figura 8.11. Volumen de aguas residuales municipales tratadas para el Estado de Quintana Roo.	156
Figura 8.12. Volumen de aguas residuales municipales tratadas en el Estado de Yucatán.....	157
Figura 9.1. Porcentaje de recursos totales otorgados por el FAPRACC/PACC vía apoyo directo para atender contingencias climatológicas en el sector agropecuario, por tipo de fenómeno en el periodo 2003-2010.	159
Figura 9.2. Frecuencia de noticias relacionadas a la sequía en la Península en los periodos marzo - mayo y julio - agosto (1962-2012).	162
Figura 9.3. Número de municipios reportados en el diario local como afectados por la sequía en dos diferentes períodos.	163

Figura 9.4 Mapa de vulnerabilidad ante la sequía de la Península de Yucatán a nivel municipal.....	174
Figura 11.1. Página del Monitor de Sequías de América del Norte.....	194
Figura 11.2. Imagen del monitor de sequía para julio de 2013.....	194

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Degradación física y química de los suelos de la península de Yucatán (miles de hectáreas), 2002.....	15
Tabla 4.2. Áreas naturales protegidas del estado de Campeche.....	18
Tabla 4.3. Áreas naturales protegidas del estado de Quintana Roo.	19
Tabla 4.4. Áreas naturales protegidas del estado de Yucatán.....	20
Tabla 4.5. Sitios RAMSAR en Campeche.....	21
Tabla 4.6. Sitios RAMSAR en Quintana Roo.....	22
Tabla 4.7. Sitios RAMSAR en Yucatán.....	22
Tabla 4.8. Regiones ambientales prioritarias terrestres de la Península de Yucatán.....	24
Tabla 4.9. Disponibilidad media anual del agua subterránea en la región XII... 36	
Tabla 4.10. Disponibilidad natural media per cápita por organismo de cuenca (m ³ /hab/año).	38
Tabla 4.11. Grado de presión sobre el recurso hídrico según regiones administrativas 2012.	39
Tabla 4.12. Tipos de plantas de tratamiento en el estado de Campeche y caudal tratado.....	42
Tabla 4.13. Tipos de plantas de tratamiento en el estado de Quintana Roo y caudal tratado.....	42
Tabla 4.14. Tipos de plantas de tratamiento en el estado de Yucatán y caudal tratado.....	42
Tabla 4.15. Superficie física regada por organismo de cuenca y tipo de aprovechamiento. Año agrícola 2008/2009.....	44
Tabla 4.16. Distritos de riego, superficie sembrada, cosechada, rendimiento, producción por ciclo, valor de cosecha, y año de cultivo 2009-2010.	44
Tabla 4.17. Distritos de Desarrollo (DDR) Rural de la Península de Yucatán... 46	
Tabla 4.18. Superficie sembrada y cosechada (riego, temporal y perennes), y valor de la producción por distrito 2012.	46
Tabla 4.19. Balance de aguas superficiales (Mm ³).....	49
Tabla 4.20. Volumen extraído para abastecimiento público de la Península de Yucatán (hm ³ /año).....	51
Tabla 4.21. Volumen extraído para sector agrícola, pecuario y acuícola de la Península de Yucatán (hm ³ /año).....	52
Tabla 4.22. Volumen extraído para uso industrial de la Península de Yucatán (hm ³ /año).	52
Tabla 4.23. Centrales generadoras de energía eléctrica en la Península de Yucatán.....	53
Tabla 4.24. Huracanes de mayor intensidad que han impactado la Península de Yucatán (Periodo 1970-2010).....	58

Tabla 4.25. Características de la población de la Península de Yucatán por estado.....	60
Tabla 4.26. Estadísticas vitales de la población de la Península de Yucatán por estado.....	61
Tabla 4.27. Población económicamente activa de la población de la Península de Yucatán por estado.....	62
Tabla 4.28. Indicadores socioeconómicos y grado de marginación de la Península de Yucatán por estado.....	63
Tabla 4.29. Índice de desarrollo humano (IDH) y componentes por entidad federativa 2010.....	63
Tabla 4.30. Municipios de la Península de Yucatán por entidad Federativa, según grado de marginación, 2010.....	64
Tabla 4.31. Índice y grado de marginación y lugar que ocupa en el contexto nacional por entidad federativa, 2010.....	64
Tabla 4.32. Pobreza, índice y grado de rezago social.....	65
Tabla 4.33. Población de 5 y más años que habla lengua indígena.....	65
Tabla 4.34. Alumnos inscritos en primaria indígena.....	66
Tabla 4.35. Escuelas en primaria indígena.....	66
Tabla 4.36. Ocupantes en viviendas particulares que disponen de sanitario en los tres estados de la Península de Yucatán.....	66
Tabla 4.37. Habitantes con cobertura de agua potable en los tres estados de la Península de Yucatán.....	66
Tabla 4.38. Habitantes con cobertura de drenaje o alcantarillado en los tres estados de la Península de Yucatán.....	67
Tabla 4.39. Población total con derechohabiencia a servicios de salud (IMSS, ISSSTE, Seguro Popular, Institución Privada), 2010.....	67
Tabla 4.40. PIB por sector de la Península de Yucatán por estado (miles de pesos).....	68
Tabla 6.1. Estaciones hidrométricas de los ríos de Campeche.....	88
Tabla 6.2. Rangos de SPI para cada tipo de sequía.....	100
Tabla 7.1. Títulos concesionados por la CONAGUA de aguas superficiales y subterráneas hasta mayo del 2013.....	137
Tabla 7.2. Usos del agua de la Península de Yucatán (hm ³ /año).....	140
Tabla 7.3. Disponibilidad media per cápita para la región hidrológica-administrativa Península de Yucatán.....	141
Tabla 8.1. Tipos de plantas de tratamiento y caudal tratado del estado de Campeche.....	155
Tabla 8.2. Tipos de plantas de tratamiento y caudal tratado del Estado de Quintana Roo.....	156
Tabla 8.3. Tipos de Plantas de Tratamiento y Caudal Tratado del Estado de Yucatán.....	157

Tabla 9.1. Registro nacional de daños ocasionados en el sector agropecuario en la última década a consecuencia del fenómeno de la sequía.	161
Tabla 10.1. Índices empleados para el monitoreo de sequía en el Programa de Medidas Prreventivas y de Mitigación de la Sequía.	189
Tabla 10.2. Variables para el cálculo de los índices de sequía e instituciones que las monitorean.	189
Tabla 13.1. Medidas para los sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.....	196
Tabla 13.2. Medidas para los sectores: Investigación y academia.	204
Tabla 13.3. Medidas para los sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.	206
Tabla 13.4. Medidas de corto plazo para los sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.	214
Tabla 13.5. Medidas de largo plazo para los sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.	217
Tabla 13.6. Medidas de corto plazo para los sectores: Investigación y Academia.	223
Tabla 13.7. Medidas de largo para los sectores: Investigación y Academia. .	224
Tabla 13.8. Medidas de corto plazo para los sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.....	226
Tabla 13.9. Medidas de largo plazo para los sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.....	228
Tabla 14.1. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘anormalmente seco’.	237
Tabla 14.2. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía moderada’.	245
Tabla 14.3. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía severa’.	250
Tabla 14.4. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía extraordinaria’.	258
Tabla 14.5. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía excepcional’.	266
Tabla 14.6. Resumen del programa de acciones para la mitigación de la sequía y de respuesta a las etapas de la sequía.....	274
Tabla 14.7. Resumen del programa de acciones para la prevención de la sequía.	279
Tabla 14.8. Demandas proyectadas por la sequía y prioridad en su asignación.	282
Tabla 15.1. Protocolo de alertamiento sugerido ante la presencia de un fenómeno de sequía.....	287
Tabla 16.1 Resumen de las acciones identificadas que ya se están llevando a cabo en el consejo de cuenca Península de Yucatán	290

CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN

La sequía es uno de los fenómenos naturales más difíciles de estudiar debido a que aún no se cuenta con una definición lo suficientemente clara ni con los recursos técnicos para poderla predecir. Sin embargo, es un problema que se ha incrementado en las últimas décadas quizá influenciado por el cambio climático. En México, la sequía afecta a más personas que cualquier otra contingencia natural, por lo que se requiere estudiar el fenómeno para poder actuar anticipadamente ante sus posibles efectos.

Como consecuencia de las sequías de los últimos años en México, el Gobierno Federal puso en marcha el PRONACOSE (Programa Nacional Contra la Sequía), a través del cual se realizó un Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) para cada uno de los 26 consejos de cuenca a nivel nacional.

El PMPMS del Consejo de Cuenca Península de Yucatán fue realizado conjuntamente entre la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Comisión nacional del Agua (CONAGUA), con apoyo de los usuarios de aguas nacionales (agrícola, pecuario, industrial, servicios, público urbano, acuícola y distritos de temporal tecnificado) y sociedad organizada (ambiental, forestal, indígena, equidad de género, joven, academia e investigación) representados en el Consejo de Cuenca Península de Yucatán, conformado por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Por ser una zona privilegiada con un vasto manto acuífero, en la Península de Yucatán, la sequía no se presenta de manera tan severa como en otros estados de la república; únicamente se han declarado sequías en 7 ocasiones (dos en Campeche, dos en Quintana Roo y tres en Yucatán). Los efectos de la sequía se destacan principalmente en la agricultura y ganadería y solo se reporta disminución en la disponibilidad de agua para consumo humano en algunas localidades en donde el acuífero se encuentra muy profundo o la calidad natural del agua no es adecuada para consumo humano.

Para el desarrollo de este documento se realizó la recopilación de información para hacer un análisis histórico de la sequía, se identificaron las medidas de mitigación (a corto plazo) y de prevención (a largo plazo) que se han realizado y se propusieron nuevas medidas para hacer frente a este fenómeno en el futuro. Las medidas de mitigación sugeridas se relacionan principalmente con apoyos del gobierno para aminorar los efectos de las afectaciones cuando la sequía está ocurriendo, mientras que las medidas de prevención están relacionadas principalmente con las medidas a realizar antes de que la sequía se presente, con el fin de disminuir sus impactos, la presión y contaminación del manto acuífero. El PMPMS contará con un grupo de planeación quién será el encargado, entre otras cosas, de darle seguimiento al programa y aprobar las futuras adecuaciones y modificaciones al mismo.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

La sequía se define como una disminución de la precipitación pluvial o de los escurrimientos, que afectan las actividades humanas y constituye un fenómeno temporal que ocurre en todas las zonas climáticas pero sus características varían de una región a otra (Escobar, 2001; Contreras, 2005). Esta definición varía de acuerdo al enfoque o a la actividad económica que afecta (CENAPRED, 2002); por ejemplo en México los sectores más vulnerables a la sequía son el ganadero y agrícola, aunque también existen efectos ambientales como la desecación de cuerpos de agua e incremento de los incendios forestales (Bravo *et al.*, 2006).

Estas consecuencias han tenido repercusiones económicas y sociales (Contreras, 2005). Se conoce que los estados más vulnerables a la sequía son Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas y otras zonas, como la Península de Yucatán, aunque no presentan sequías tan extremas ni tan recurrentes, también son vulnerables debido a la variabilidad climática (Orellana, 2009). Por ejemplo en el año 2007, el estado de Campeche fue el segundo estado que reportó mayores pérdidas por sequía, con un total de 19.72 millones de pesos (CENAPRED, 2009a) y en el 2009 Yucatán sufrió pérdidas de aproximadamente 86.3 millones de pesos y Quintana Roo de 7, 082 millones de pesos (CENAPRED, 2009b).

Para atender los problemas relacionados con la sequía, el 25 de enero del 2012, en el Diario Oficial de la Federación, se publicó el acuerdo por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas a lo largo del país, haciendo énfasis en:

- 1) Abastecimiento hídrico emergente.
- 2) Acciones para mejorar el manejo de cuencas y acuíferos.
- 3) Creación de infraestructura para captación y almacenamiento de agua.
- 4) Financiamiento, indemnizaciones y reactivación del campo.
- 5) Programas de apoyos en la sequía.

El 22 de noviembre del mismo año, se publican en el Diario Oficial de la Federación los lineamientos que establecen los criterios y mecanismos para emitir acuerdos de carácter general en situaciones de emergencia por la ocurrencia de sequía, así como las medidas preventivas y de mitigación, que podrán implementar los usuarios de las aguas nacionales para lograr un uso eficiente del agua durante sequía emitidos por la Comisión Nacional del Agua y posteriormente en el acuerdo “Pacto por México” firmado en diciembre de 2012 se declara, entre otras cosas, atender las sequías de manera prioritaria y oportuna.

Finalmente en enero del 2013, la CONAGUA, por instrucciones del Gobierno Federal, elabora el proyecto de implementación del Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), que tiene como elemento base el monitoreo de la sequía para la elaboración de los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) de cada Consejo de Cuenca. Estos programas consisten en realizar un análisis de sequías históricas para evaluar su frecuencia, duración y extensión, así como la disponibilidad de suministro y sus impactos; realizar una evaluación de la vulnerabilidad de la sequía para calcular los riesgos que puedan ocasionar; crear estrategias de mitigación y respuesta de la sequía a través del consenso con los usuarios, proponer indicadores y realizar la caracterización de las etapas de la sequía para establecer la respuesta deseada en cada etapa y finalmente integrar toda esta información en un documento que será sometido a revisión y actualización si fuese necesario (IMTA, 2013).

CAPÍTULO 3. OBJETIVOS DEL PROGRAMA

3.1 Objetivo general

Identificar y establecer las medidas preventivas y de mitigación de la sequía en la cuenca Península de Yucatán, para promover la participación informada de la población y reducir la vulnerabilidad ante este fenómeno.

3.2 Objetivos específicos

Integrar un sistema de alertamiento confiable y oportuno para monitorear continuamente las condiciones meteorológicas que determinan la sequía para alertar a la población y actuar oportunamente ante la eventualidad de este fenómeno.

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

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

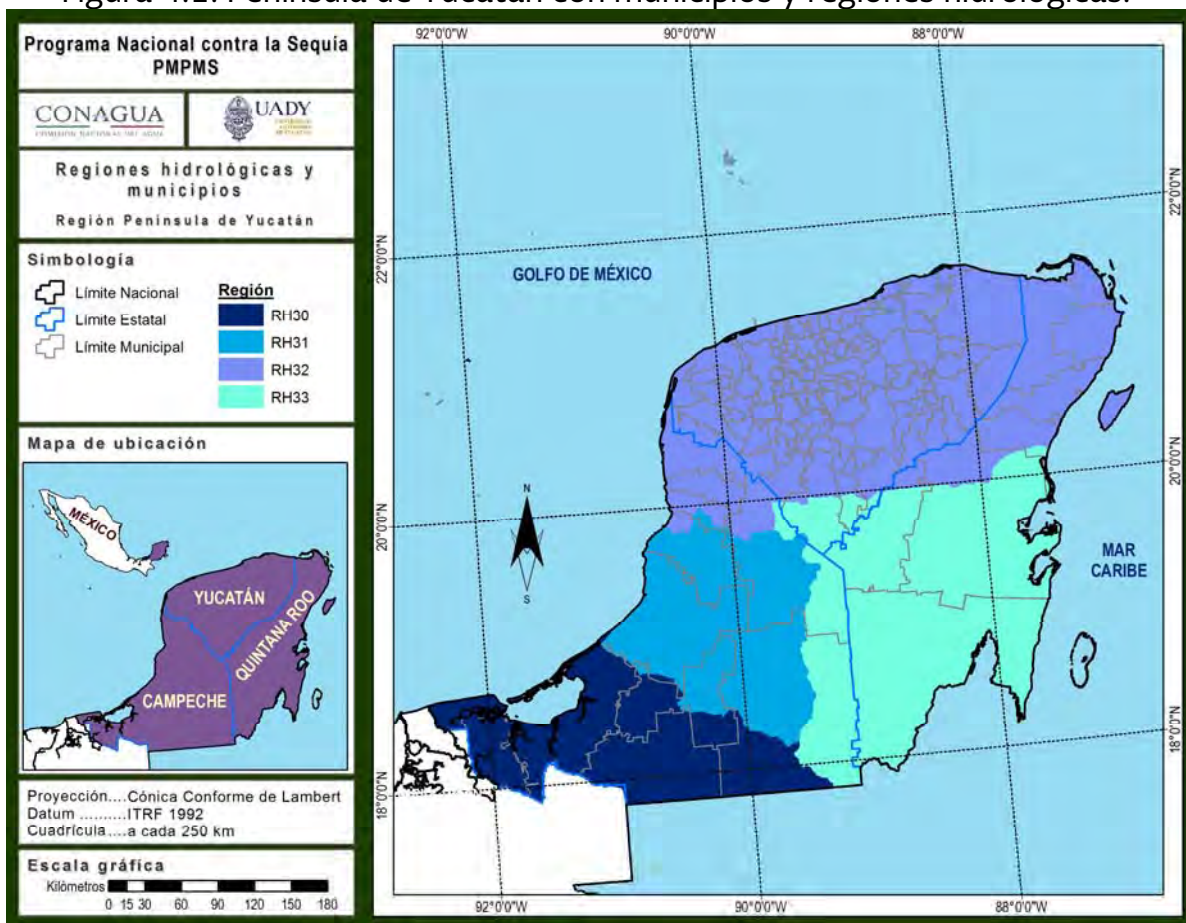
CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA PENÍNSULA DE YUCATÁN

4.1 Características generales

4.1.1 Ubicación

La Península de Yucatán se localiza en el Sureste de la República Mexicana ($19^{\circ}40'$ - $21^{\circ}37'N$, $87^{\circ}30'$ y $-90^{\circ}26'E$), con una superficie aproximada de $140,000 \text{ Km}^2$ (Schmitter-Soto *et al.*, 2002 y Duno-de Stefano *et al.*, 2012). Conformada por tres estados, administrativamente, Campeche está constituido en 11 municipios, Quintana Roo en 10, y Yucatán con 106. La información hidrológica y de calidad del agua es integrada en regiones nombradas en los años 60, como regiones hidrológicas RH30, RH31, RH32 y RH33 y se presentan en la Figura 4.1.

Figura 4.1. Península de Yucatán con municipios y regiones hidrológicas.



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

4.1.2 Delimitación

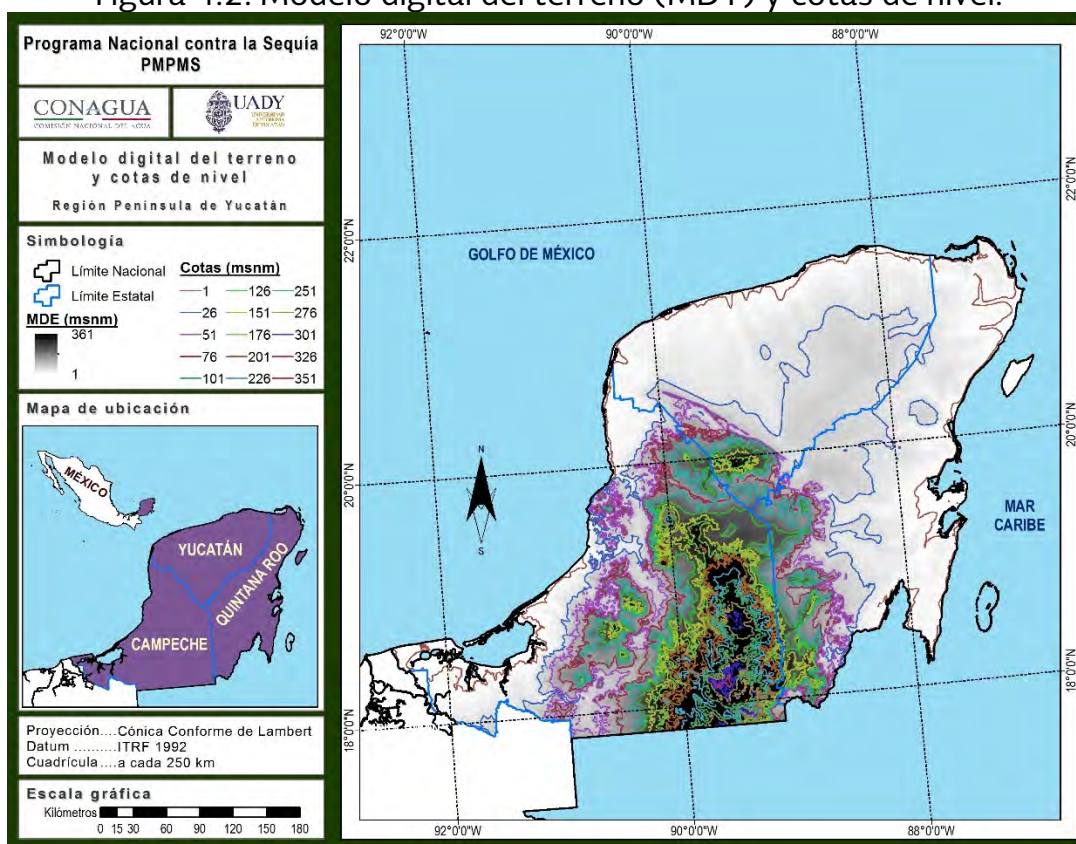
Los límites geomorfológicos de la Península de Yucatán según López, 1977 son: al Norte y parte Noroeste, el Talud continental del Banco de Campeche, al sur el Petén de Guatemala y las montañas de Belice, al Oriente el Talud continental del Mar Caribe, al Oeste la Planicie costera del Golfo de México, al SE del estado de Campeche y Oriente del estado de Tabasco.

4.1.3 Fisiografía

a) Relieve

Este elemento geográfico determina otros elementos como suelos, agua, vegetación, etc. La Península de Yucatán es una provincia fisiográfica con características muy diferentes al resto de la república mexicana, debido a la historia geológica que ha definido el territorio actual durante el neógeno y el cuaternario. La morfología de la Península de Yucatán es de grandes planicies estructurales y lomeríos que superan los 350 m al sur (Figura 4.2), y otras formas de relieve como planicies inclinadas, onduladas y escalonadas de geometría diversa (Lugo, 1999).

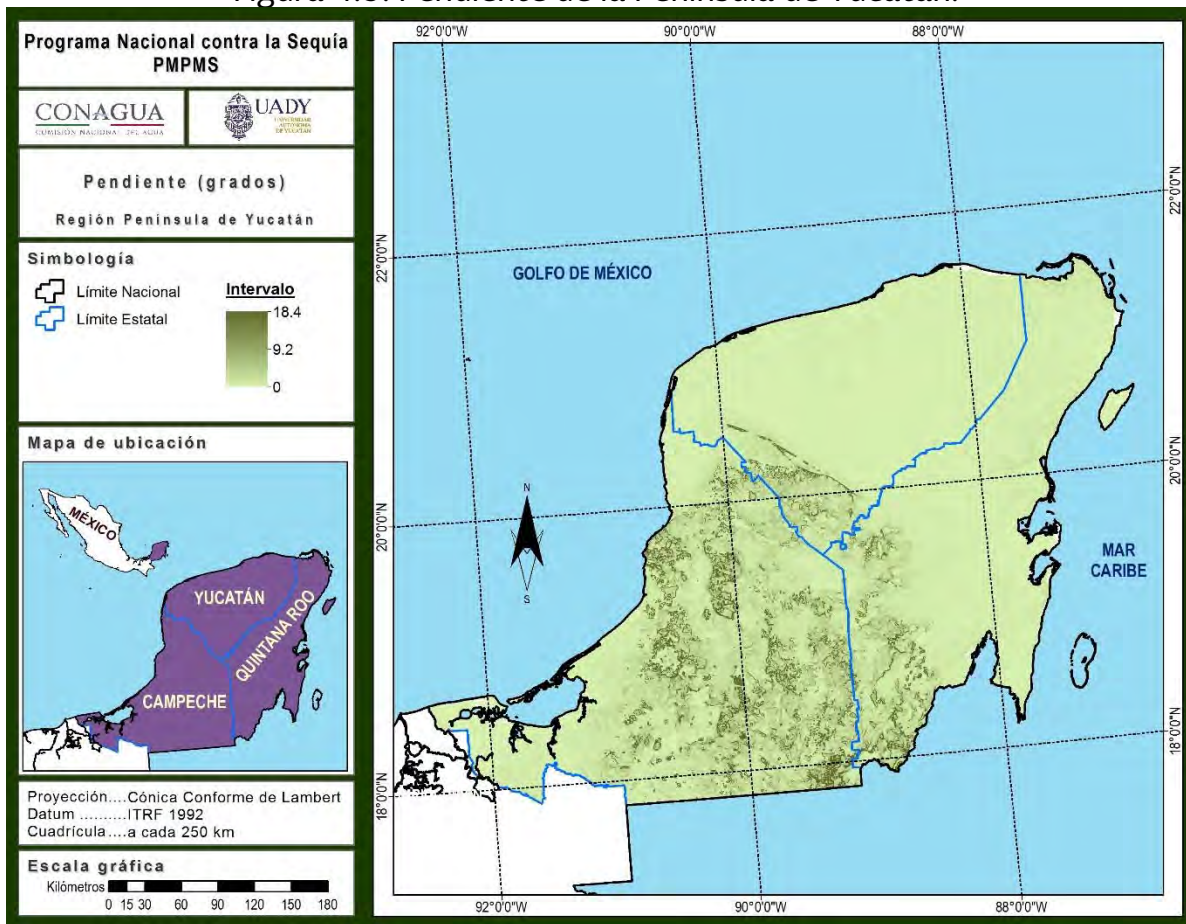
Figura 4.2. Modelo digital del terreno (MDT) y cotas de nivel.



Fuente: Elaboración propia, con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Según el INEGI (2002), la Península de Yucatán se formó por sedimentación calcárea, encontrándose cubierta por un mar de poca profundidad, que emergió poco a poco, unos centímetros cada siglo, adquiriendo una forma de relieve llana o plana, con escasa elevación sobre el nivel del mar y una ligera inclinación general de sus pendientes que no sobrepasan los 20 grados (Figura 4.3).

Figura 4.3. Pendiente de la Península de Yucatán.



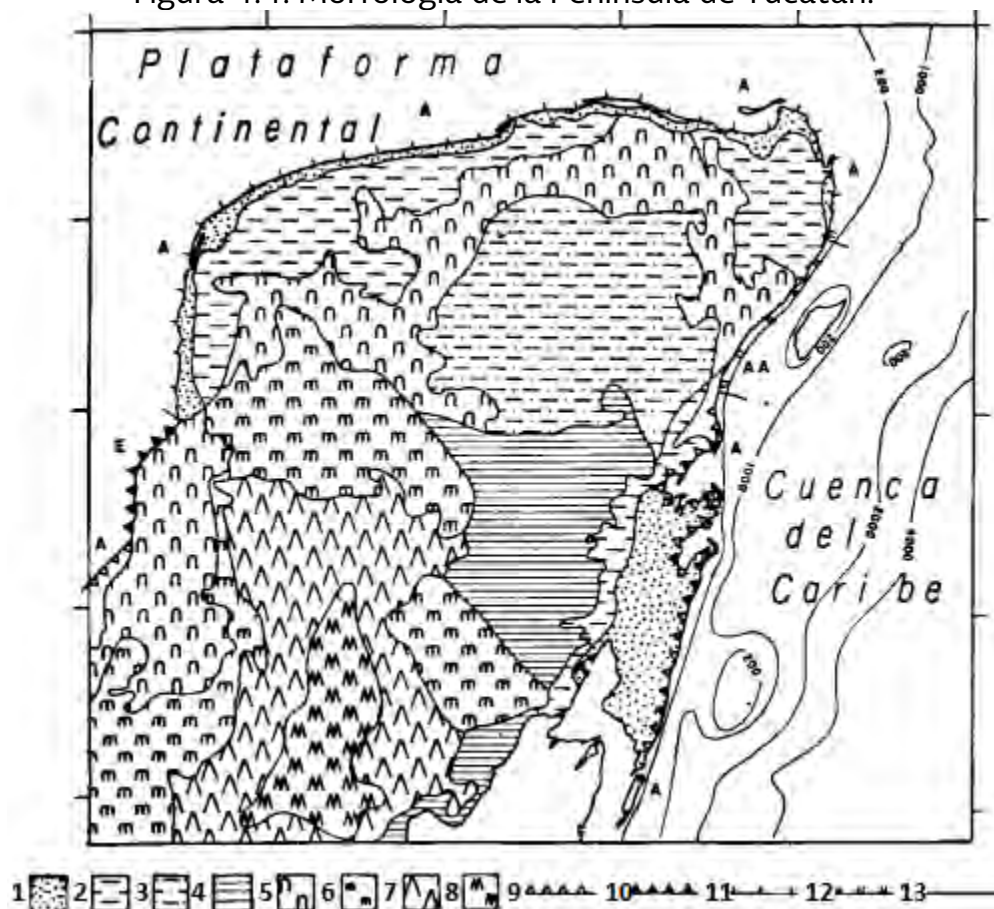
Fuente: Elaboración propia a partir de MDT proporcionado por CONAGUA, proyecto PHR 2007-2012.

Según Lugo (1999), la Península de Yucatán tiene dos unidades morfológicas principales, en la primera predominan las planicies y las rocas sedimentarias marinas Neogénicas, en el sur, las planicies alternan con lomeríos de hasta 400 msnm en rocas marinas Oligocénicas. Esta configuración expresa un levantamiento a partir del mioceno en la porción meridional y en el norte de la Península se produce el ascenso esencialmente en el plioceno y cuaternario en dirección NE. El relieve más antiguo en la parte meridional corresponde con un grado mayor de erosión, lo que origina lomas y planicies basculadas y por su constitución de rocas calizas, muy resistentes.

En la Figura 4.4, se presentan las formas de relieve de la Península, descritas por Lugo-Hubp *et al.* (1992): **1-** Planicie de acumulación marina, formada principalmente en el Holoceno. **2-** Planicies estructurales: casi horizontal, de hasta de 10 m de altitud marginal a la costa; **3-** casi horizontal, de 10-20 m de altitud; **4-** casi horizontal, en localidades con lomeríos, altitud de 20-50 m; **5-**

planicie con lomeríos marginal a la costa, elevada, 10-50 m; **6.** planicies y lomeríos con altitud de 50-100 m. **7-** Lomeríos menores, de 100 a 200 m de altitud; **8-** lomeríos mayores, de 200 a 350 m de altitud. Dinámica de la línea de costa: **9-** en retroceso hacia el continente, por sumersión o por ascenso del nivel del mar; **10-** avance hacia el mar por emersión y/o por acumulación deltaica; **11-** avance hacia el mar por depósitos litorales; **12-** neutral; **13-** procesos dominantes en la costa: A, acumulación, AA, acumulación y abrasión (erosión marina); E, erosión.

Figura 4.4. Morfología de la Península de Yucatán.



Fuente: Lugo-Hubp et al, 1992.

b) Provincias fisiográficas de la Península de Yucatán

Según Duch (1991), las zonas fisiográficas son unidades territoriales que dividen una subprovincia fisiográfica, atendiendo a los distintos patrones específicos de asociación, que muestran los variados tipos de topofomas, considerando su forma, tamaño y predominancia en la asociación. En base a las

particularidades del terreno, este autor, propone la subdivisión de la Península de Yucatán en 5 provincias fisiográficas y 21 zonas fisiográficas (Figura 4.5).

I. Llanuras cársticas yucatecas, que ocupan la mayor parte del estado de Yucatán, la porción noroeste del estado de Campeche y algunas pequeñas superficies del estado de Quintana Roo, a todo lo largo del límite que lo separa del primero. Este territorio presenta una configuración general de llanuras onduladas, con promontorios, planadas y hondonadas, y se caracteriza por la presencia de cenotes y aguadas en toda la extensión que abarca 33, 073.62 Km².

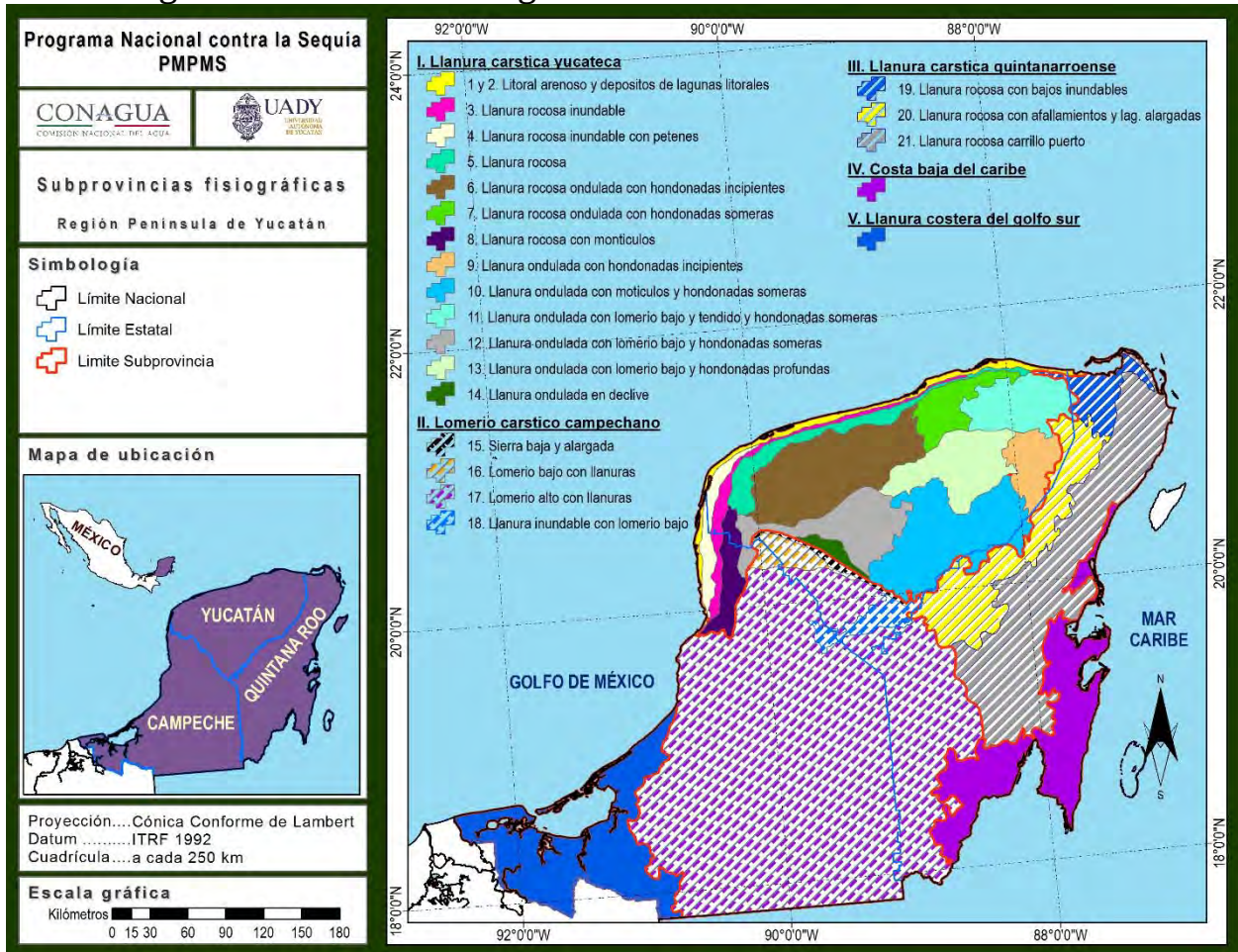
II. Lomeríos carsotectónicos campechanos, que comprenden casi todo el estado de Campeche en donde resalta la presencia de formaciones cerriles, unas de origen tectónico y cárstico, y otras en alternancia con bajos inundables. En esta subprovincia se presentan las mayores alturas del estado de Yucatán y de toda la Península en su conjunto (225 - 275m).

III. Llanuras cársticas Quintanarroenses, que abarcan principalmente el norte y centro del estado de Quintana Roo con pequeñas inclusiones al estado de Yucatán. La superficie del terreno es casi completamente plana, con una muy ligera inclinación hacia la costa del mar Caribe.

IV. Llanuras costeras del Caribe, constituye la menor de las subprovincias fisiográficas y ocupa la esquina suroriental del estado de Quintana Roo, en colindancia con la república de Belice. El relieve está definido por terrenos bajos y planos con ligeras ondulaciones debidas a pequeños promontorios. Su principal rasgo es la presencia de numerosas lagunas que se encuentran aparentemente conectadas entre sí.

V. Llanura costera del Golfo Sur, que se localiza al suroeste de Escárcega y hacia la laguna de Términos. Esta provincia no está descrita como tal por Duch.

Figura 4.5. Provincias fisiográficas de la Península de Yucatán.

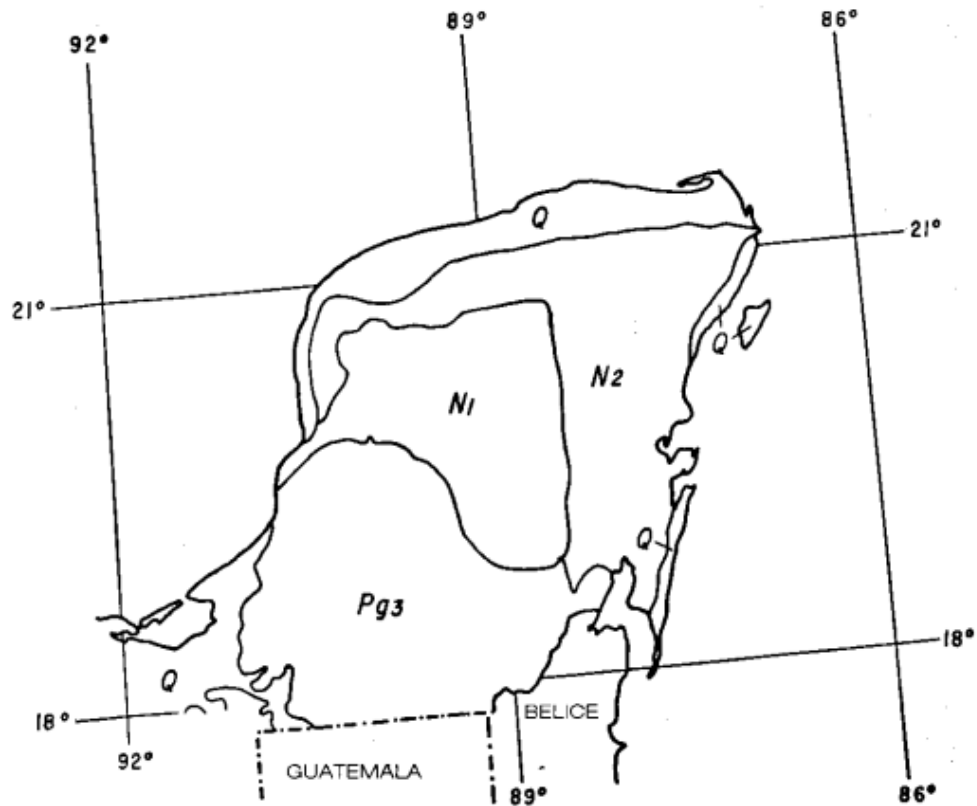


Fuente: Elaboración propia con información de Duch, 1991. La zona fisiográfica número 21 no está marcada como tal ni descrita por Duch.

4.1.4 Geología

La Península de Yucatán es una estructura geológica que corresponde a una plataforma (un conjunto de rocas sedimentarias), con un grosor de más de 3,500 metros, que descansan sobre un basamento paleozoico (Figura 4.6). La constitución geológica de la superficie de la Península es en su totalidad de rocas sedimentarias marinas (calizas y derivadas), las edades abarcan del Paleoceno, al Cuaternario. Los estratos más antiguos constituyen la serie del Paleoceno-Eoceno, consistentes en calizas que forman la sierrita de Ticul y localidades cercanas. Más joven es la formación Chichén Itzá del Eoceno. Del Mioceno y Plioceno son rocas calizas en la porción septentrional (Lugo-Hubp et al., 1992).

Figura 4.6. Geología de la Península de Yucatán.



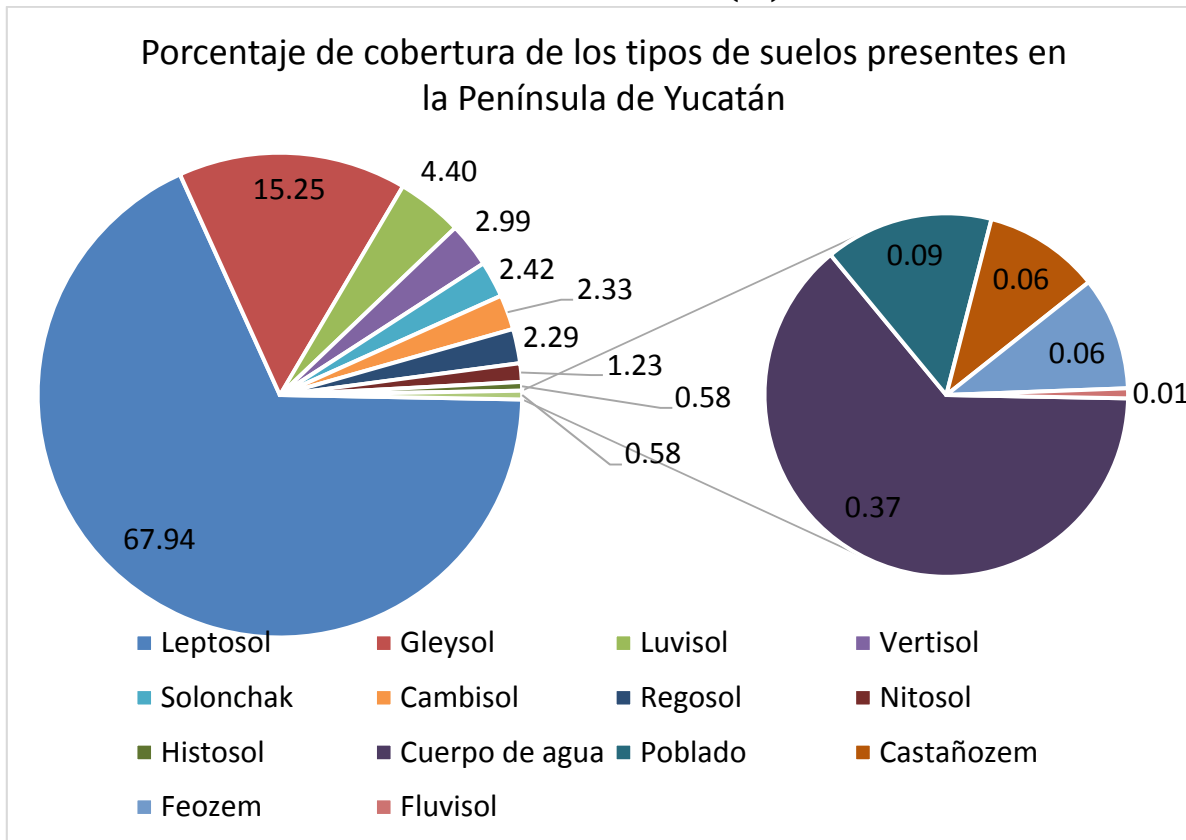
Q: cuaternario; N2: Neógeno superior (Plioceno); N1: Neógeno inferior (Mioceno); Pg3: Paleógeno superior: (Oligoceno). Fuente: Lugo-Hubp et al., 1992.

4.1.5 Edafología

El suelo es un cuerpo natural que se localiza en la corteza terrestre donde la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera se sobrelapan, producto de la interacción de los factores formadores de suelo, es decir, de los procesos de intemperización y neoformación de minerales, descomposición y humificación de la materia orgánica, formación de estructura, translocación de materia, uso y manejo por el hombre (Bautista et al., 2010).

Las asociaciones de suelo con mayor extensión son: Leptosoles 67.94% (Rendzinas + Litosoles), en zonas cársticas recientes y juveniles; Gleysoles 15.25%, en zonas costeras, Luvisoles 4.40%, en planicies cársticas maduras; Vertisoles 2.99%, al Sur y Noreste; Solonchak 2.42% en la costa; Regosol (2.29%) e Histosol (0.58%), en litoral y planicie costera (Figura 4.7).

Figura 4.7. Cobertura de los principales tipos de suelos presentes en la Península de Yucatán (%).



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Los principales grupos del suelo según Bautista *et al.*, 2005 son (Figura 4.8):

Leptosol (LP). Suelos poco profundos, de colores oscuros, están limitados por roca continua o un material con más de 40% de carbonato de calcio dentro de los primeros 25 cm de profundidad.

Gleysol (GL). Suelos que tienen propiedades gleyicas dentro de los primeros 50 cm de profundidad y no tienen otro horizonte que no sea antrácuico, ándico, cálcico, cámbico, gípsico, plíntico, vítrico, mólico, úmbrico, sálico, takírico, hístico, ócrico o sulfúrico.

Luvisol (LV). Suelos que tienen un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, son levemente ácidos y altamente fértiles, son de color rojo o pardo rojizo.

Cambisol (CM): Son suelos jóvenes y poco desarrollados pueden presentar ligera acumulación de arcilla, CaCO_2 , Fe, Mn, etc. Estos suelos son altamente susceptibles a la erosión.

Vertisol (VR). Son suelos que se presentan en climas templados donde hay una marcada época de secas y lluvias.

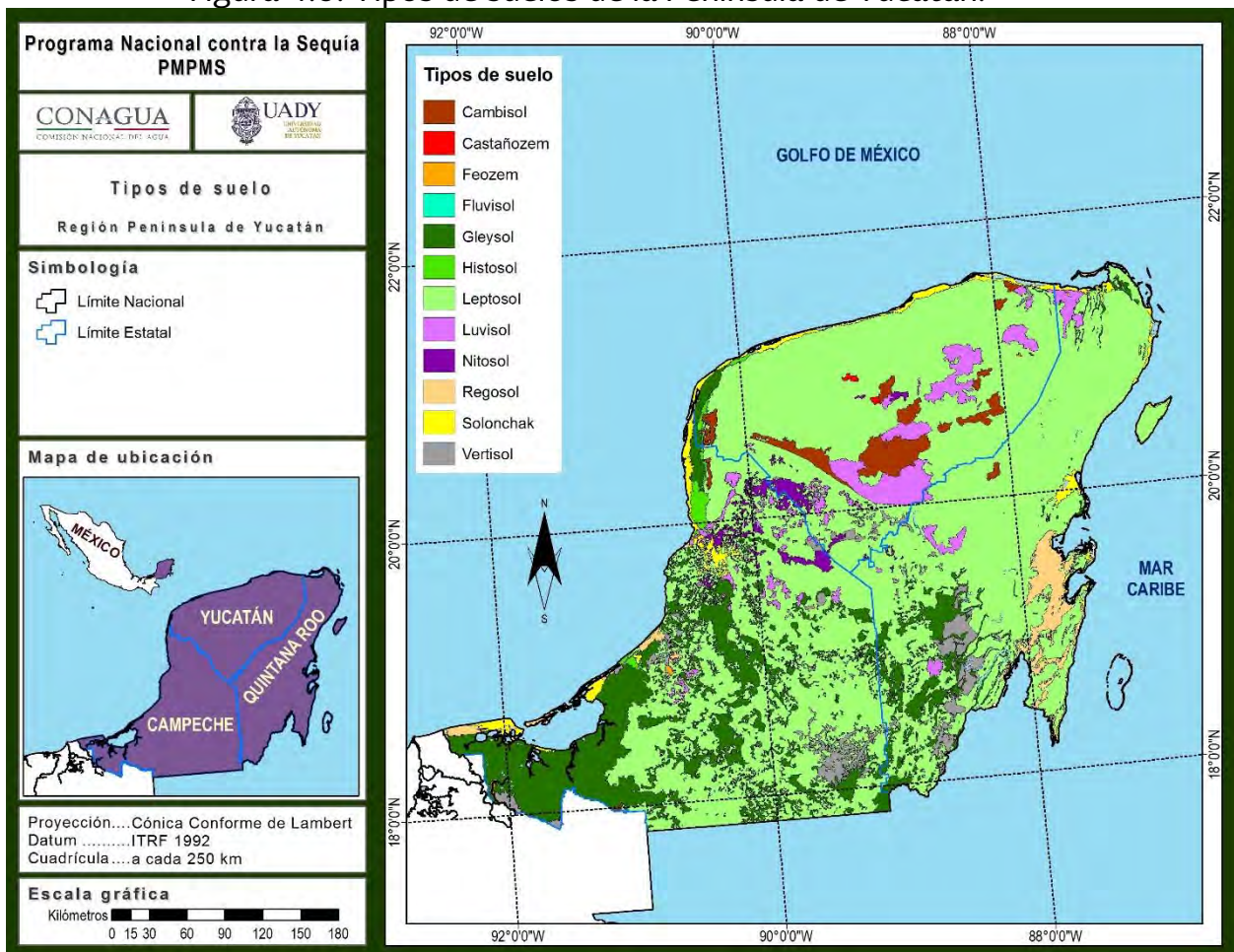
Regosol (R). Suelos que no presentan diferenciación clara entre los horizontes.

Solonchak (Z). Suelos que presentan un alto contenido de sales en alguna parte o en todo el perfil.

Nitisol (N). Suelos muy profundos (150 cm) enriquecidos con arcilla y de color rojo.

Feozem (H). Tiene una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrimentos.

Figura 4.8. Tipos de suelos de la Península de Yucatán.



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

4.1.6 Degradación y erosión de los suelos

La SEMARNAT (2010a) define la degradación del suelo como la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica de las tierras agrícolas, de los pastizales, de los bosques y de las tierras arboladas, provocado por los sistemas de utilización de la tierra, por un proceso natural o por la combinación de diversos procesos naturales, además de los que resultan por actividades humanas. Esta puede ser de tipo física y química. La siguiente tabla 4.1 presenta la superficie de suelos afectada por la degradación física o química en las tres entidades de la Península de Yucatán.

Tabla 4.1. Degradación física y química de los suelos de la península de Yucatán (miles de hectáreas), 2002.

Entidad	Degradación física				Degradación química			
	Li	Mo	Se	Ex	Li	Mo	Se	Ex
Campeche	716.6	0	0	29.7	1,355.9	49.6	0	0
Quintana Roo	104.1	0	11.4	68.6	1,011.9	8.2	0	0
Yucatán	624.4	0	8.7	108.2	2,096.5	21.2	11.3	1.6

Fuente: Atlas Geográfico del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, 2010a.

Por otro lado, la erosión del suelo es la destrucción, desprendimiento y eliminación del suelo de un lugar y su depósito en otro, mediante agentes erosivos como el agua, el viento, la nieve y la gravedad. Es un proceso irreversible y tiene lugar de forma habitual en la naturaleza, si bien su intensidad varía, la intervención del hombre hace que el proceso pueda verse fuertemente incrementado (SEMARNAT, 2010a). En la Península de Yucatán, no se presenta ningún tipo de erosión (eólica e hídrica).

4.1.7 Cobertura agrícola

Las características del suelo y el clima de la Península de Yucatán, limitan el desarrollo de la agricultura. El suelo es pedregoso y permeable, lo que impide modificaciones topográficas y el uso de maquinaria agrícola en los terrenos, y la permeabilidad no permite la formación de corrientes de aguas superficiales, lo cual ha obligado a depender de la lluvia de temporal con un régimen errático (Schmook, 2010).

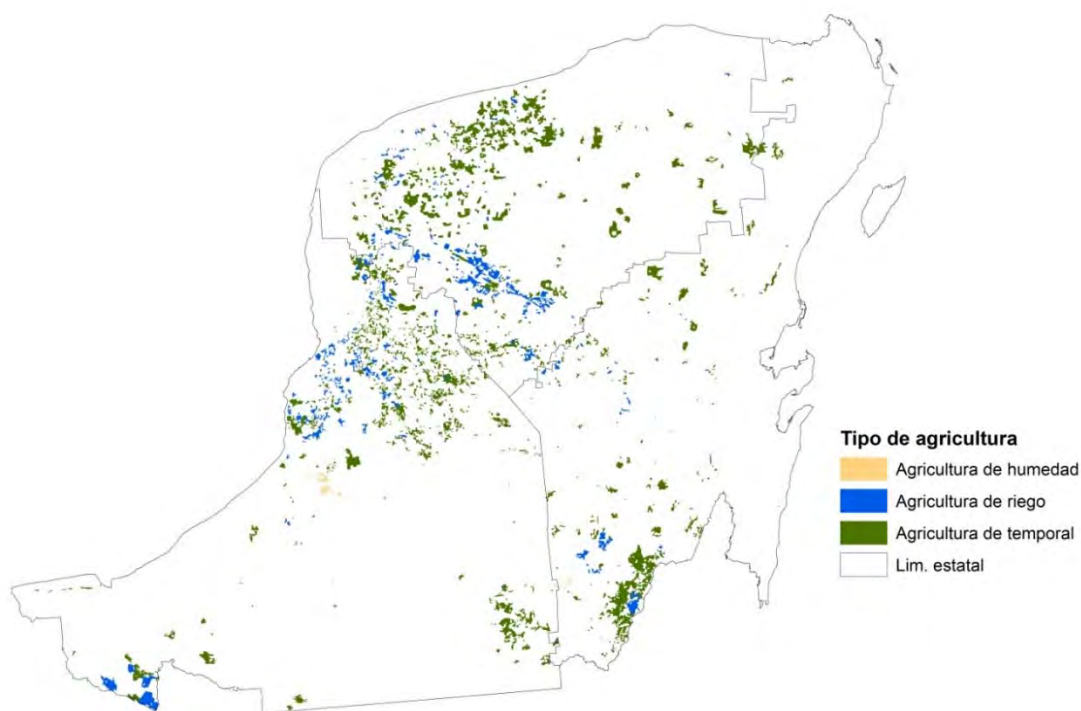
El uso agrícola modifica en mayor medida el ambiente conforme se incrementa la utilización de las técnicas modernas de cultivos (Martínez *et al.*, 1999). En toda la Península de Yucatán, la agricultura tradicional de roza, tumba y quema

ha sido practicada por siglos por los antiguos y actuales pueblos mayas (Salgado, 2010).

Abarca las superficies con infraestructura de riego, las de temporal y las de humedad (Figura 4.9). De estos tipos de agricultura presentes en la Península de Yucatán, la de riego aumentó en los últimos 15 años, localizándose las mayores superficies al sur de Quintana Roo, la de temporal disminuyó, como resultado del abandono de las superficies dedicadas al cultivo de henequén, principalmente en Yucatán, dado que este es un cultivo de temporal. La superficie dedicada a los pastizales cultivados, se incrementó desplazando áreas de selvas o bien mezclándose con esta. Derivado del sistema agrícola dominante en la región, se cultivan más de 170,000 hectáreas únicamente en Yucatán, que han provocado cambios directos en la cobertura forestal (Rico-Gray, 1992; Bautista *et al.*, 2005; Toledo *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2010).

Como resultado del incremento de la población humana y la consecuente demanda de tierra, la agricultura tradicional Maya está cambiando a una mayor intensidad y tecnificación (Salgado, 2010), lo que ha llevado a la reducción del periodo de descanso de la vegetación por presiones económicas y sociales, dando como resultado un mosaico muy diverso de milpas y parches de selvas en diferentes etapas de sucesión (Daniels *et al.*, 2008; Jiménez *et al.*, 2010). La milpa prehispánica elimina la cobertura de vegetación natural (Wiseman, 1978) y entra en conflicto con la biodiversidad cuando el número de agricultores aumenta, y el fuego se escapa del control de los milperos, ocasionando incendios en los terrenos colindantes (Córdoba *et al.*, 2000; Eastmond y García, 2010).

Figura 4.9. Tipos de agricultura en la Península de Yucatán.



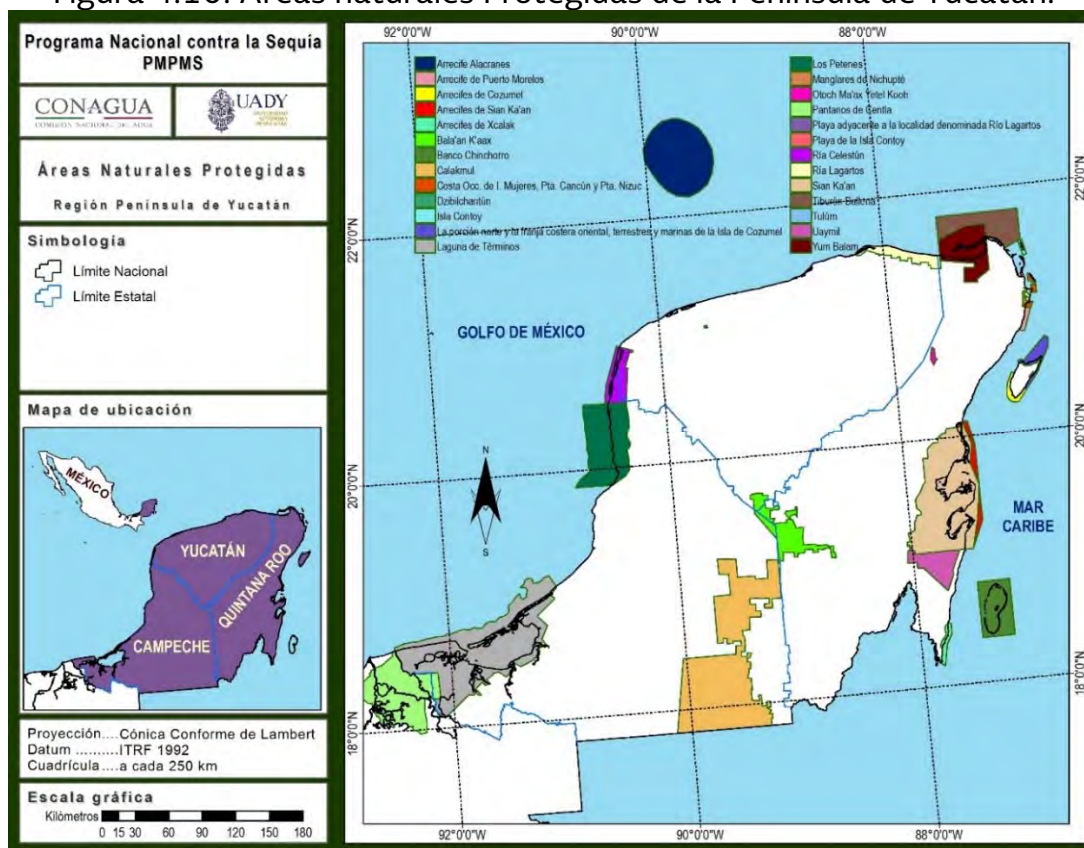
Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

4.1.8 Áreas naturales protegidas

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), las áreas naturales protegidas, son “...las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas...” (DOF, 2010). Debido a la gran cantidad de arrecifes de coral, islas y zonas de humedales, no es de extrañar el esfuerzo para incluir como áreas protegidas porciones de sistemas litorales y marinos. Según datos de CONANP (2013), la superficie protegida de los tres estados sobrepasa las 4,500,000 ha (Campeche 2 338,936 ha, Quintana Roo 1,572,470 ha, Yucatán 685,394 ha).

La Figura 4.10, presenta los polígonos de las principales áreas naturales protegidas de carácter federal en la Península de Yucatán, y posteriormente se presentan tres Tablas (4.2, 4.3 y 4.4) de estas zonas de conservación por estado; Campeche, Quintana Roo y Yucatán, con su respectiva superficie y categoría de manejo.

Figura 4.10. Áreas naturales Protegidas de la Península de Yucatán.



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Tabla 4.2. Áreas naturales protegidas del estado de Campeche.

Nombre	Superficie (ha)	Categoría	Orden de Gobierno
Calakmul	719,000	Reserva de la biosfera	Federal
Balan-Kim	110,990	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatad
Balam-Ku	409,200	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatad
Salto Grande	1,570	Parque urbano	Municipal
Laguna Ik 2006	28,820	Jardín de regeneración y conservación de especies	Municipal
Laguna de Términos	705,016	Área de protección de flora y fauna	Federal
Petenes	282,858	Reserva de la Biosfera	Federal
Celestún (porción Campeche)	81,482	Reserva de la Biosfera	Federal

Fuente: Villalobos-Zapata, 2010.

Tabla 4.3. Áreas naturales protegidas del estado de Quintana Roo.

Nombre	Superficie (ha)	Categoría	Orden de Gobierno
Parque Urbano Kabah	41.48	Parque urbano	Estatal
Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal	281,320	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal
Refugio de Flora y Fauna, Laguna Manatí	202.99	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal
Refugio estatal de flora y fauna, sistema lagunar Chacmochuch	1,914.52	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal
Refugio estatal de flora y fauna, laguna Colombia	1,113.54	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal
Santuario de la tortuga marina, Xcaceel-Xcaceelito	362.1	Zona sujeta a conservación ecológica	Estatal
Chankanaab	9.23	Parque natural municipal	Municipal
Ombliigo Verde	-	Zona de Preservación Ecológica	Municipal
Reserva especial de la biosfera Isla Contoy	5,126	Parque Nacional	Federal
Parque Nacional de Tulum	664	Parque Nacional	Federal
Costa occidental de Isla Mujeres Punta Cancún y Punta Nizuc	8,673.06	Parque marino nacional	Federal
Arrecifes de Cozumel	11,987	Parque marino nacional	Federal
Sian Kaan	528,147	Reserva de la Biosfera	Federal
Arrecifes de Sian Kaan	34,927	Reserva de la Biosfera	Federal
Uaymil	84,088.	Área de protección de flora y fauna	Federal
Yum Balam	313,024	Área de protección de flora y fauna	Federal
San Felipe Bacalar	8,000	Campo experimental forestal	Federal
Bala an Ka ax	116,480	Área de protección de flora y fauna	Federal
Arrecifes de Xcalak	13,340	Parque Nacional	Federal
Banco Chinchorro	144,360	Reserva de la Biosfera	Federal
Arrecifes de Puerto Morelos	9,066	Parque Nacional	Federal
Otoch Ma ax Yetel Kooh	5,367.42	Área de protección de flora y fauna	Federal
Manglares de Nichupté	4,257	Área de protección de flora y fauna	Federal

Fuente: Presas, 2011.

Tabla 4.4. Áreas naturales protegidas del estado de Yucatán.

Nombre	Superficie (ha)	Categoría	Orden de Gobierno
Dzibilchaltún	539.43	Parque Nacional	Estatal
Dzilam	85,556.98	Reserva estatal	Estatal
El Palmar	50,177	Reserva estatal	Estatal
Kabah	949.76	Parque estatal	Estatal
San Juan Bautista-Tabi-Sacnité	1,355.74	Área natural protegida de valor escénico, histórico y cultural	Estatal
Lagunas de Yalahau	5,683.28	Parque estatal	Estatal
Ciénagas y manglares de la costa norte de Yucatán	54,776.726	Reserva estatal	Estatal
Reserva Cuxtal	10,757	Reserva Ecológica Municipal	Municipal
Arrecife Alacranes	333,768.5	Parque Nacional	Federal
Ría Celestún	81,482.33	Reserva de la Biosfera	Federal
Ría Lagartos	60,347.82	Reserva de la Biosfera	Federal

Fuente: SEDUMA, 2013 y Ruiz y Arellano, 2010.

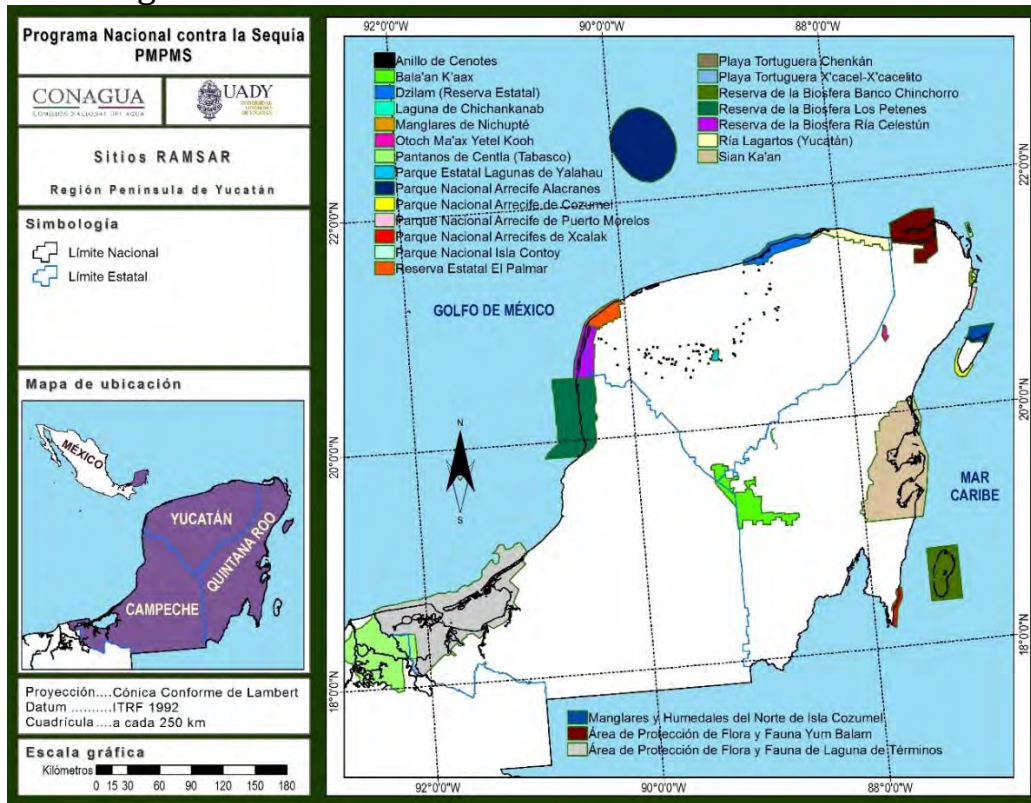
4.1.9 Sitios RAMSAR

La Ley de Aguas Nacionales define a los humedales como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Los humedales representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, por lo que es necesario llevar a cabo acciones que aseguren el mantenimiento de sus características ecológicas. En México a partir del 2003, la CONANP es la entidad administrativa encargada de atender aquellos humedales que han sido reconocidos por su importancia internacional por la Convención RAMSAR (CONANP, 2013).

Existen 23 sitios RAMSAR en la Península de Yucatán. En la Figura 4.11 se presentan los polígonos de los sitios RAMSAR de la Península de Yucatán, y en las tablas 4.5, 4.6 y 4.7, las superficies que ocupan por estado.

Figura 4.11. Sitios RAMSAR de la Península de Yucatán.



Fuente: archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Tabla 4.5. Sitios RAMSAR en Campeche.

Nombre	Superficie (ha)
1. Reserva de la Biosfera los Petenes	282,857
2. Área de protección de Flora y Fauna Laguna de Términos	705,016
3. Playa tortuguera Chenkán	187
Total	988,060

Fuente: CONANP, 2013.

Tabla 4.6. Sitios RAMSAR en Quintana Roo.

Nombre	Superficie (ha)
1. Parque Nacional Isla Contoy	5,126
2. Parque Nacional Arrecifes de Xcalak	17,949
3. Sian Ka an	652,193
4. Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos	9,066
5. Bala an Kaax	131,610
6. Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro	144,360
7. Área de protección de flora y fauna Yum Balam	154,052
8. Playa tortuguera Xcacel-Xcacelito	362
9. Laguna de Chichankanab	1,999
10. Parque Nacional Arrecife de Cozumel	11,987
11. Manglares de Nichupté	4,257
12. Manglares y humedales del Norte de Isla Cozumel	32,786
Total	1 165,747

Fuente: CONANP, 2013.

Tabla 4.7. Sitios RAMSAR en Yucatán.

Nombre	Superficie (ha)
1. Humedal para la conservación de aves acuáticas Reserva Ría Lagartos	60,348
2. Dzilam	61,707
3. Reserva estatal el Palmar	50,177
4. Reserva de la Biosfera Ría Celestún	81,482
5. Parque estatal lagunas de Yalahau	5,683
6. Otoch Ma ax Yetel Koch	5,367
7. Parque Nacional Arrecife Alacranes	333,769
8. Anillo de cenotes	300,000
Total	898,533

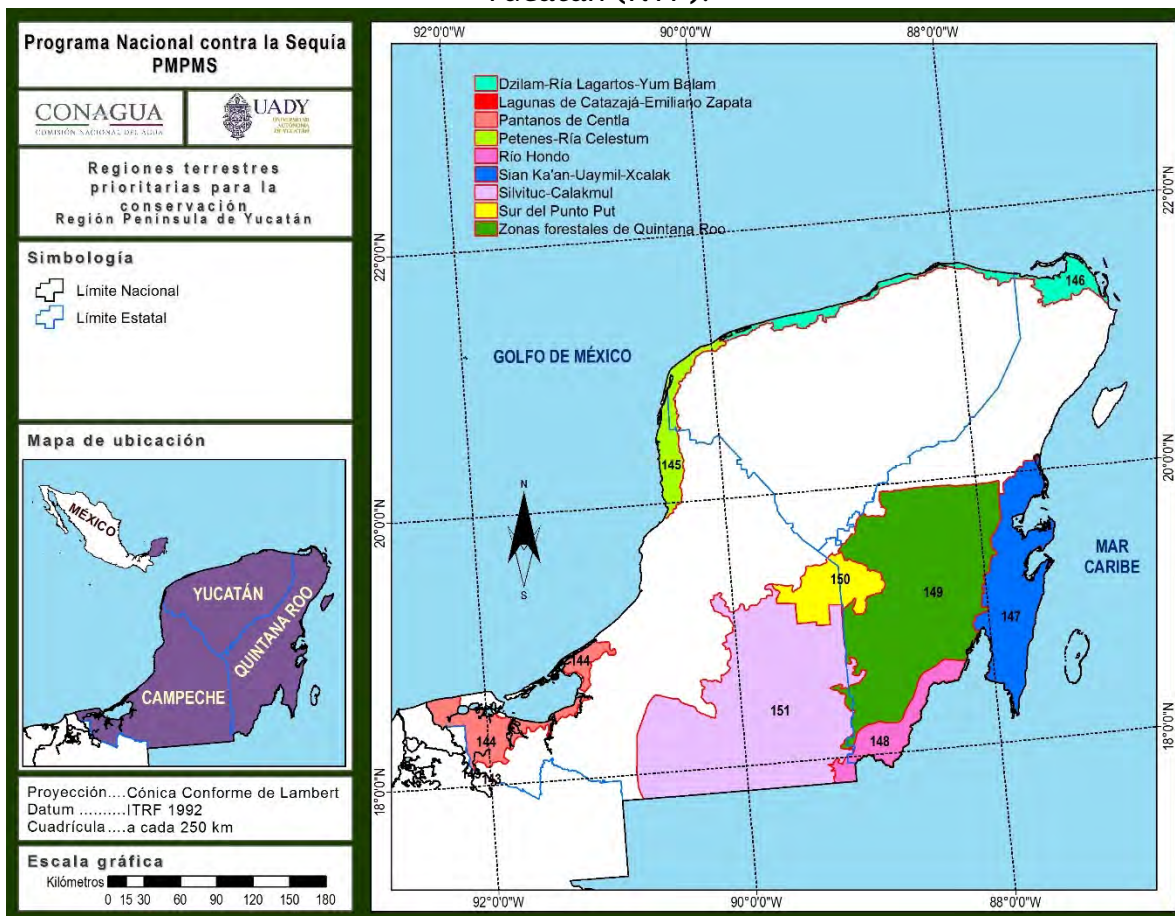
Fuente: CONANP, 2013.

4.1.10 Regiones ambientales prioritarias

La identificación de regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en México es el resultado de diversas iniciativas de instituciones que concentran sus esfuerzos en la investigación y en la conservación de la biodiversidad (Arriaga *et al.*, 2009). Estas regiones prioritarias se han dividido en terrestres y marinas y su regionalización se hizo con la participación de expertos en los

sectores académico, gubernamental, social y de ONGs. En la siguiente Figura 4.12, se puede observar las regiones ambientales prioritarias terrestres de la Península de Yucatán (RTP).

Figura 4.12. Regiones ambientales prioritarias terrestres de la Península de Yucatán (RTP).



Fuente: Arriaga et al., 2000.

En la siguiente tabla (4.8), se presenta la superficie, y las entidades en donde se encuentran estas nueve regiones ambientales prioritarias terrestres.

Tabla 4.8. Regiones ambientales prioritarias terrestres de la Península de Yucatán.

Clave	Nombre	Entidades	Superficie (km²)	Valor para la conservación
RTP-143	Lagunas de Catazaja-Emiliano Zapata	Campeche, Chiapas y Tabasco	1,197	3
RTP-144	Pantanos de Centla	Campeche y Tabasco	8,366	3
RTP-145	Petenes Ría Celestún	Campeche y Yucatán	2,113	3
RTP-146	Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam	Yucatán y Quintana Roo	3,204	3
RTP-147	Sian Kaan-Uaymil-Xcalak	Quintana Roo	6,808	3
RTP-148	Río Hondo	Quintana Roo	2,555	3
RTP-149	Zona forestal de Quintana Roo	Quintana Roo	17,949	3
RTP-150	Sur de punto PUT	Campeche y Quintana Roo	2,953	3
RTP-151	Silvituc- Calakmul	Campeche y Quintana Roo	20,475	3

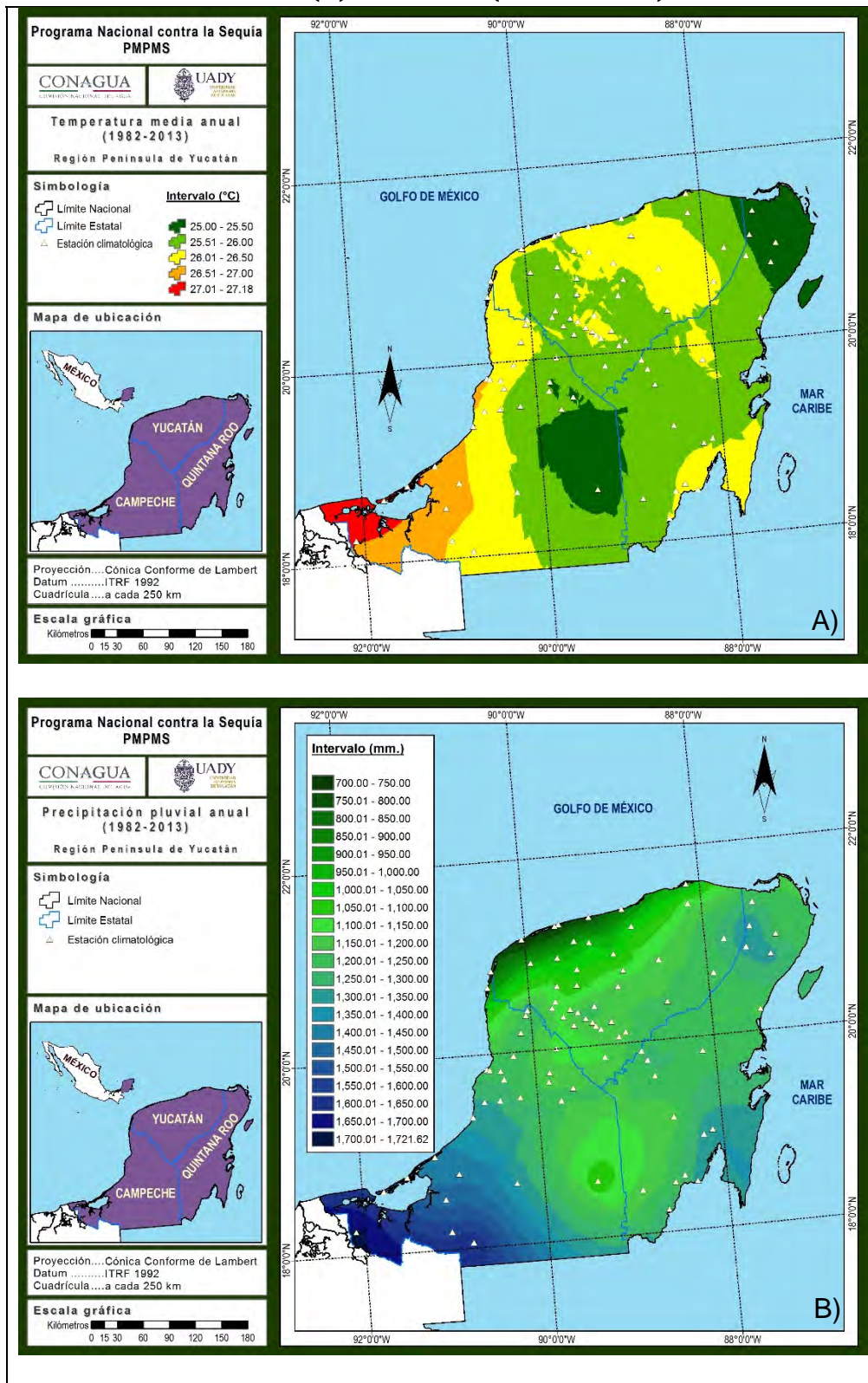
Fuente: Arriaga et al., 2000.

4.2 Clima

4.2.1 Meteorología

Según Orellana et al., 2009, el clima, al igual que el estado del tiempo, está integrado por factores como la latitud, altitud, orografía, continentalidad, circulación de la atmósfera y corrientes marinas. Los elementos que más se usan para caracterizar el clima son la temperatura media y la precipitación (Figura 4.13).

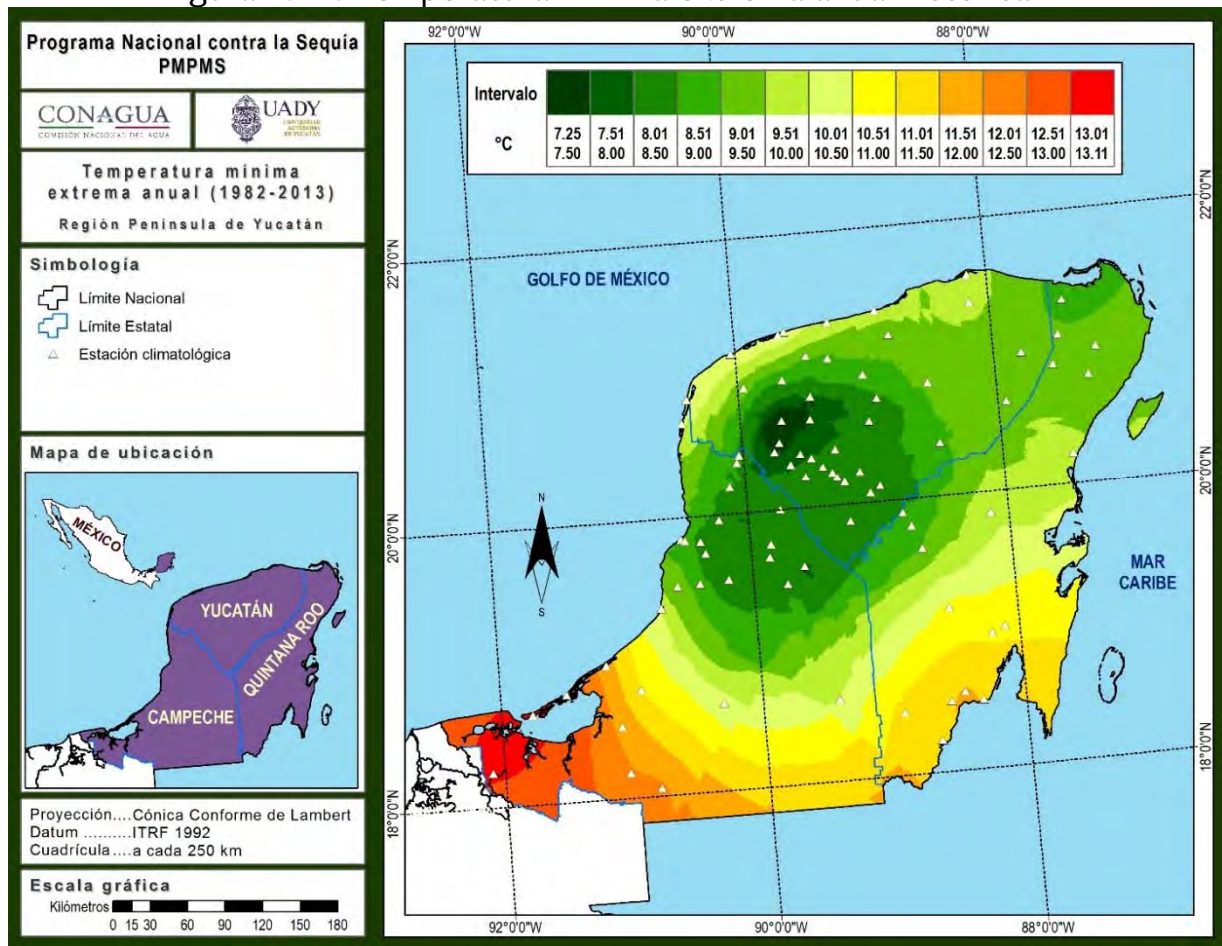
Figura 4.13. Temperatura media anual en °C (A) y precipitación pluvial anual en mm (B) históricas (1982-2013).



Fuente: Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Otras dos variables que complementan el comportamiento de la temperatura y que también proporcionan información relevante del clima, son la temperatura máxima extrema y la temperatura mínima extrema anual. En cuanto a la temperatura mínima extrema anual de la península de Yucatán, ésta oscila entre los 7 y los 13 °C; presentándose las mínimas más extremas alrededor de la ciudad de Mérida (Figura 4.14).

Figura 4.14. Temperatura mínima extrema anual histórica



Fuente: Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, datos de temperatura proporcionados por CONAGUA.

La observación de las características de la temperatura media y la precipitación, durante los últimos años, es precisamente lo que ha llevado a pensar que se está presentando un calentamiento a nivel global (Orellana *et al.*, 2009). La región tiene una temperatura media anual de 26°C, y de acuerdo con Magrin *et al.*, (2007), para la zona Maya (Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Tabasco y Yucatán en México, y los países Centroamericanos de Belice, Guatemala, Honduras y El Salvador) se predice un incremento en la temperatura promedio de 2 al 3.5°C para el 2090.

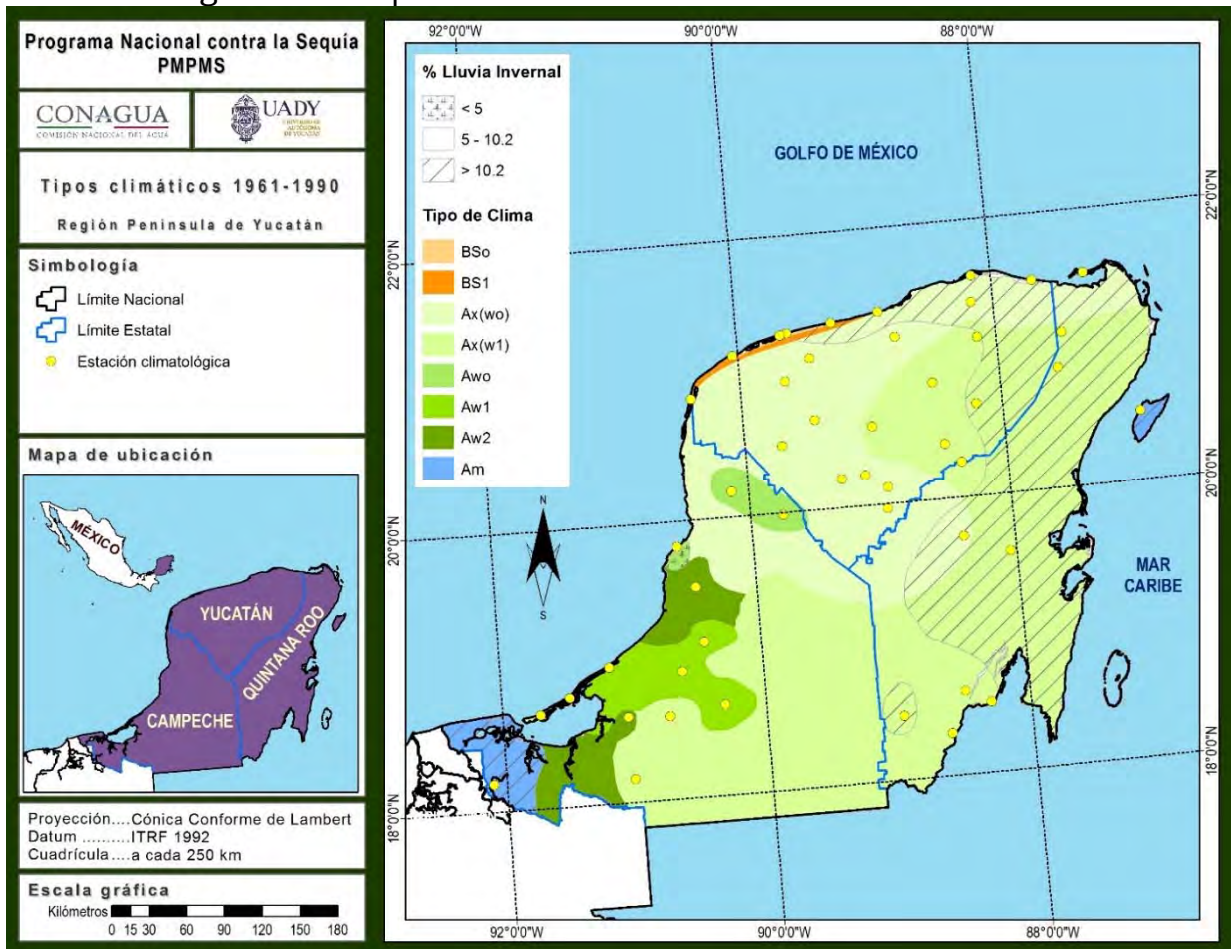
Algunos de los efectos del cambio climático se traducirán en cambios en la distribución de las precipitaciones y en la ocurrencia e intensidad de los huracanes y las sequías. Las proyecciones para la Península de Yucatán reportan una reducción de precipitación anual del 10 al 15% y más del 30% durante la estación seca y lluviosa con respecto al promedio del periodo 1980-1999 (Barcena *et al.*, 2010). Esta disminución en la precipitación podría provocar el aumento de periodos intensos de sequía, disminución en la productividad de las actividades agropecuarias con una consecuente reducción en la producción de alimentos, así como una mayor frecuencia de incendios forestales (Galindo, 2007).

Una característica climática que gobierna la estacionalidad de la precipitación pluvial es la Corriente Tropical y la Corriente del Noroeste; la primera formada por masas calientes y húmedas, procedentes del Caribe y del Atlántico Norte, causantes principales de las lluvias estivales. La corriente del noroeste está formada por distintas corrientes, pero las que tienen influencia en la región proceden de la masa continental de los Estados Unidos y Canadá, que en general son calientes y secas en estío, frías y relativamente húmedas, en invierno. Estas últimas son las que producen los “Nortes” (Contreras, 1958), los cuales son causantes de la precipitación que se presenta de noviembre a enero en la Península de Yucatán. Estas corrientes (tropical y del noroeste) rigen la variación en la cantidad de lluvia que cae anualmente en toda la Península, unos años por exceso y otros por ausencia, provocando como resultados altibajos en las actividades agropecuarias (Mendoza y Ku, 2010).

Para entender la precipitación en la Península de Yucatán es importante tener presente: 1) que existe un marcado gradiente barométrico desde la zona de altas presiones del Atlántico hacia las bajas presiones. La condición anticiclónica provoca sequía. 2) Al no existir marcada orografía en la región, las masas de aire cargadas no precipitan de manera frontal. 3) Sin embargo, el ascenso por calentamiento de estas masas de aire, seguido por enfriamiento adiabático y posterior descenso con precipitación, son fenómenos muy comunes denominados lluvias convectivas (Balam *et al.*, 1999).

Para representar esta variable geográficamente, ha sido empleada la clasificación climática de Köppen, adaptada a las condiciones presentes en la Península de Yucatán. Se encuentran representados dos grupos climáticos que se dividen en varios tipos (grupo + régimen de lluvias) y subtipos (variantes climáticas con condiciones de temperatura y régimen de lluvias, canícula, oscilación térmica y marcha de la temperatura) (Balam *et al.*, 1999). El mapa de esta variable (1961-1990), se presenta en la Figura 4.15, y la definición de los grupos climáticos y subtipos se presentan en el anexo 4.1 de este capítulo.

Figura 4.15. Tipos climáticos de la Península de Yucatán.



Fuente: Orellana et al., 2009.

La evapotranspiración (ET), es la cantidad de agua que regresa a la atmósfera en forma de vapor y transpiración biológica de los vegetales (Herrera, 2011). Es una variable clave que engloba la pérdida de agua de los cultivos por transpiración y del suelo por evaporación. Poco más del 70% del agua que llueve en el país se evapotranspira y ésta regresa a la atmósfera, el resto escurre por los ríos o arroyos o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos.

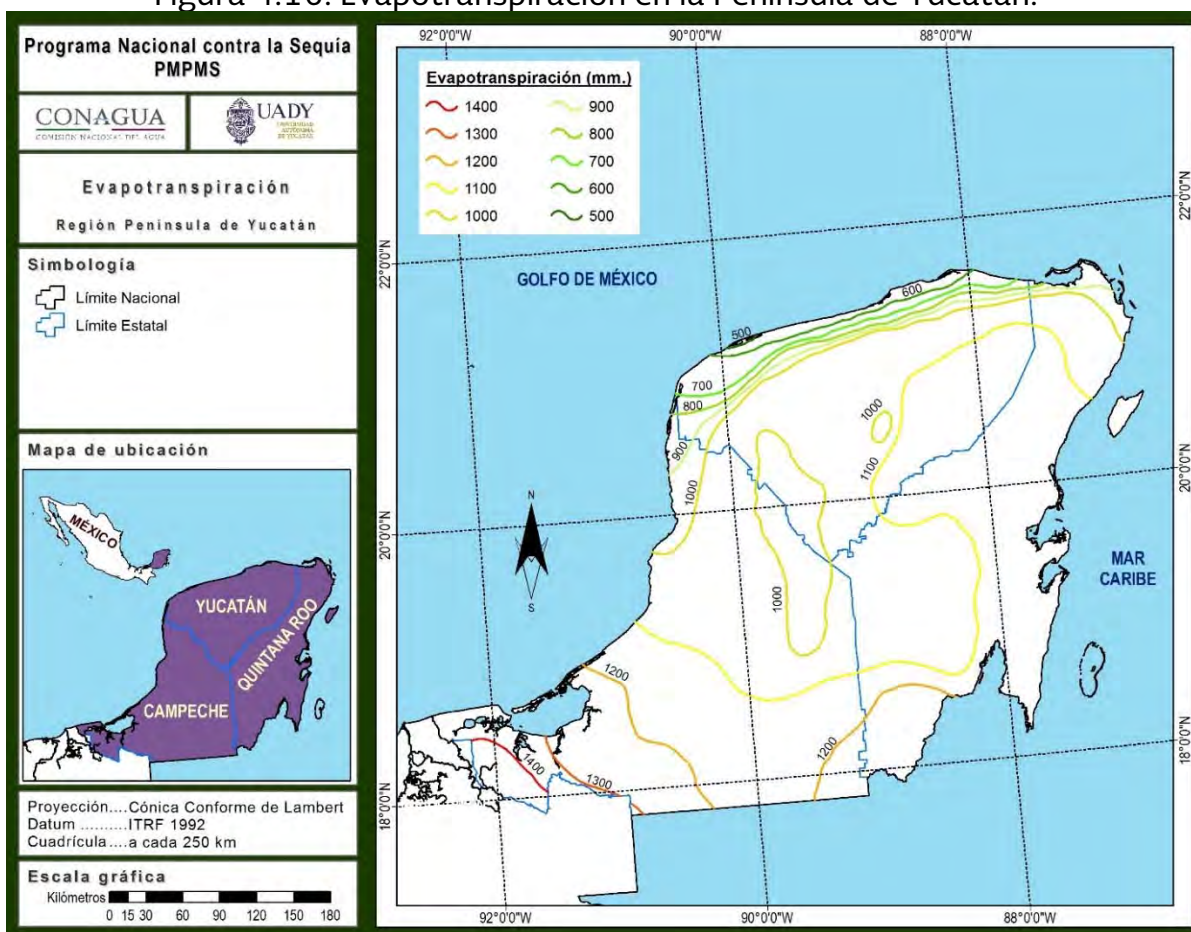
Con respecto a los valores medios anuales de evapotranspiración, según datos del Centro Regional de Pronóstico Meteorológico, estimados para la región, son de 1,236.46 mm, con una variación con valores medios mínimos de 1,056 mm, a medios máximos de 1,400 mm (Seijo, 2005).

La Figura 4.16 presenta las isóneas de ET para la Península de Yucatán según INEGI. En el estado de Yucatán la ET anual es entre 500 a 1100 mm. En las zonas cercanas a Progreso se presenta una ET de 500 mm al año, en la Ciudad de Mérida la ET es entre 900 y 1,000 mm al año. El estado de Campeche presenta

la mayor ET de los tres estados con un intervalo de 1,000 a 1,300 mm, siendo mayor en las zonas cercanas a Río Candelaria. El estado de Quintana Roo presenta un intervalo de ET de 600 a 1,200 mm de agua al año, las zonas con menor ET se encuentran cercanas a Chiquilá y las zonas con valores más elevados entre la zona de Ucum y Laguna Bacalar.

Sobre la evaporación, el valor medio anual calculado para la Península de Yucatán es de 1,727 mm, con una variación que va de la zona suroeste, estado de Campeche, con valores medios mínimos de 1,499 mm, a medios máximos de 2,132 mm en la región norte de la costa de Yucatán (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

Figura 4.16. Evapotranspiración en la Península de Yucatán.



Fuente: INEGI, 1983.

4.3 Agua

4.3.1 Hidrología superficial

Una característica que es de notar en el estado de Yucatán, es la ausencia de corrientes superficiales, por lo cual el agua de la lluvia se evapora, es absorbida por las plantas, el suelo y se infiltra en el subsuelo. La cuenca Yucatán, es la que ocupa la mayor parte del estado, con una extensión que representa casi el 90% del territorio estatal, limita al norte con el Golfo de México, al este con el Estado de Quintana Roo, al sur con la Región Hidrológica 33 y al oeste con el estado de Campeche y el Golfo de México (INEGI, 2002). En la Figura 4.17, se puede notar que la Península de Yucatán carece de corrientes superficiales, en la porción norte; hacia el sur, solo se manifiesta un drenaje incipiente que desaparece en resumideros o en cuerpos de agua superficiales o aguadas (Bautista *et al.*, 2005). Según el Anuario Estadístico de Campeche (INEGI, 2012a), esa entidad

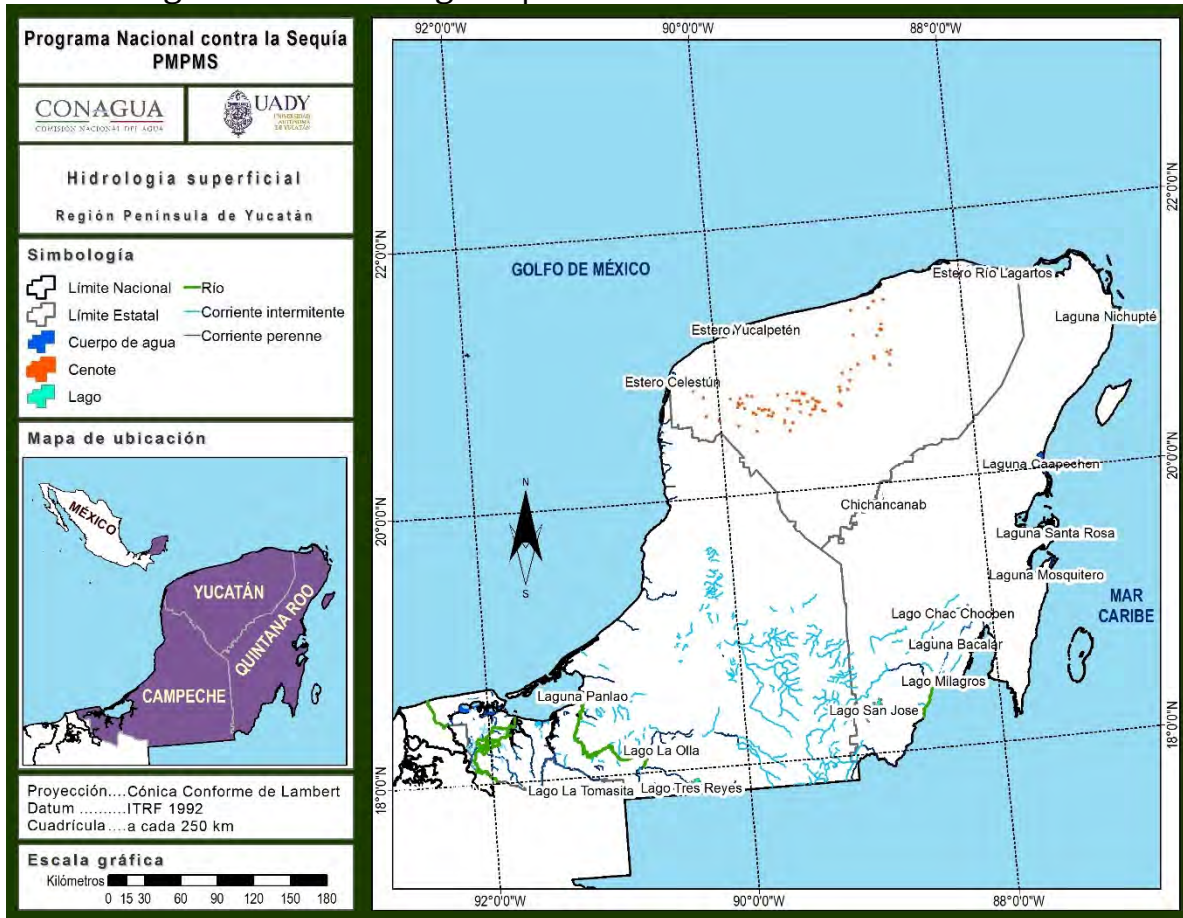
cuenta con 50 corrientes de agua y 28 cuerpos de agua. El Anuario Estadístico de Quintana Roo (INEGI, 2011b), reporta 10 corrientes de agua y 6 cuerpos de agua (19 lagunas y 1 estero), y para Yucatán, se reporta ausencia total de corrientes superficiales y 6 cuerpos de agua (4 esteros y 2 lagunas) (INEGI, 2010c).

El río Candelaria es el principal escurrimiento de tipo perene, se origina en el país de Guatemala y desemboca en la Laguna de Términos, con un patrón de drenaje dendrítico. En la RH30, se encuentran los ríos Chumpán, Candelaria, y Mamantel, en la RH31 el río Champotón y en la RH 33 los ríos Escondido y Hondo, este último que sirve como límite internacional con Belice y se origina a partir de la confluencia del Arroyo Azul y el Río Bravo, con una longitud de 121 km y una cuenca de más de 13,000 km cuadrados (Seijo, 2005).

Documentado por Seijo (2005), hacia el suroeste del estado de Campeche existe el sistema lagunar más importante del litoral del Golfo de México, constituido por la laguna de términos y otras como: Pom-Atasta, Puerto Rico, Del Corte, El Vapor, San Francisco, Del Este, Balchacah y Panlao. Todas estas lagunas reciben agua dulce de los principales ríos de Campeche, se comunican con la laguna de términos y por lo tanto en diferentes grados todo el sistema lagunar tiene agua salada. Los ríos que alimentan el anterior sistema lagunar son: el San Pedro y San Pablo que en parte sirven como límite con el estado de Tabasco, el Palizada que se desplaza más hacia el Este y es un efluente del río Usumacinta; el Chumpán, el Candelaria que procede de la República de Guatemala y el Mamantel. En el estado de Quintana Roo, destacan la laguna de Bacalar con 50 km de longitud, la laguna de Chinchancanab y el sistema lagunar Nichupté con 4,691 ha (Figura 4.17). En el anexo 4.2 se presentan los principales ríos, lagos y cuerpos de agua de la Península de Yucatán.

La topografía de la Península presenta como un rasgo sobresaliente cuerpos de agua nombrados cenotes, que se concentran en la parte norte y disminuyen en la parte sur. Su origen se debe al proceso denominado karst, que consiste en la combinación de mecanismos de disolución, colapso y construcción de la caliza. Estos procesos están regidos por factores internos (la litología, el grado de porosidad y la fractura de la roca) y externos (clima, temperatura, vegetación, mezcla de agua dulce y salada), los cuales actúan en diferentes escalas de tiempo, lo que da como resultado muchas formas y grados de karstificación. Se estima que en Yucatán existen entre 7,000 y 8,000 cenotes (Beddows *et al.*, 2007).

Figura 4.17. Hidrología superficial de la Península de Yucatán.

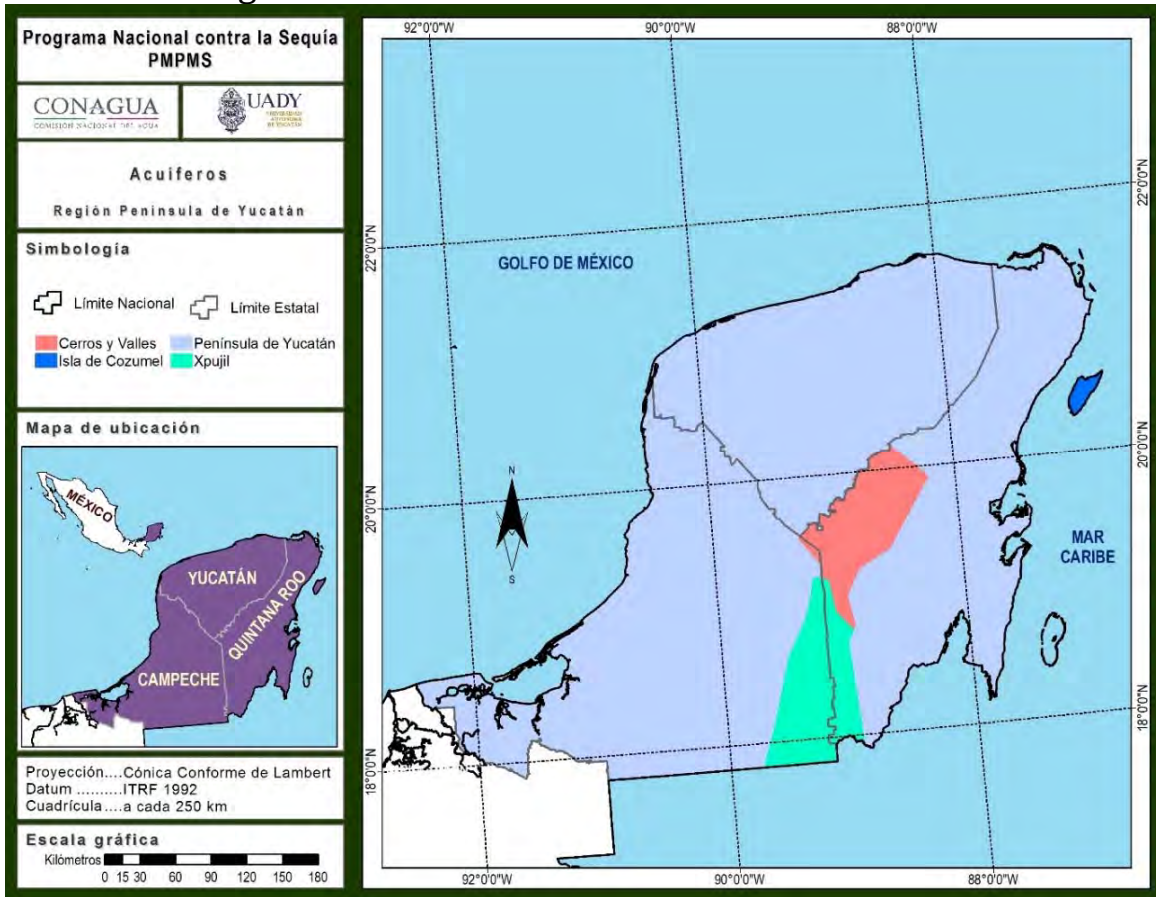


Fuente: Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

4.3.2 Hidrología subterránea

La totalidad del flujo hidrológico es subterráneo y presenta un acuífero formado de rocas calizas del Terciario y Cuaternario, con permeabilidad alta en la mayor parte del estado y permeabilidad baja en el área norte en la franja costera. Después de alcanzar el acuífero, el agua se mueve hacia la costa donde descarga en el mar (Villasuso y Méndez, 2000). Existen cuatro unidades hidrogeológicas (acuíferos) nombradas; Cerros y valles, Isla de Cozumel, Península de Yucatán y Xpujil, las cuales funcionan como un acuífero regional con características hidráulicas muy diferentes. En esta cuenca hidrológica abierta, los niveles del agua se aproximan a los 120 m de profundidad en la región de lomeríos, 30 m en las planicies y hasta menos de 5 m en una franja paralela a la costa de 5 km (IMTA, 2011). La disponibilidad media anual del agua subterránea en estos acuíferos se presenta en la tabla 4.9 y su localización geográfica en la Figura 4.18.

Figura 4.18. Acuíferos de la Península de Yucatán.



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Este manto freático presenta variaciones en la calidad del agua en forma estratificada. La parte superior de este manto está contaminado por pozos someros, mal diseñados que han sido utilizados como sumideros y para descargas residuales clandestinas, lo que ha ocasionado que la explotación y el uso del acuífero se realice entre los 20 y los 40 metros donde hay agua dulce de buena calidad (INEGI, 2002).

Bautista *et al.* (2003), reportan que el agua de mejor calidad en la Península de Yucatán se ubica en la región determinada como Planicie interior y Circulo de Cenotes, siendo agua de muy buena calidad. En la región de Cerros y Valles podemos encontrar agua de buena calidad, mientras que el agua de la zona costera y Cuencas escalonadas es de regular calidad. Finalmente en el área de Xpujil, podemos encontrar aguas cálcico-sulfatadas, las cuales son de mala calidad.

La elevada precipitación pluvial, sumada a la gran capacidad de infiltración del terreno y a la reducida pendiente topográfica favorece la renovación del agua

subterránea de la Península, por lo que prácticamente toda el área funciona como zona de recarga (Seijo, 2005). No obstante, a pesar de que el acuífero recibe abundante recarga su aprovechamiento intensivo está restringido por el riesgo que implica el deterioro de la calidad del agua y la presencia de la cuña de agua marina.

El agua subterránea descarga de forma natural hacia la costa, alimentando a su paso cuerpos de agua (IMTA, 2011). Con base a los patrones de distribución del agua, se ha establecido que la dirección general del flujo subterráneo es radial (Figura 4.19), a partir de la porción más alta que se localiza en la parte centro-sur de la Península, con dirección a la costa (Sarabia, 1997).

Figura 4.19. Direcciones de flujo del agua subterránea.



Fuente: Villasuso M y Méndez R (2000).

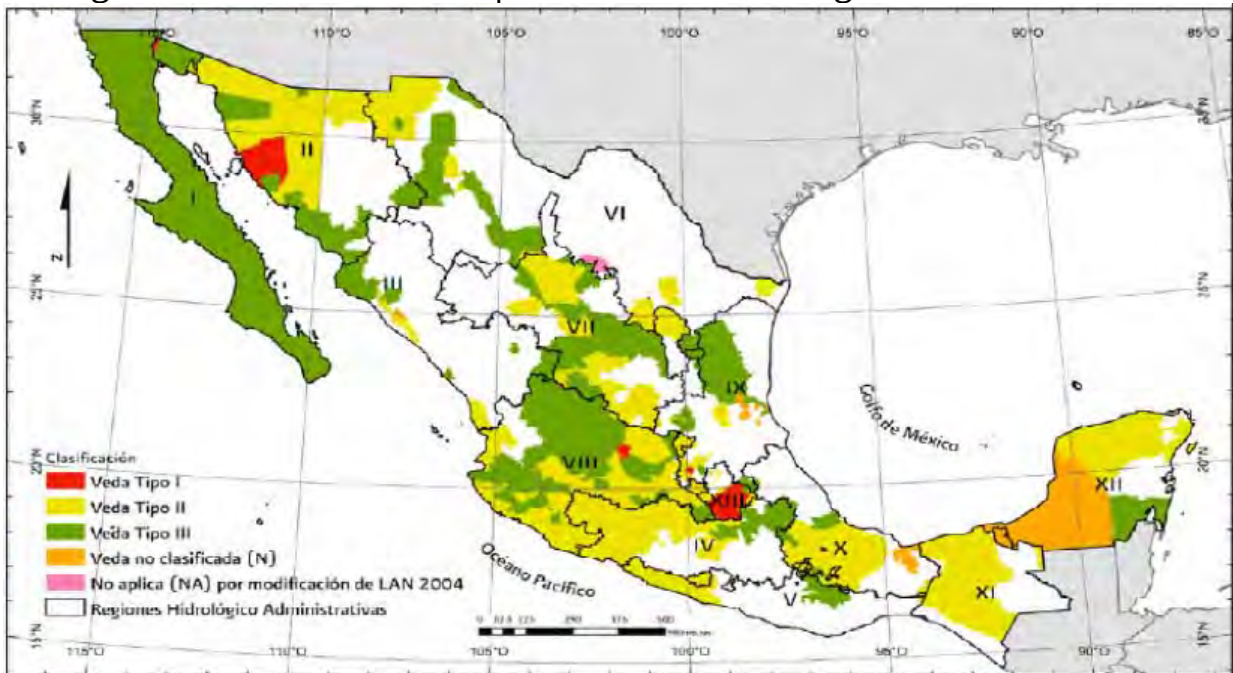
4.3.3 Zonas de vedas para la extracción de agua subterránea

Con el fin de revertir la sobreexplotación de los acuíferos y cuencas de México, el Gobierno Federal ha emitido vedas que restringen la extracción de agua subterránea en diversas zonas del país (Figura 4.20). A diciembre de 2011 se tenían registradas 160 zonas de veda, decretadas o acordadas durante el periodo de 1948 a 2007.

En el reglamento de la Ley en materia de Aguas del Subsuelo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de febrero de 1958, se establece que las vedas pueden ser de tres tipos:

- I. Zonas de veda en las que no es posible aumentar las extracciones sin peligro de abatir peligrosamente o agotar los mantos acuíferos.
- II. Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos sólo permite extracciones para usos domésticos.
- III. Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

Figura 4.20. Zonas de vedas para la extracción de aguas subterráneas.



Fuente: CONAGUA, 2012a.

Sin embargo, recientemente se publicó el Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 175 acuíferos que se indican (DOF, 2013b). Esto con el fin de que se regule a nivel nacional la extracción, uso y aprovechamiento del agua del subsuelo para contribuir a un desarrollo sustentable mediante la regulación de la explotación del recurso hídrico (CONAGUA, 2013a).

4.3.4 Disponibilidad del agua región hidrológica XII (Península de Yucatán)

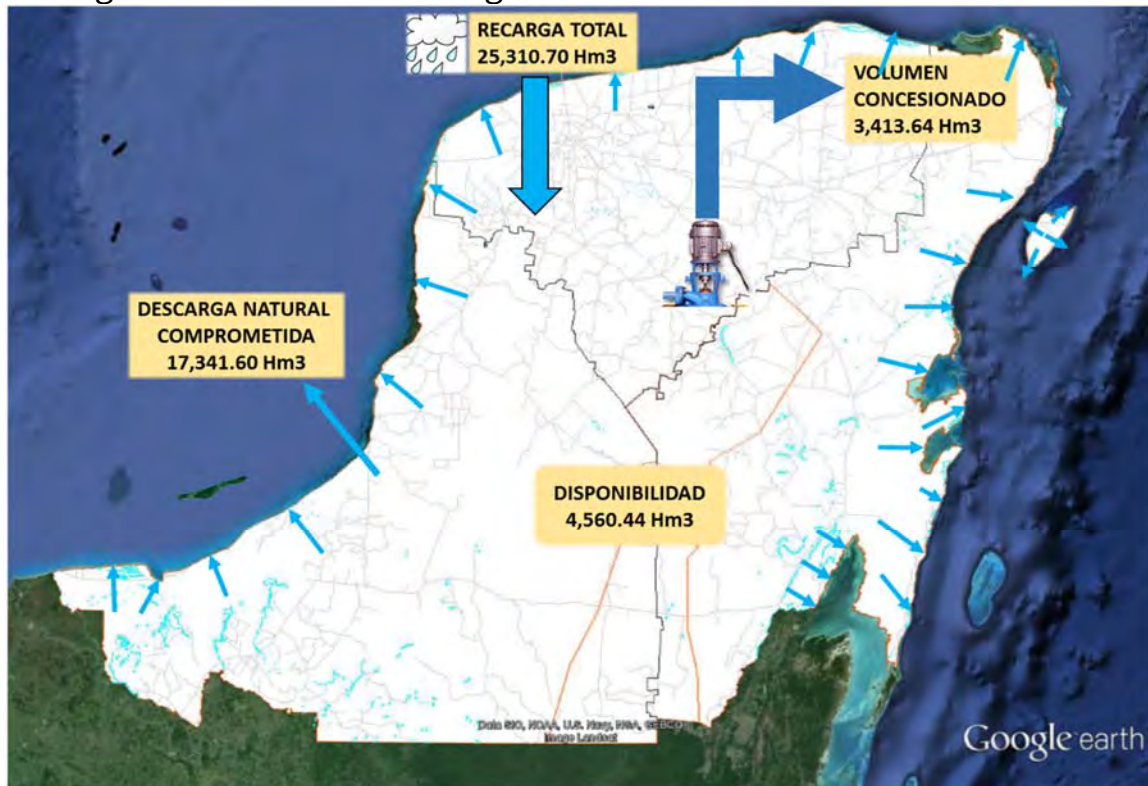
En cuanto a los volúmenes disponibles en la Península de Yucatán, en el aspecto superficial se cuenta con un volumen escurrido medio anual del orden de los 3,133 millones de m³, en las porciones suroeste (Río Candelaria), oeste (Río Champotón) y sureste (Río Escondido), de los cuales únicamente se utiliza el 1% del total. En lo referente al recurso hidráulico subterráneo, se cuenta con una recarga total que alcanza un volumen anual cercano a los 25,310 millones de m³, de los que una vez descontadas las extracciones y las descargas para mantener el equilibrio del sistema, se estima disponer con un volumen anual calculado de 7,969 millones de m³ (Cuadro 4.9 y Figura 4.21). De lo anterior se concluye que las aguas subterráneas son y seguirán siendo la principal fuente de abastecimiento para los sectores usuarios.

Tabla 4.9. Disponibilidad media anual del agua subterránea en la región XII.

Unidad hidrogeológica	Recarga total	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado	Disponibilidad
Península de Yucatán	21,813.40	14,542.20	3,388.38	3,882.82
Cerros y valles	1,194.20	854.90	7.11	332.18
Xpujil	2,094.40	1,784.10	2.21	313.09
Isla de Cozumel	208.70	160.40	15.94	32.35
Total	25,310.70	17,341.60	3,413.64	4,560.44

Nota: Cifras en Hm³/año. Fuente: DOF, 2013a.

Figura 4.21. Balance hidrológico del acuífero “Península de Yucatán”.



Fuente: Elaboración propia con datos del DOF, 2013a.

Uno de los indicadores más utilizados para clasificar a los países en función de su disponibilidad de agua es el que resulta de dividir los recursos hídricos renovables, entre el número de habitantes, obteniéndose así la disponibilidad natural media per cápita, la cual en el caso particular de México ha venido disminuyendo a lo largo del tiempo, debido principalmente al crecimiento poblacional, ya que de los 18,035 m³ por habitante por año disponibles en el año 1950, el volumen se redujo a 4,771 para el año 2000 (CONAGUA, 2012a). A continuación se presenta la disponibilidad natural media de agua *per cápita* para el organismo de cuenca en el año 2010 y la estimada para el año 2030 (Tabla 4.10).

Tabla 4.10. Disponibilidad natural media per cápita por organismo de cuenca (m³/hab/año).

Organismo de cuenca	Disponibilidad natural media per cápita al 2012	Disponibilidad natural media per cápita al 2030
I. Península de Baja California	1,187	907
II. Noroeste	3,055	2,480
III. Pacífico Norte	5,921	5,129
IV. Balsas	2,002	1,720
V. Pacífico Sur	6,541	5,991
VI. Río Bravo	1,077	888
VII. Cuencas centrales del Norte	1,826	1,574
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	1,535	1,291
IX. Golfo Norte	5,470	4,715
X. Golfo Centro	9,226	8,195
XI. Frontera Sur	22,185	18,526
XII. Península de Yucatán	6,874	5,117
XIII. Aguas del Valle de México	153	137
Total	4,028	3,430

Fuente: Estadísticas del Agua en México, 2013.

4.3.5 Grado de presión sobre el recurso hídrico

Según el Atlas del Agua en México (CONAGUA, 2013), el porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos respecto a la disponibilidad es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en un país, cuenca o región. Se considera que si el porcentaje es mayor al 40% se ejerce una fuerte presión sobre el recurso.

A nivel nacional, el país presenta un grado de presión del 17.3%, lo cual se considera bajo. La región con más alto grado de presión es la de Aguas del Valle de México con más del 130%, mientras que la región Frontera Sur experimenta el menor grado con 1.4% (CONAGUA, 2014).

En la siguiente tabla (4.11), se presenta este indicador para las regiones hidrológico-administrativas del país, en donde se cataloga con un grado de presión moderada a la región Península de Yucatán.

Tabla 4.11. Grado de presión sobre el recurso hídrico según regiones administrativas 2012.

Región hidrológica administrativa	Volumen total del agua concesionado (hm³)	Grado de presión sobre el recurso hídrico (%)	Grado de presión
I. Península de Baja California	3,434	68.7	Alto
II. Noroeste	6,317	75.9	Alto
III. Pacífico Norte	10,228	39.4	Medio
IV. Balsas	10,702	46.7	Alto
V. Pacífico Sur	1,510	4.7	Sin estrés
VI. Río Bravo	9,145	71.7	Alto
VII. Cuencas Centrales del Norte	3,761	46.6	Alto
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	15,012	42.0	Alto
IX. Golfo Norte	5,777	20.5	Medio
X. Golfo Centro	4,931	5.2	Sin estrés
XI. Frontera Sur	2,241	1.4	Sin estrés
XI. Península de Yucatán	3,814	12.8	Bajo
XIII. Aguas del Valle de México	4,779	137.8	Muy bajo
Total Nacional	81,651	17.3	Bajo

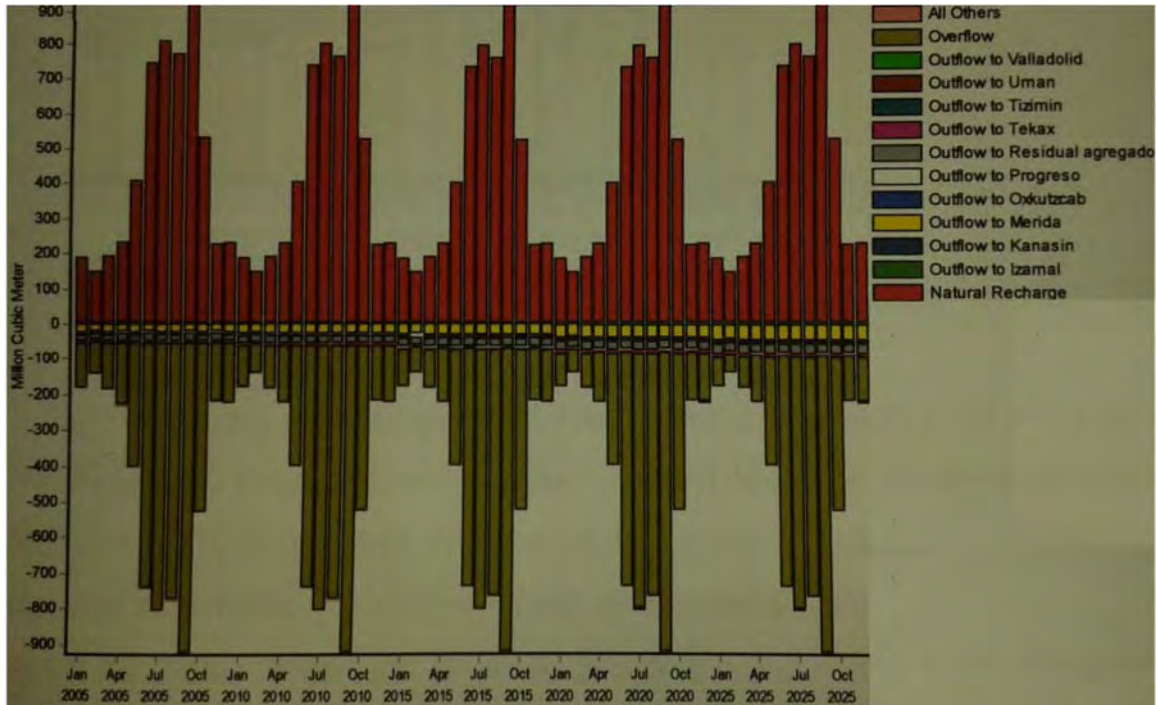
Fuente: CONAGUA, 2014.

4.3.6 Proyección para el estado de Yucatán (2005-2025)

Una modelación realizada por Seijo (2005), presentada en la Figura 4.22 permite mostrar que la recarga mensual permite satisfacer la demanda de agua. El área superior representa el volumen de agua que ingresa al acuífero mensualmente en función de la tasa de recarga. El área inferior muestra la proporción de dicha recarga que es utilizada para satisfacer la demanda actual en el periodo (2005-2025). También se puede observar que el área de demanda, es significativamente menor al volumen de agua que recarga el acuífero anualmente. Estas proyecciones están basadas en un consumo constante a través del tiempo de acuerdo al valor del consumo *per cápita* del

año 2000 en millones de metros cúbicos. La única variable es el crecimiento poblacional.

Figura 4.22. Proyecciones de entradas y salidas del acuífero de la Península de Yucatán.



Nota: En rojo la recarga natural del acuífero (Natural Recharge), el resto de los colores es la extracción de agua (Outflow) para abastecer a las principales ciudades del estado de Yucatán.

Fuente: Seijo, 2005.

4.4 Infraestructura hidráulica

4.4.1 Servicio de agua potable

La CONAGUA considera que la cobertura de agua potable incluye a las personas que cuentan con agua entubada dentro de la vivienda; fuera de la vivienda, pero dentro del terreno; de la llave pública; o bien de otra vivienda. A nivel nacional, el promedio de cobertura bajó de 98.3% a 92% en el 2012. Yucatán sigue destacando por encima de la media nacional con 97.4%, ubicándose en el sexto lugar nacional, aunque su porcentaje de cobertura disminuyó 0.6 puntos porcentuales. Los estados de Quintana Roo y Campeche igualmente disminuyeron su porcentaje del 2011 al 2012, pasando de 93.2% a 88.9% y de 92.7% a 90.6% respectivamente (CONAGUA, 2011a; 2013b).

Para el 2012, el estado de Campeche contaba con un caudal suministrado para consumo humano de 3,628 l/s, de los cuales 3,606 l/s son desinfectados, representando el 99.4% de la cobertura. Para Quintana Roo el caudal

suministrado era de 4,480 l/s, de los cuales 4,420 l/s son desinfectados, representando el 98.7% de la cobertura. Por último, el estado de Yucatán contaba con un caudal de cobertura de 6687 l/s, de los cuales 6,356 l/s son desinfectados, lo cual representa el 95% (CONAGUA, 2013b).

4.4.2 Servicio de alcantarillado

Según la CONAGUA, la cobertura de alcantarillado incluye a las personas que tienen conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica, o bien a un desagüe, barranca, grieta, lago o mar. Al 31 de diciembre de 2012 se registró una cobertura nacional del 90.5%, tres décimas porcentuales por arriba del año anterior (CONAGUA, 2013b).

A nivel de entidad federativa, se observa que en 17 estados de la República Mexicana se registra una cobertura superior al promedio nacional, sobresalen el Distrito Federal con una cobertura superior al 99%, seguido de Aguascalientes con 98%. Quintana Roo presenta una cobertura $\geq 90.2\%$, en contraste Campeche y Yucatán tienen una cobertura de 85.4% y 79.7% respectivamente.

4.4.3 Plantas potabilizadoras

Según datos de la SEMARNAT (2012c), en la Península de Yucatán únicamente existen dos plantas potabilizadoras de agua, ambas del tipo “clarificación convencional” en el estado de Campeche con una capacidad instalada de 25 litros por segundo (l/s) y un caudal potabilizado de 23 l/s. Una de las plantas potabilizadoras se encuentra en el municipio de Xpujil, Campeche y es operada por el municipio; la segunda se encuentra en el municipio de Palizada, Campeche y opera a partir de agua obtenida del río Palizada (CONAGUA, 2011a).

4.4.4 Plantas de tratamiento de aguas residuales

En el estado de Campeche existe un total de 26 plantas municipales de tratamiento, con una capacidad instalada de 175 l/s y un caudal tratado de 147, lo cual representa el 6.8% de la cobertura de tratamiento (Tabla 4.12). Las plantas de tratamiento que se encuentran en el estado de Campeche se distribuyen entre los siguientes tipos:

Tabla 4.12. Tipos de plantas de tratamiento en el estado de Campeche y caudal tratado.

Tipo de planta	Número de plantas	Caudal tratado (l/s)
Lodos activados	22	121
Reactor enzimático	2	8
Primario avanzado	1	10
Otros	1	8
Total	26	147

Fuente: Modificado de CONAGUA (2013b).

En el estado de Quintana Roo existe un total de 35 plantas municipales de tratamiento, con un capacidad instalada de 2,381 l/s y un caudal tratado de 1,734 l/s, lo cual representa el 61.6% de la cobertura de tratamiento. Los diferentes tipos de plantas de del estado de Quintana Roo se muestran en la tabla 4.13.

Tabla 4.13. Tipos de plantas de tratamiento en el estado de Quintana Roo y caudal tratado.

Tipo de planta	Número de plantas	Caudal tratado (l/s)
Dual	7	392
Lodos activados	24	1,199
Laguna de estabilización	1	3
Filtros biológicos	1	136
Otros	2	4
Total	35	1,724

Fuente: Modificado de CONAGUA (2013b).

En el estado de Yucatán existe un total de 28 plantas municipales de tratamiento, con un capacidad instalada de 491.4 l/s y un caudal tratado de 99 l/s, lo cual representa el 2.7% de la cobertura de tratamiento. Las plantas de tratamiento que se encuentran en el estado de Yucatán se distribuyen entre los siguientes tipos (Tabla 4.14).

Tabla 4.14. Tipos de plantas de tratamiento en el estado de Yucatán y caudal tratado.

Tipo de Planta	Número de plantas	Caudal tratado (l/s)
Lodos activados	18	71
Otros	10	28
Total	28	99

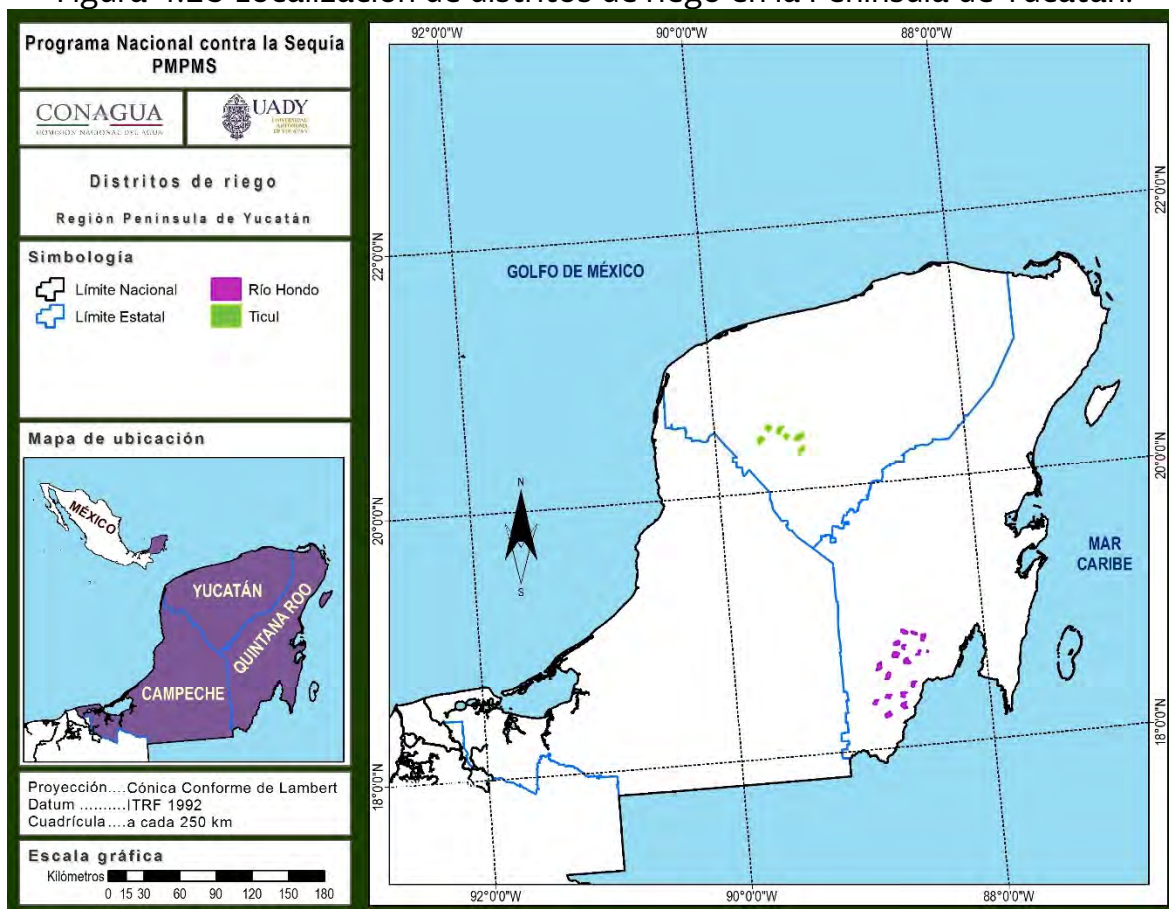
Fuente: Modificado de CONAGUA (2013b).

4.4.5 Distritos de riego (DR)

La CONAGUA, define a los distritos de riego como proyectos de irrigación desarrollados por el Gobierno Federal desde 1926, año de creación de la Comisión Nacional de Irrigación, e incluyen diversas obras, tales como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.

En la Península de Yucatán hay dos distritos de riego agrícola (Figura 4.23), el 048 (Ticul) y el 102 (Río Hondo) de los cuales, el 048 da atención a 8 municipios en una superficie de 8, 616 ha y beneficia a 4,749 usuarios. El distrito de riego Río Hondo atiende a un municipio con 8,527 ha y beneficia a 1,317 usuarios. Referente a las unidades de riego hay alrededor de 4,078 de las cuales 666, 595 y 2,817 corresponden a Campeche, Quintana Roo y Yucatán respectivamente (IMTA, 2011).

Figura 4.23 Localización de distritos de riego en la Península de Yucatán.



Fuente: Atlas Digital del Agua en México. (CONAGUA, 2012d).

La infraestructura de los distritos de riego corresponde a las plantas de bombeo de propiedad federal, los cuales extraen el agua mediante pozos perforados con profundidades entre 40 y 100 metros (Tabla 4.15), estos suministran gastos del orden de 50 litros por segundo en promedio (IMTA, 2011).

Tabla 4.15. Superficie física regada por organismo de cuenca y tipo de aprovechamiento. Año agrícola 2008/2009.

Organismo de cuenca	Superficie regada (ha)				Total
	Gravedad presas	Gravedad de derivación	Bombeo de pozos	Bombeo corrientes	
Península de Yucatán	0	0	10,051	0	10,051

Fuente: Elaboración propia, datos de la CONAGUA, 2011c. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego 2008-2009.

Las características de los distritos de riego Ticul y Río Hondo, en cuanto a superficie sembrada, cosechada, rendimiento, producción por ciclo, valor de cosecha, y año de cultivo, se presentan en la tabla 4.16.

Tabla 4.16. Distritos de riego, superficie sembrada, cosechada, rendimiento, producción por ciclo, valor de cosecha, y año de cultivo 2009-2010.

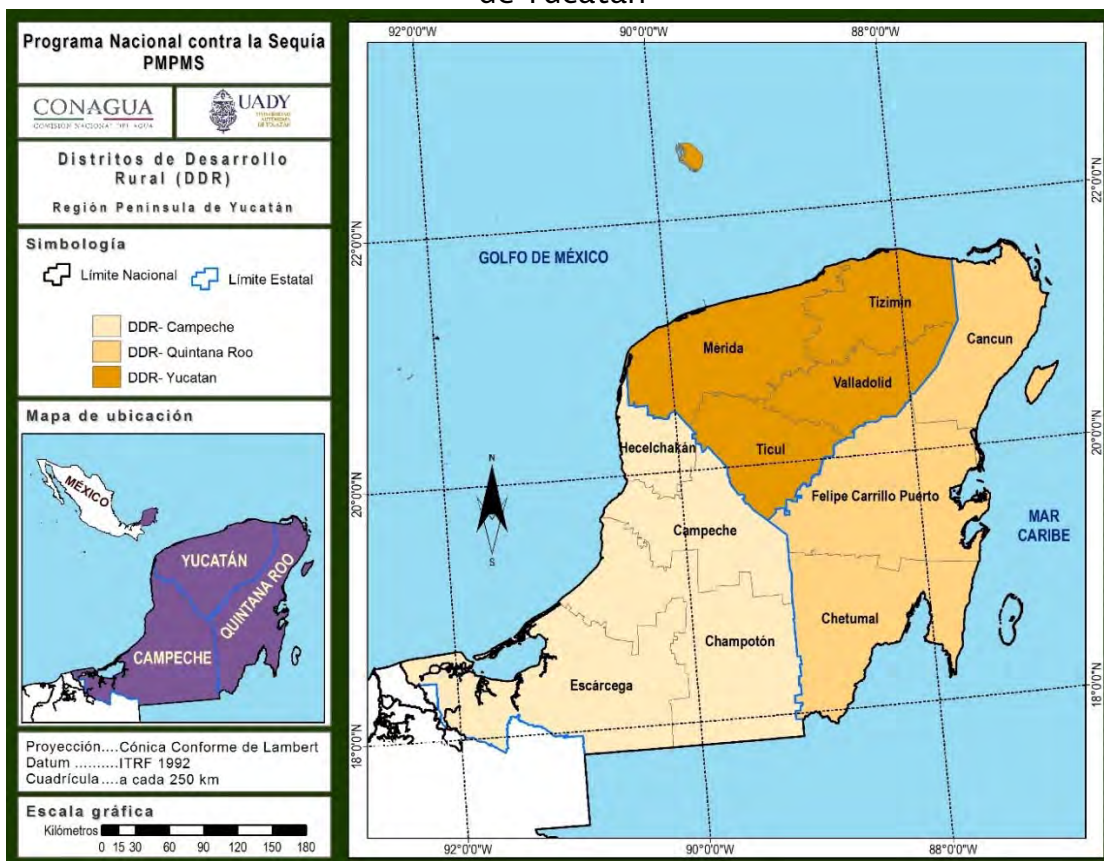
Distrito	Ciclo/ Modalidad	Superficie		REN (t/ha)	Producción (t)	PMR (\$/t)	Valor de cosecha (miles \$)
		C (ha)	S (ha)				
Ticul, Yucatán	Otoño-Invierno (Riego)	687	675	8.74	5,896	6,171	36,386
	Primavera-Verano (Riego)	987	977	8.02	7,838	5,637	44,180
	Perennes	5,620	5,561	17.12	95,200	2,176	207,132
	Total	7,294	7,213	15.10	108,934	2,641	287,698
Río Hondo, Quintana Roo	Perenes (Riego)	3,590	3,500	100.00	350,000	638	223,300
	Total	3,590	3,500	100.00	350,000	638	223,300

REN= Rendimiento; PMR= Precio medio rural; C= Cosechada; S= Sembrada Fuente: CONAGUA (2011c).

4.4.6 Distritos de Desarrollo Rural (DDR)

Los distritos de desarrollo rural son zonas con características ecológicas y socioeconómicas homogéneas, para la actividad agropecuaria, forestal, acuícola y agroindustrial bajo condiciones de riego, de drenaje, de temporal y de acuicultura, con el objeto de planear, fomentar y promover el desarrollo rural integral. La ubicación de los DDR en la Península de Yucatán, se presentan en la Figura 4.24.

Figura 4.24. Localización de distritos de Desarrollo Rural (DDR) en la Península de Yucatán



Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2012.

Los nombres de los DDR, su superficie y la entidad donde se encuentran se presentan en la tabla 4.17.

Tabla 4.17. Distritos de Desarrollo (DDR) Rural de la Península de Yucatán.

DDR	Área (km²)	Número de municipios	Entidad
Campeche	10,957.6	2	Campeche
Chamotón	20,766.6	2	Campeche
Escárcega	21,151	4	Campeche
Hecelchacán	4,402	3	Campeche
Cancún	10,915.9	8	Quintana Roo
Chetumal	15,937	1	Quintana Roo
Felipe Carrillo Puerto	17,703	4	Quintana Roo
Mérida	13,953	60	Yucatán
Ticul	8,288	18	Yucatán
Tizimín	9,316.34	13	Yucatán
Valladolid	7,974.85	15	Yucatán

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2012.

La superficie sembrada y cosechada por distrito (riego, temporal y perennes), así como el valor de la producción se presenta en la tabla 4.18.

Tabla 4.18. Superficie sembrada y cosechada (riego, temporal y perennes), y valor de la producción por distrito 2012.

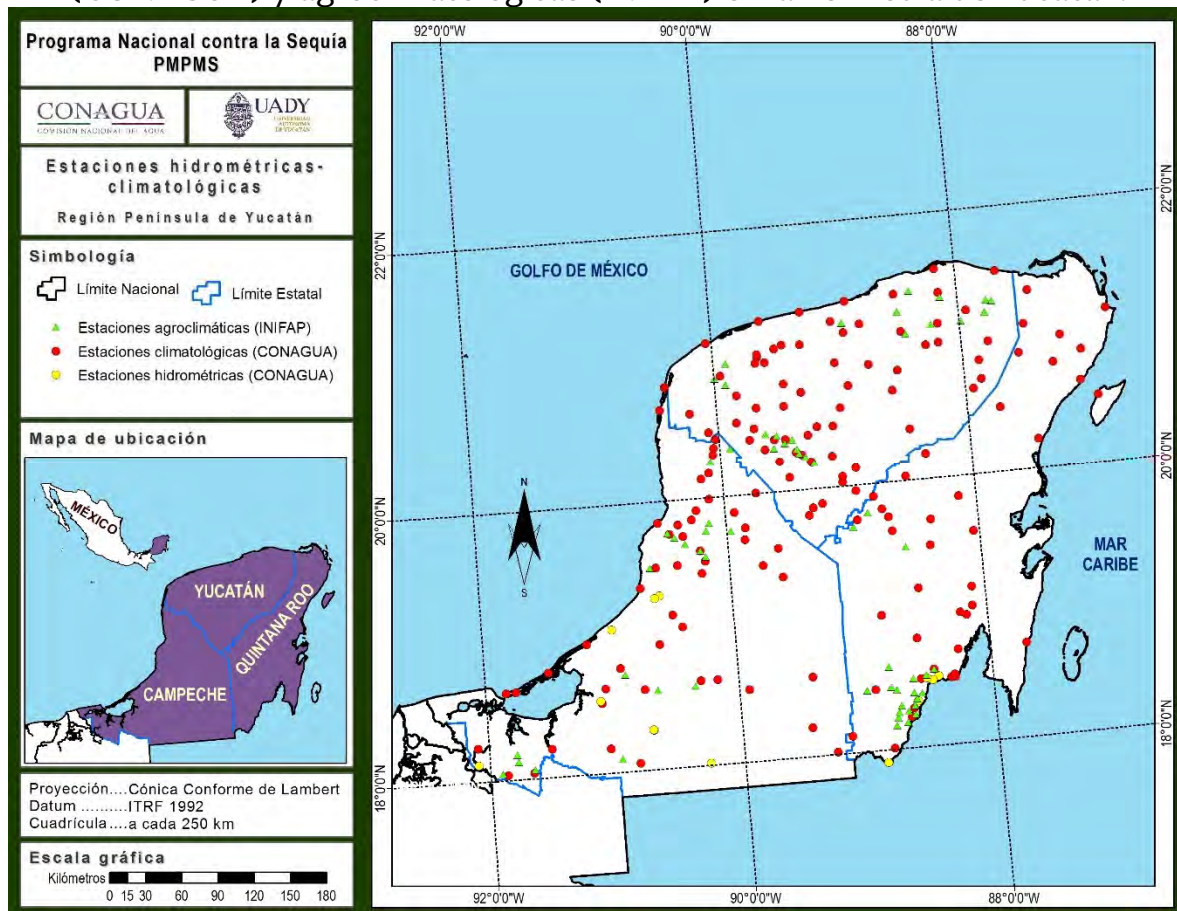
Distrito	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Valor producción (Miles de pesos)
Campeche	110,018.79	99,571.30	1 200,714.23
Chamotón	46,597.72	44,144.16	612,869.87
Escárcega	48,228.00	45,972.00	379,405.49
Hecelchacán	29,159.25	29,156.25	441,219.87
Cancún	7,715.65	7,288.65	26,847.11
Chetumal	74,365.32	55,583.32	1 217,457.94
Felipe Carrillo Puerto	43,984.50	41,171.12	396,054.68
Mérida	114,466.20	108,565.62	973,521.58
Ticul	104,339.11	97,734.61	1 079,374.55
Tizimín	465,213.67	459,072.04	895,977.25
Valladolid	72,234.23	69,107.13	188,779.00
Total	1,116,322.44	1,057,366.20	7 412,221.57

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2012.

4.4.7 Redes de monitoreo

Con la finalidad de dar seguimiento a variables climatológicas, como la temperatura máxima extrema, la temperatura mínima extrema, la temperatura media, la precipitación y la evapotranspiración, la CONAGUA cuenta con una red de estaciones hidrométricas y climatológicas de monitoreo distribuidas en la Península de Yucatán. El INIFAP también cuenta con una red de estaciones agroclimatológicas provista de sensores para medir la temperatura del aire, precipitación, humedad relativa, humedad del follaje, punto de rocío, radiación solar y velocidad y dirección del viento. La Figura 4.25 muestra tanto las estaciones de CONAGUA, como las estaciones del INIFAP en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Figura 4.25. Distribución de las estaciones hidrométricas y climatológicas (CONAGUA) y agroclimatológicas (INIFAP) en la Península de Yucatán.



Fuente: archivos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012, INIFAP, 2013.

La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores, la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días, la demanda química de oxígeno y los sólidos suspendidos totales. La distribución de la red de estaciones para llevar a cabo el monitoreo se presenta en la Figura 4.26.

Figura 4.26. Estaciones de calidad del agua.



Fuente: Acosta, 2009

4.4.8 Extracción por tipo de fuente

Los principales tipos de fuentes de extracción del agua además del acuífero, son los ríos, lagunas y cenotes. Según datos publicados por la CONAGUA en el Atlas del Agua en México 2014, en la Península de Yucatán no existe ninguna presa para el almacenamiento. El agua subterránea es la principal fuente de agua para la mayoría de los habitantes de la Península de Yucatán. Este recurso es relativamente accesible en la mayor parte de los municipios de los tres estados por lo que una buena parte del aprovechamiento que se realiza no se registra en datos oficiales. Existen aprovechamientos directos de cuerpos de agua superficiales, de los ríos de la Península de Yucatán como Candelaria, Champotón, Mamantel y Palizada, en el estado de Campeche (Bautista-Zúñiga., 2003). En la tabla 4.19 se presentan los volúmenes de extracción de aguas

superficiales de las cuencas más importantes de la Península de Yucatán, como son los ríos Candelaria, Champotón y río Hondo.

Tabla 4.19. Balance de aguas superficiales (Mm³).

Cuenca Hidrológica/ Descripción	Cp	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ab	Rxy	Ab-Rxy	D
Alto Río Candelaria (Desde su origen en territorio mexicano)	1346.4	260.59	2.06	0	0	0	160.93	6.9	1598.03	1598.03
Bajo Río Candelaria (Desde la estación hidrométrica Candelaria)	253.65	1604.93	7.99	0	0	0	1850.59	0	1850.59	1850.59
Totales Río Candelaria	1600.05		10.05	0	0	0	-	-	-	1850.59
Río Champotón 1 (Desde su nacimiento hasta la estación)	592	0	0.04	0	0	0	591.96	0.6	591.9	591.9
Río Champotón 2 (Desde la estación hidrométrica Canasayab, hasta su desembocadura al Golfo de México)	114.76	591.96	0.07	0	0	0	706.64	0	709.64	706.64
Totales Río Champotón	706.76		0.11	0	0	0	-	-	-	706.64
Río Escondido (Desde su nacimiento hasta su desembocadura al Río Hondo)	576.14	0	0.04	0	0	0	576.1	0	576.1	576.1

Cp: Volumen medio anual de escurrimiento natural; Ar: Volumen medio anual de escurrimientos desde la cuenca aguas arriba; Uc: Volumen anual de extracción de agua superficial; R: Volumen de retornos; Im: Volumen anual de incorporaciones; Ex: Volumen anual de exportaciones; Ab: Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo; Rxy: Volumen anual actual comprometido aguas abajo; D: Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica. Fuente: DOF 2010a, 2010b y 2010c

De igual manera, existen cuerpos de agua salinos superficiales, producto de fallas y fracturas en bloque. El de mayor extensión es la Laguna de Bacalar localizada en el estado de Quintana Roo al Este y Norte de la Ciudad de Chetumal con una extensión de 30 kilómetros, además existen otros cuerpos de agua de menor tamaño como el Chanyoxche, Nohbec, Ocom, La Virtud, San Felipe y Paytoro. A pesar de que se extrae agua de los cenotes no existen datos oficiales de extracción. No existen datos oficiales del uso de agua de estos cuerpos para consumo humano.

4.5 Usos del agua

El agua es un recurso necesario para la realización de todas las actividades humanas, las cuales pueden ser de subsistencia o para producir bienes y servicios. El Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) tiene doce rubros en la clasificación de usos del agua. En las estadísticas del Agua en México (CONAGUA, 2013) se clasifica en cinco usos agrupados: Agrícola, Abastecimiento público, Industria autoabastecida, Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad e Hidroeléctrica. En la clasificación Agrícola se incluyen los rubros: agrícola, acuícola, pecuario, usos múltiples, otros usos; en Abastecimiento público se incluyen: doméstico y público urbano; en Industria autoabastecida: agroindustrial, servicios, industrial y comercio; en la categoría Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad: industrial y en el uso agrupado Hidroeléctrica, como su nombre lo indica, se encuentran todas las plantas hidroeléctricas.

Según las Estadísticas del Agua en México (CONAGUA, 2013a), la Península de Yucatán cuenta con un volumen concesionado de 3,353 hm³, de los cuales 1,536.9 hm³ corresponden al estado de Yucatán, 943.4hm³ a Campeche y 873 hm³ a Quintana Roo.

4.5.1 Público urbano

Debe tenerse en consideración que los datos del uso del agua obtenidos de los registros oficiales de la Comisión Nacional del Agua, representan solo una aproximación al uso real de los sectores. Por lo anterior, se asume que el uso del recurso hídrico en la Península de Yucatán se encuentra por encima de la demanda.

En los volúmenes concesionados para los usos consuntivos de la región hidrológico-administrativa Península de Yucatán para los años del 2000 al 2012, la categoría abastecimiento público toma en cuenta la totalidad del agua entregada a través de las redes de agua potable que abastecen a los domicilios particulares y servicios conectados a dichas redes (CONAGUA, 2011a). El

sector público urbano tiene un mayor volumen de uso hídrico anual en comparación con el sector doméstico. En la Península de Yucatán la principal fuente de agua para los diferentes usos es la subterránea, la cual contribuye con el 97%, mientras que las fuentes superficiales solo contribuyen el 3% (Tabla 4.20).

El volumen concesionado para uso público urbano al 2012 para el estado de Yucatán es de 250.6hm³, para Quintana Roo de 206hm³ y para Campeche 143.8hm³ (CONAGUA, 2013a).

Tabla 4.20. Volumen extraído para abastecimiento público de la Península de Yucatán (hm³/año).

Sector	Superficial		Subterránea		Volumen Total
	año	Volumen	año	volumen	
Abastecimiento público	2001	0	2001	434	434
	2002	0	2002	456	456
	2003	ND			
	2004	0	2004	459	459
	2005	0.2	2005	460	460.2
	2006	ND			460.4
	2007				461.1
	2008				471.0
	2009				588.6
	2010				589.5

ND: No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos de la publicación Estadísticas del Agua en México. Ediciones del 2003-2012. CONAGUA.

4.5.2 Agrícola, pecuario y acuícola

La categoría agropecuario incluye los sectores agrícola, pecuario, acuicultura, múltiples y otros; y es la que usa los mayores volúmenes de agua, siendo la actividad agrícola el sector con mayor consumo hídrico principalmente para el riego de cultivos. En la Península de Yucatán existen dos distritos de riego agrícola: el 048-Ticul y el 102-Río Hondo, los cuales abastecen a 9 municipios, cubriendo una superficie de 17,143 hectáreas y beneficiando a un total de 6,066 usuarios (IMTA, 2011). En el año 2000 el uso del recurso hídrico fue poco más de los 750 hm³ triplicándose para el 2012 (2,189 hm³). Los años en los que se da un incremento en el uso del agua en esta categoría, son del 2000 al 2001 con un 36% y del 2011 al 2012 con un 18%. Los sectores pecuario y múltiple ocupan el segundo lugar respecto al consumo del recurso; sin embargo el mayor porcentaje del sector múltiple está destinado para usos del agua mixtos de los sectores agrícola y pecuario. En la tabla 4.21 se presentan los volúmenes extraídos del sector agropecuario.

Tabla 4.21. Volumen extraído para sector agrícola, pecuario y acuícola de la Península de Yucatán (hm³/año).

Sector	Superficial		Subterránea		Volumen total	
	Año	Volumen	Año	Volumen		
Agropecuario	2001	31	2001	1,201	1,232.0	
	2002	28	2002	960	988.0	
	2003	ND				
	2004	28	2004	1,050	1,078.0	
	2005	28	2005	1,189	1,270.0	
	2006	ND				1279.8
	2007					1343.4
	2008					1443.3
	2009					1678.4
	2010					1728.8

ND: No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos de la publicación Estadísticas del Agua en México. Ediciones del 2003-2012.CONAGUA.

4.5.3 Industrial

El uso para el sector industrial en los estados de la Península de Yucatán comprende para el estado de Campeche la manufactura, el petróleo y gas, construcción y agroindustria, en Quintana Roo está representada por la industria cañera, el comercio, restaurantes, hotelería y construcción, y para Yucatán se integra por la manufacturera, comercio, servicios inmobiliarios así como restaurantes y hotelería. Dentro la categoría industrial el sector con mayor demanda es el de servicios. Los principales incrementos se dieron del año 2007 al 2008 con un 29%, y del 2008 al 2009 que incrementó en un 13%. La tabla 4.22 presenta los volúmenes extraídos de agua para uso industrial.

Tabla 4.22. Volumen extraído para uso industrial de la Península de Yucatán (hm³/año).

Sector	Superficial		Subterránea		Volumen total	
	Año	Volumen	Año	volumen		
Industrial	2001	0	2001	161	160.8	
	2002	0	2002	157	157.0	
	2003	ND				
	2004	0	2004	171	171.0	
	2005	0.3	2005	194	194.3	
	2006	ND				247.0
	2007					319.8
	2008					444.5
	2009					509.1
	2010					516.5

ND: No determinado. Fuente: Elaboración propia con datos de la publicación Estadísticas del Agua en México. Ediciones del 2003-2012.CONAGUA.

4.5.4 Generación de energía

No existen plantas hidroeléctricas en la Península de Yucatán, el uso de agua para la generación de energía está dado a través de centrales termoeléctricas, de ciclo combinado, Diesel y turbogás. La ubicación, unidades y la capacidad efectiva instalada (MW) se presenta en la tabla 4.23.

Tabla 4.23. Centrales generadoras de energía eléctrica en la Península de Yucatán.

Nombre de la Central	Cantidad de Unidades	Fecha de entrada en operación	Capacidad Efectiva Instalada (MW)	Ubicación	Tipo de Central
Felipe Carrillo Puerto (Valladolid)	2	05-abr-1992	75	Valladolid, Yucatán	Termoeléctrica
Lerma (Campeche)	3	09-sep-1976	112.5	Campeche, Campeche	Termoeléctrica
Mérida II	8	01-ene-1985	168	Mérida, Yucatán	Termoeléctrica
Holbox	8	01-ene-1985	3.2	Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	Diesel
Cancún	4	01-ene-1974	102	Benito Juárez, Quintana Roo	Turbogás
Chankanaab	3	01-mar-1968	53	Cozumel, Quintana Roo	Turbogás
Ciudad del Carmen	3	28-jul-1986	47	Ciudad del Carmen, Campeche	Turbogás
Nachi-Cocom	1	16-mar-1987	30	Mérida, Yucatán	Turbogás
Nizuc	2	01-abr-1980	88	Cancún, Quintana Roo	Turbogás
Xul-Ha	2	05-nov-1980	39.70	Othón P. Blanco, Quintana Roo	Turbogás
P. Móvil T-18000-1 **	1	01-jul-87	12.5	Othón P., Quintana Roo	Turbogás
Felipe Carrillo Puerto (Valladolid)	3	30-jun-1994	220	Valladolid, Yucatán	Ciclo combinado (CC)

Campeche	1	28-may-03	252.4	Palizada, Campeche	Productores independientes (CC)
Mérida III	3	09-jun-00	484	Mérida, Yucatán	Productores independientes (CC)
Valladolid III	3	27-jun-06	525	Valladolid, Yucatán	Productores independientes (CC)
Mérida II	1	01-abr- 1981	30	Mérida, Yucatán	Turbogás

Ciclo Combinado: Centrales eléctricas que utilizan dos tipos de combustible. Termoeléctrica: Centrales que generan energía por medio de calor. Turbogás: Generación eléctrica por medio de una turbina de gas. Fuente: CFE, 2013.

4.6 Fenómenos extremos

4.6.1 Sequía

Las regiones que padecen sequías, sufren fuertes pérdidas económicas y favorecen la migración de gran parte de su fuerza de trabajo hacia otras zonas, afectan grandes extensiones de terreno de cultivo y pueden provocar la muerte de numerosas cabezas de ganado. Disminuyen la disponibilidad de agua para la producción industrial y pueden afectar el uso doméstico de los habitantes (García *et al.*, 2007). Históricamente se ha comprobado que es el fenómeno meteorológico que mayor daño económico causa a la humanidad (Cody *et al.*, 1998).

Las medidas de prevención para afrontar las sequías están orientadas, por un lado, a políticas de uso eficiente del agua en los hogares, la agricultura, la ganadería y en la industria y, por otro, a aumentar la infraestructura hidráulica para almacenar el agua y conducirla adecuadamente a su destino final; con algunas de estas medidas se pretende disminuir la demanda de agua e incrementar la oferta de la misma (García *et al.*, 2007).

Una definición de este fenómeno puede ser “un lapso caracterizado por un prolongado y anormal déficit de humedad” (Campos, 1996). Sin embargo también puede definirse desde el punto de vista meteorológico, agrícola, hidrológico económico y social.

A pesar de que este fenómeno suele ser más severo en la parte Norte y Noreste del país, también se presenta en la Península de Yucatán. Documentado por

García *et al.*, 2007, en marzo de 1998, en Campeche sufren más de 6,500 familias la falta total del agua; en abril de 1998, en Campeche, Tabasco y Yucatán, se declara la peor sequía desde hace 20 años, con más de 290 mil hectáreas de pastizales afectadas y 51 mil hectáreas de maíz, frijol y sorgo, además de que se dejaron de producir 630 mil litros de leche y 1,800 toneladas de carne. En junio de ese mismo año, se reportan pérdidas más de 5 mil hectáreas de pastizales y maíz, y la muerte semanal de 20 mil aves de corral.

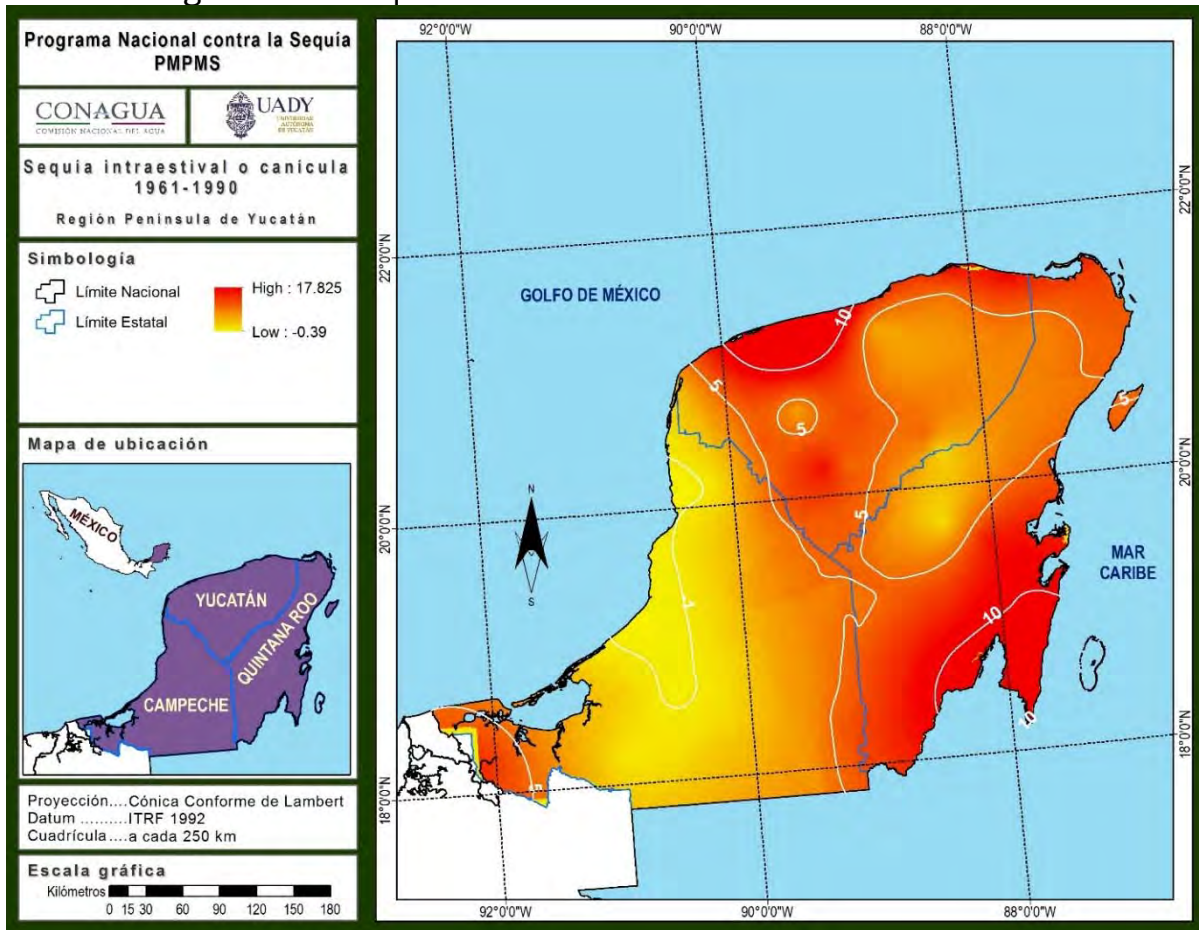
4.6.2 Sequía intraestival o canícula

Documentado por Orellana *et al.*, 2009, la precipitación pluvial en las zonas tropicales de México por lo general se presenta con régimen de verano. Sin embargo, en la Península puede haber también áreas con régimen de lluvia intermedio o con lluvias uniformemente repartidas con tendencia a presentar lluvias en verano. En todo caso, en la Península de Yucatán, al igual que en una considerable parte de México, Centroamérica y el Caribe, se presenta el fenómeno de la sequía de medio verano, también denominado sequía intraestival, o simplemente, canícula.

La canícula se debe a perturbaciones en la circulación de los alisios. En verano se presenta un sobrecalentamiento del mar en la porción tropical del Pacífico oriental, por debajo de la zona intertropical de convergencia, lo cual debilita el gradiente barométrico y, por ende, disminuye la intensidad de los alisios. De forma concomitante, si se expande la acción del anticiclón del Atlántico, se refuerza este efecto, el que tiene una duración variable año con año. Este sistema es muy sensible a cambios de temperatura en el mar, incluso en décimas de grado. Se esperaría, por tanto, que el efecto del calentamiento global también afecte a este sensible sistema. Lo anterior trae como consecuencia una disminución en la frecuencia y la cantidad de lluvia (Orellana *et al.*, 2009).

Tomado del Atlas de escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán (Orellana *et al.*, 2009), se presenta en la Figura 4.27 el escenario base de la sequía intraestival en el periodo 1961-1990, donde se muestra que este fenómeno se presenta en casi toda la Península.

Figura 4.27. Sequía intraestival en la Península de Yucatán.

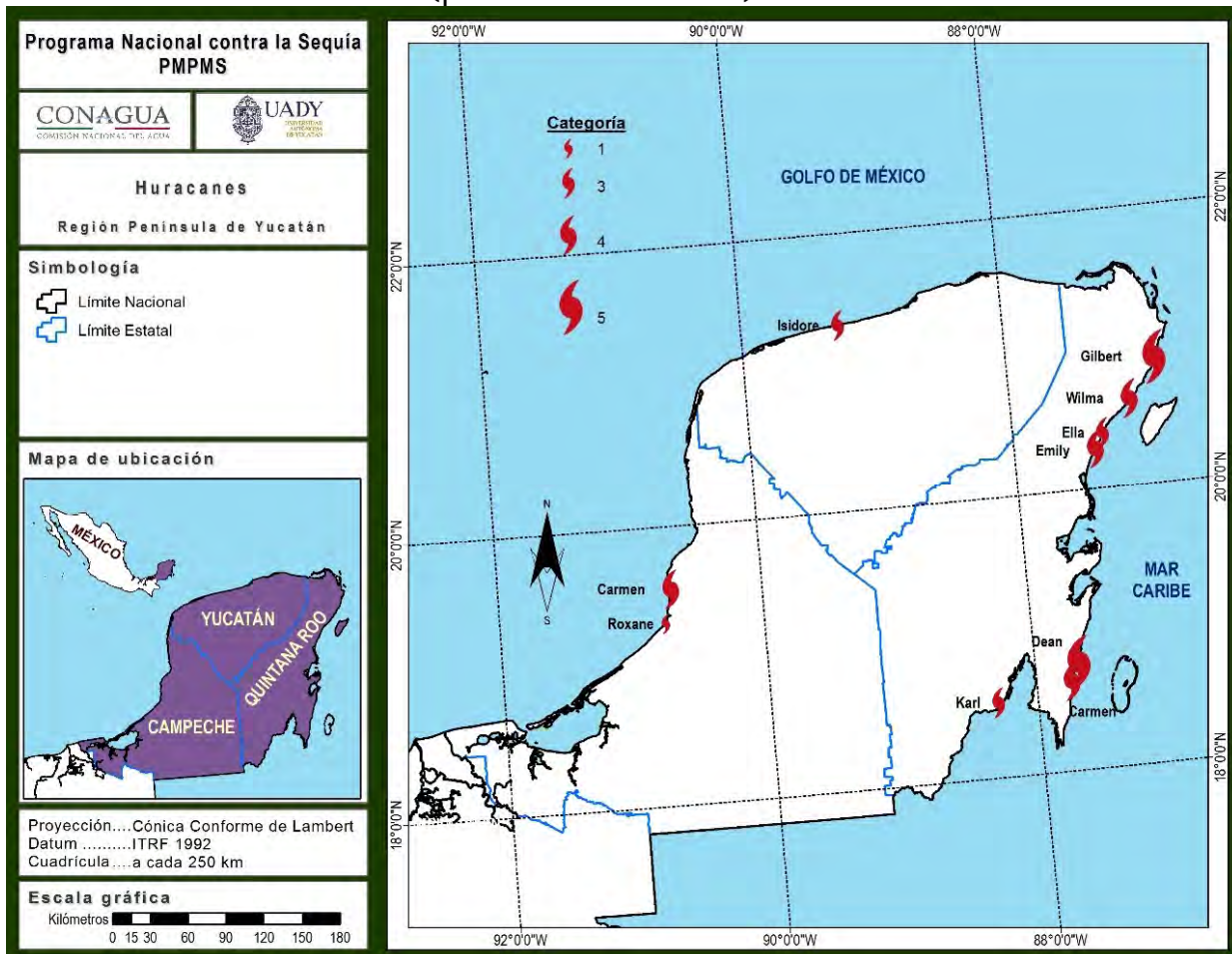


Fuente: Atlas de escenarios climáticos en la Península de Yucatán (Orellana *et al.*, 2009).

4.6.3 Huracanes

Durante los meses de junio a octubre se presentan continuamente depresiones tropicales y ciclones, ya que la Península se encuentra cerca de 4 regiones matrices de huracanes; el golfo de Tehuantepec, la sonda de Campeche, el Caribe oriental y la región atlántica (INEGI, 2002). La Figura 4.28 y la tabla 4.24 presentan los huracanes intensos que han impactado la Península de 1970 a 2009.

Figura 4.28. Huracanes intensos que han impactado la Península de Yucatán (periodo 1970-2009).



Modificado de: CONAGUA, 2011b.

Tabla 4.24. Huracanes de mayor intensidad que han impactado la Península de Yucatán (Periodo 1970-2010).

Nombre del huracán	Lugar(es) de entrada a tierra	Fecha de ocurrencia (inicio-fin)	Velocidad máxima (km/h)	Categoría Saffir-Simpson
Ella	Akumal, Q. Roo	8-13 sep., 1970	195	3
Carmen	Punta Herradura, Q. Roo.	29 ago-10 sep., 1974	222	4
Gilbert	Puerto, Morelos, Q. Roo.	8-20 sep., 1988	287	5
Emily	20 km al N de Tulum, Q. Roo	10-21 jul, 2005	215	4
Wilma	Cozumel-Playa del Carmen, Q. Roo	15-25 oct, 2005	230	4
Dean	Puerto Bravo, Q. Roo.	13-23 ago., 2007	260	5
Karl	Chetumal, Q. Roo.	14-18 sep., 2010	185	3
Isidore	Telchac, Puerto, Yuc.	18-25 sep., 2002	205	3

Categorías 1= 119-153 km/h, 2= 154-177 km/h, 3= 178-209 km/h, 4= 210-249 km/h, 5 >250 km/h.

Fuente: CONAGUA, 2011a, b.

4.7 Aspectos sociales

4.7.1 Población, natalidad y mortalidad

Para el año 2005 la población de Campeche ascendía a 754 730 personas, 8.6 veces más que la que habitaba la entidad a fines del siglo XIX. A pesar de que la población de esta entidad ha aumentado aproximadamente en la misma proporción que la de todo el país a lo largo del siglo XX, la proporción estatal respecto a la nacional siempre ha sido muy baja, ya que representa menos del 1% (Rojas y Ángeles, 2010).

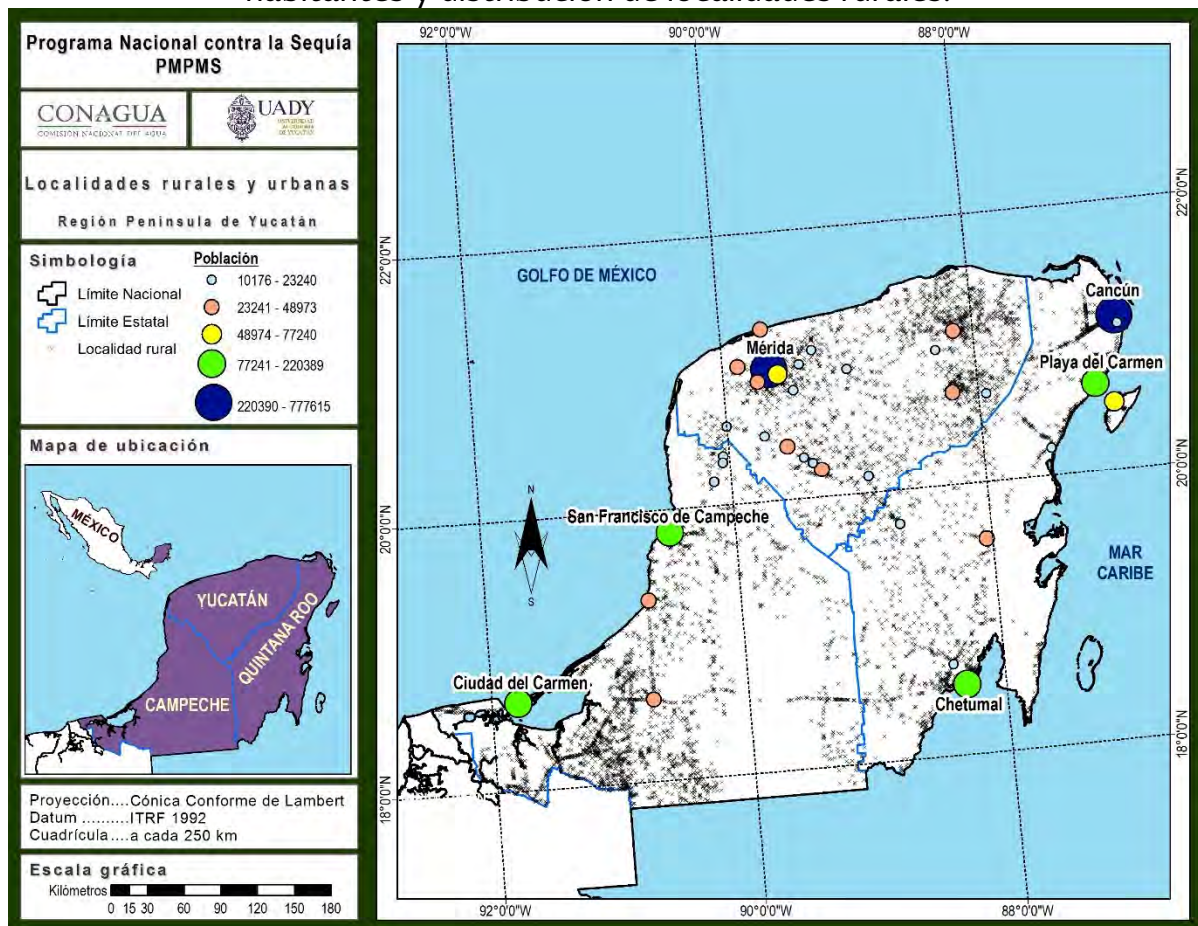
La dinámica demográfica de Yucatán está relacionada con los cambios sociales y económicos que se han producido en el estado durante las últimas décadas, en particular con la crisis del sistema henequenero y la necesaria y consecuente modernización de las actividades productivas. La población del estado ha ganado peso en el conjunto nacional, pero lo ha perdido en el ámbito peninsular, compartido con los estados de Campeche y Quintana Roo, donde ha bajado de 69% en 1970, a 49% en 2005 (Córdoba y García de Fuentes 2010).

La dinámica poblacional de Quintana Roo es muy diferente a la del resto del país, su población aumenta a un ritmo tan acelerado, que presenta la tasa de crecimiento más alta a nivel nacional. Pero este crecimiento no se debe a causas

naturales, como el nacimiento de personas en el estado, sino a la migración de personas atraídas por las fuentes de empleo que genera la actividad turística del estado (Lozano y Olivares, 2011).

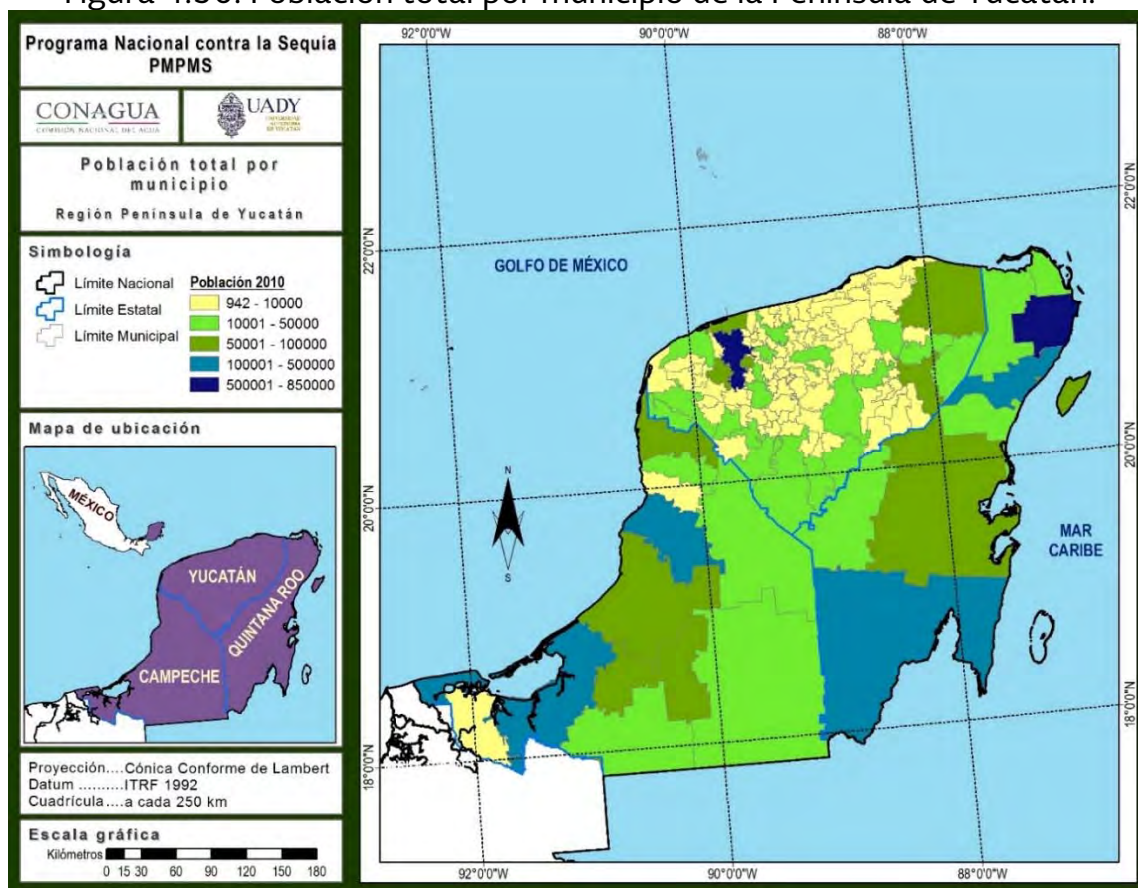
La Figura 4.29 presenta la ubicación de las localidades urbanas con una población mayor a los 10,000 habitantes, así como la ubicación de las localidades rurales, según archivos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012. La Población total por municipio se presenta en la Figura 4.30.

Figura 4.29. Localidades urbanas con población total mayor a 10,000 habitantes y distribución de localidades rurales.



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos de CONAGUA PHR, 2007-2012.

Figura 4.30. Población total por municipio de la Península de Yucatán.



Fuente: Elaboración propia con archivos cartográficos proporcionados por, 2007-2012.

Las siguientes Tablas 4.25 y 4.26, presentan algunas características de la población obtenidas del Sistema Estatal y Municipal de Base de datos SIMBAD (INEGI, 2013), y que son el resultado de la dinámica de tres componentes demográficos, natalidad, mortalidad y migración.

Tabla 4.25. Características de la población de la Península de Yucatán por estado.

Entidad	Población total	Población de 15 a 29 años A/	Población de 60 y más años A/	Promedio de hijos nacidos vivos de las mujeres de 12 y más años	Edad mediana B/	Relación Hombres-Mujeres D/
Campeche	754,730	28.1	7.5	2.4	24	98
Quintana Roo	1 113,309	30.3	4.4	2.2	23	102.6
Yucatán	1 818,948	28.2	9.1	2.4	25	97.2

A/: porcentaje, B/: edad expresada en años y D/: hombres por cada 100 mujeres. Fuente: INEGI (SIMBAD). Censo de población y vivienda, 2010.

Tabla 4.26. Estadísticas vitales de la población de la Península de Yucatán por estado.

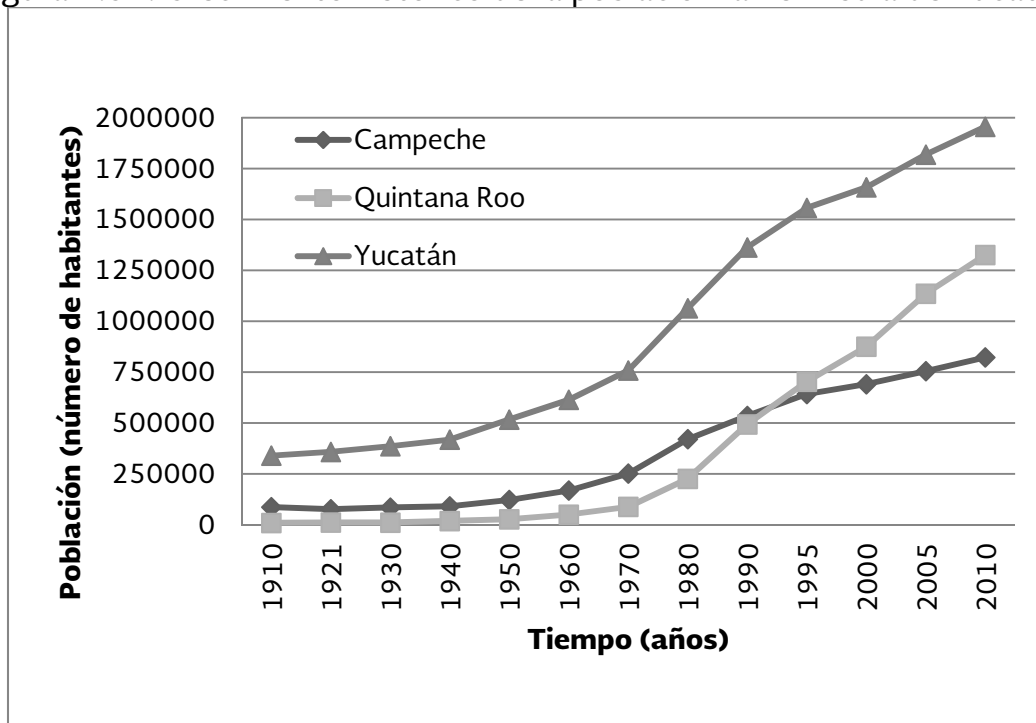
Entidad	Nacimientos	Defunciones generales	Defunciones de menores de año
Campeche	20,380	3,820	178
Quintana Roo	28,999	4,436	314
Yucatán	37,703	11,172	418

Fuente: INEGI, 2013 (SIMBAD). Censo de población y vivienda, 2010.

4.7.2 Crecimiento de la población

En la Figura 4.32 se puede observar el crecimiento de la población de los tres estados de la Península de Yucatán en los últimos 60 años. Es importante destacar que en el estado de Yucatán se concentra la mayor parte de la población. Para el año de 1990 la población de los estados de Campeche y Quintana Roo era muy similar, cercana a los 500 000 habitantes, ya para el año 2010, el estado de Quintana Roo, rebasó al estado de Campeche en aproximadamente un millón de habitantes.

Figura 4.31. Crecimiento histórico de la población la Península de Yucatán.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2010a).

4.7.3 Empleo

Según el INEGI (2013), la población económicamente activa se define como las personas de 14 o más años que en la semana de referencia realizaron algún tipo de actividad económica (población ocupada) o bien buscaron incorporarse a algún empleo (población desocupada). La tabla 4.27, muestra los valores de este indicador para cada entidad federativa.

Tabla 4.27. Población económicamente activa de la población de la Península de Yucatán por estado.

Entidad	Población de 14 años y más económicamente activa	Ocupada	Desocupada
Campeche	388335	380797	7538
Quintana Roo	717007	690312	26695
Yucatán	946862	919814	27048

Fuente: INEGI (SIMBAD). Censo de población y vivienda, 2010.

4.7.4 Índice de desarrollo humano

Grado de marginación

Un indicador empleado para diferenciar entidades federativas en función del impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a diferentes oportunidades, servicios o bienes, es el índice de marginación. A partir del análisis de los indicadores relacionados con la educación básica, la residencia en viviendas inadecuadas, la residencia en localidades pequeñas, dispersas y aisladas, y la percepción de ingresos monetarios bajos, se construye éste índice de referencia. La estimación de este indicador permite conocer la desigualdad regional existente de las oportunidades sociales (CONAPO, 2010).

En la siguiente tabla 4.28, se muestra un resumen de algunos indicadores socioeconómicos, así como el grado de marginación. La tabla completa de los indicadores empleados se puede consultar en el anexo 4.3 de este capítulo.

Tabla 4.28. Indicadores socioeconómicos y grado de marginación de la Península de Yucatán por estado.

Entidad federativa	Población de 15 años o más analfabeta (%)	Ocupantes en vivienda sin energía eléctrica (%)	Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos (%)	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Campeche	8.37	2.59	45.51	Alto	10
Quintana Roo	4.86	1.97	29.24	Medio	20
Yucatán	9.30	1.74	53.28	Alto	11
Nacional	6.93	1.77	38.66	NA	NA

NA= No aplica. Fuente: CONAPO, 2010.

A nivel nacional, existen ocho entidades federativas con grado de marginación alto, entre las que se encuentran Campeche y Yucatán; a nivel municipal, Campeche cuenta con 2 municipios con grado de marginación alto, 7 con medio, 1 con bajo y 1 muy bajo. En Quintana Roo, existen 3 municipios con grado de marginación medio, 3 con bajo y 3 con muy bajo. En Yucatán 10 municipios tienen un grado muy alto, 23 alto, 68 medio, 4 bajo y 1 muy bajo (CONAPO, 2010). Los mapas de marginación por municipio se pueden consultar en el Anexo de este documento.

Índice de desarrollo humano (IDH)

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) se compone de tres dimensiones: salud, educación e ingreso y cada dimensión es medida a partir de variables establecidas por las Naciones Unidas. La tabla 4.29 muestra los resultados del IDH de las entidades federativas de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Tabla 4.29. Índice de desarrollo humano (IDH) y componentes por entidad federativa 2010.

Entidad federativa	Índice de salud	Índice de educación	Índice de ingreso	IDH
Campeche	0.873	0.676	0.704	0.74
Quintana Roo	0.866	0.691	0.731	0.759
Yucatán	0.866	0.653	0.7	0.734
Nacional	0.874	0.678	0.681	0.739

Fuente: CONAPO, 2014.

De acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO), “el índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la vivienda en localidades pequeñas”.

El índice de marginación considera cuatro dimensiones estructurales de la marginación: educación, vivienda, distribución de población e ingresos por trabajo. El índice de marginación está constituido por nueve indicadores que miden la intensidad de la exclusión. Estos indicadores están expresados en porcentaje y, según datos publicados de 2000 a 2010 hubo una disminución en los porcentajes de los nueve indicadores. Las Tablas 4.30 y 4.31 muestran el grado de marginación en las entidades federativas de la Península de Yucatán, así como el valor de índice y el lugar que ocupa en el contexto nacional.

Tabla 4.30. Municipios de la Península de Yucatán por entidad Federativa, según grado de marginación, 2010.

Entidad Federativa	Total	Grado de marginación				
		Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Campeche	11	0	2	7	1	1
Quintana Roo	9	0	0	3	3	3
Yucatán	106	10	23	68	4	1
Nacional	2,456	441	408	944	401	262

Fuente: Atlas del Agua en México, CONAGUA 2012a.

Tabla 4.31. Índice y grado de marginación y lugar que ocupa en el contexto nacional por entidad federativa, 2010.

Entidad Federativa	Índice de marginación	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Campeche	0.434	Alto	10
Quintana Roo	-0.418	Medio	20
Yucatán	0.423	Alto	11

Fuente: Atlas del Agua en México, CONAGUA 2012a.

Índice de rezago social de la región

El Índice de Rezago Social es una medida ponderada que resumen cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) en un solo índice que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales. Las entidades de Campeche y Yucatán, presentan un grado de rezago social alto, mientras que Quintana Roo está catalogada en un nivel medio (Tabla 4.32). En el anexo 4.3 se presentan completo el Tabla 4.32, con todos los indicadores de rezago por entidad federativa, y en el anexo 4.4 se presentan los índices de rezago a nivel municipal de los 3 estados de la Península de Yucatán.

Tabla 4.32. Pobreza, índice y grado de rezago social.

Entidad	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza de patrimonio	Índice de rezago social	Grado de rezago social
Campeche	20.0	27.3	51.4	0.324	Alto
Quintana Roo	11.0	16.0	36.5	0.150	Medio
Yucatán	18.1	26.2	51.7	0.343	Alto
Nacional	18.2	24.7	47.0	NA	NA

NA: No aplica. Fuente: CONEVAL con base en Censo de Población y Vivienda 2005.

4.7.5 Pueblos indígenas

La cobertura educativa nacional está más rezagada en el medio indígena; de cada 100 analfabetas del país, 26 hablan una lengua indígena. En todas las entidades, el porcentaje de alfabetismo es mayor entre la población de 15 y más años que entre sus hablantes. En las tablas 4.33, 4.34 y 4.35, se presenta información relacionada con la Población de 5 o más años que hablan alguna lengua indígena, los alumnos inscritos en primarias indígenas y el número existente de escuelas indígenas para los años 2000, 2005 y 2010.

Tabla 4.33. Población de 5 y más años que habla lengua indígena.

Estado	2000	2005	2010
Yucatán	549,532	538,355	537,516
Campeche	93,765	89,084	91,094
Quintana Roo	173,592	170,982	196,060

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2010a.

Tabla 4.34. Alumnos inscritos en primaria indígena.

Estado	2000	2005
Yucatán	14,040	13,195
Campeche	2,621	27,83
Quintana Roo	3,945	3,892

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2010a.

Tabla 4.35. Escuelas en primaria indígena.

Estado	2000	2005
Yucatán	175	172
Campeche	52	52
Quintana Roo	87	80

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2010a.

4.7.6 Salud

Existen tres indicadores importantes a considerar desde el punto de vista del impacto en la higiene, salud, índices de mortalidad y morbilidad que son: 1) Incremento en la proporción de viviendas particulares habitadas que disponen de servicio de sanitario, 2) Habitantes con cobertura de agua potable y 3) Cobertura de alcantarillado o drenaje. Los datos de estos indicadores por entidad federativa para la Península de Yucatán se muestran en las tablas 4.36, 4.37 y 4.38

Tabla 4.36. Ocupantes en viviendas particulares que disponen de sanitario en los tres estados de la Península de Yucatán.

Entidad federativa	1990	2000	2005	2010
Campeche	379,867	564,637	657,324	756,145
Quintana Roo	372,169	773,662	920,344	1,240,039
Yucatán	897,781	1,242,538	1,424,530	1,674,140
Total	1,649,817	2,580,839	3,002,198	3,670, 324

Fuentes: CONAGUA, 2007a, INEGI (2010c, 2010d, 2010e).

Tabla 4.37. Habitantes con cobertura de agua potable en los tres estados de la Península de Yucatán.

Entidad federativa	1990	2000	2005	2010
Campeche	367,163	579,839	654,884	732,474
Quintana Roo	425,514	807,102	935,070	1,203,070
Yucatán	950,434	1,541,898	1,709,774	1,884,642
Total	1,743,111	2,928,839	3,299,728	3,820, 186

Fuentes: CONAGUA, 2007a, INEGI (2010c, 2010d, 2010e).

Tabla 4.38. Habitantes con cobertura de drenaje o alcantarillado en los tres estados de la Península de Yucatán.

Entidad federativa	1990	2000	2005	2010
Campeche	232,250	416,430	581,038	691,195
Quintana Roo	260,655	669,085	885,348	1,207,393
Yucatán	569,586	756,629	1,213,634	1,526,688
Total	1,062,491	1,842,144	2,680,020	3,425,276

Fuentes: CONAGUA, 2007a, INEGI (2010c, 2010d, 2010e).

Otro indicador empleado es la población que tiene acceso a los servicios de salud, el cual se presenta en la siguiente tabla 4.39, y en donde se puede notar que la entidad de Campeche es la que presenta menor porcentaje de población con derechohabiencia (67.62%).

Tabla 4.39. Población total con derechohabiencia a servicios de salud (IMSS, ISSSTE, Seguro Popular, Institución Privada), 2010.

Entidad	Población total	No derecho-habiente	Derechohabiente	No especificado
Campeche	822,241	182,195	631,406	8,840
Quintana Roo	1,325,578	395,186	896,408	33,984
Yucatán	1,955,577	470,812	1,464,077	20,688

Fuentes: INEGI (2010c, 2010d, 2010e).

4.8 Aspectos económicos

4.8.1 Producto interno bruto estatal

El producto interno bruto, es la medida total del flujo de bienes y servicios durante un determinado periodo, el cual se obtiene valuando la producción de bienes y servicios a precios de mercado (Bannock, 1999). La siguiente tabla 4.40, presenta este indicador por entidad federativa y por tipo de actividad económica; es de notar que esta tabla difiere de lo expresado por Pat y Cantún, 2010, respecto al tipo de actividad predominante en el estado de Campeche. En el estado de Yucatán resalta en el sector primario, en Campeche en el secundario y en Quintana Roo en el terciario.

Tabla 4.40. PIB por sector de la Península de Yucatán por estado (miles de pesos).

Estado	Primario	Secundario	Terciario
Campeche	2,832,060	220,549,653	46,895,140
Quintana Roo	1,079,374	13,732,731	115,899,858
Yucatán	5,147,519	30,480,881	89,947,978
Total	9,058,953	264,763,265	252,742,976

Fuente: Censo de población y vivienda. INEGI, 2010a (SIMBAD); INEGI, 2012b.

4.8.2 Actividades económicas

El desarrollo económico del estado de Campeche, a través del tiempo, se ha basado en la actividad primaria, es decir, en la explotación de sus recursos naturales, tales como el palo de tinte, chicle, obtenido del zapote y el camarón. Sucede lo mismo con la explotación del petróleo en la entidad que ha ocasionado una grave contaminación ambiental marina. Sin embargo, en las últimas décadas el sector terciario ha predominado en el sector estatal como sucede a nivel nacional e internacional (Pat y Cantún, 2010).

El caso de Quintana Roo se ha denominado un milagro económico desde la década de los setentas, por las altas tasas de crecimiento de su producto interno bruto y por el relativo éxito de la actividad turística. Con la creación del polo turístico de Cancún y el impulso de la Riviera Maya en los años noventa, el sector terciario empezó a dominar la economía estatal. El sector primario y secundario, comenzó a perder presencia a partir de 1975 en el PIB estatal, actualmente este estado se tipifica como una economía donde existe un claro predominio del sector terciario (Lozano y Olivares, 2011).

En Yucatán destaca la terciarización de la estructura económica que se inscribe en una tendencia de largo plazo, que surge como respuesta a la declinación de la actividad henequenera observada desde la década de los setentas, y también a la incapacidad de la política pública de reestructurar e impulsar los sectores primario y secundario (Canto, 2001; Sarmiento, 2010).

En los países industrializados el proceso de terciarización emerge como respuesta al importante desarrollo experimentado por la industria y la actividad agropecuaria, mientras que en el caso de Yucatán lo hace como alternativa a la crisis existente, tanto en la actividad agropecuaria y pesquera, como en la industrial (Sarmiento, 2010).

4.9 Daños provocados por la sequía

Los datos oficiales reportan que el sector más afectado por la sequía es el agropecuario y de acuerdo con esta información nacional del 2000 al 2010, las

peores sequías han sido la de 2005 y la del 2009, en donde se registró la mayor cantidad de productores afectados y áreas de cultivo dañadas (CENAPRED, 2012). El monto total de daños registrados del 2000 al 2010 asciende a \$577,969.0 millones de pesos, equivalentes a 2,716, 367 hectáreas dañadas de cultivos y pastizales y 563,291 productores afectados, en este mismo periodo (CENAPRED, 2012).

A partir de revisiones hemerográficas de la región Peninsular se ha documentado que cuando se presenta este fenómeno los problemas más frecuentes son: falta de suministro de agua y presencia de quemas e incendios forestales; lo que da origen a la gestión de apoyos para enfrentar las sequías.

En el 2005, la sequía afectó el estado de Campeche, con una pérdida de áreas de cultivo de 9,905 ha, equivalente a \$7.4 millones de pesos, es decir el 1.48% del total de hectáreas afectadas en todo el país. Este mismo año, se reportó un total de 167,235 productores afectados y 668,939.1 ha de cultivo dañadas, equivalentes a \$778.6 millones de pesos en pérdidas para el sector en toda la República (CENAPRED, 2006).

En el 2007, Campeche fue el segundo estado más afectado por la sequía en el país, reportando un total de 9,169 productores afectados y 23,955.02 hectáreas dañadas, reflejándose en un total de \$19.72 millones de pesos en pérdidas, equivalente al 19.3% de los daños totales a nivel nacional. Sobresale en este año el hecho de que las regiones más afectadas fueron la Sur y Sureste del país, cuando históricamente ha sido el Norte y la región Centro-Occidente las que registran el impacto de este fenómeno con más frecuencia (CENAPRED, 2009a).

Durante el 2008, continuaron los efectos negativos de la sequía en la región sureste de la república. En Yucatán se reportaron daños por \$30.34 millones de pesos (21.3% del total nacional), 11,639 hectáreas dañadas y 11,238 productores afectados (CENAPRED, 2009b; SAGARPA, 2010a).

En el caso de los incendios del 2004 al 2012, se observó que el mayor número de casos que se presentaron en la Península fueron en los años 2008, 2009 y 2005 con un total de 354, 336 y 269 eventos, respectivamente. Una observación interesante es que fueron en estos mismos años donde se realizaron las declaratorias de contingencia climatológica por sequía en el diario oficial de la federación.

4.10 Apoyos para la sequía solicitados y otorgados por diversos programas

En el periodo 1995-2002, se apoyó mediante el FONDEN a los productores afectados por fenómenos climatológicos extremos, este programa se estableció como el instrumento financiero del Gobierno Federal para atender los efectos de los desastres naturales mediante la asignación y transferencia de recursos a las entidades federales cuya capacidad de respuesta operativa y financiera fuese superada por la magnitud de los daños registrados. Las mayores necesidades de apoyo se destinaron al fenómeno de la “sequía”, seguido por las contingencias provocadas por los “huracanes” y, en tercer término, al fenómeno de las “heladas” (DOF, 2003).

A partir del 2003 el Gobierno Federal, con la participación de los Gobiernos Estatales, estableció el Programa del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC), a fin de apoyar a los productores de bajos ingresos de las áreas de temporal afectados por estas contingencias climatológicas y que no contaran con un seguro contra dichos daños, liberando al FONDEN de la atención a las Contingencias Climatológicas del Sector Agropecuario (SAGARPA, 2009). Posteriormente, en el 2008, el FAPRACC sufre una reestructuración en su forma de operar y adquiere el nombre de Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC), buscando una mayor agilidad y eficiencia en su operación y en la cobertura de la población atendida, es decir a la población rural de bajos ingresos (SAGARPA, 2010a).

Del 2003 al 2010, el 58.6% de los recursos totales otorgados por el FAPRACC/PACC vía apoyo directo para atender contingencias climatológicas en el sector agropecuario fueron destinados a atender los efectos y daños derivados de la sequía (SAGARPA, 2010). Un punto que resalta del impacto de la sequía, es que aunque no necesariamente afecte a las zonas más marginadas, sus efectos negativos son mayores en las poblaciones de escasos recursos. Esto pone de manifiesto la necesidad de dirigir y/o mantener los recursos para la prevención y la mitigación de los daños a los más marginados (CENAPRED 2010; CENAPRED 2012).

Anexos

Anexo 4.1. Definición y descripción de los grupos y subtipos climáticos de la Península de Yucatán.

Símbolos climáticos en la Península de Yucatán (Balam et al., 1999).

A. Grupo de climas cálido-húmedos; temperatura media del mes más frío de 18 °C.

B. Grupo de climas secos; los límites entre los secos y los húmedos se establecen por medio de fórmulas que relacionan la precipitación anual con la temperatura y con el régimen de lluvias.

Símbolos de tipos y subtipos climáticos del grupo A.

Af. Cálido-húmedo con lluvias todo el año, precipitación de mes más seco mayor de 60mm, por ciento de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 18.

Af (m) Cálido-húmedo con lluvias todo el año, precipitación de mes más seco mayor de 60 mm, por ciento de lluvia invernal con respecto a la anual menor de 18.

Am (f) Cálido-húmedo con lluvias en verano, por ciento de lluvia invernal mayor de 10.2, precipitación del mes más seco menor de 60 mm.

Am Cálido-húmedo con lluvias en verano, por ciento de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la anual, precipitación del mes más seco menor de 60 mm.

Am (w) Cálido-húmedo con lluvias en verano, por ciento de lluvia invernal menor de 5 de la anual.

Aw Cálido subhúmedo con lluvias en verano (por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mas más húmedo de la mitad caliente del año que en el mas más seco), precipitación del mes más seco menos de 60 mm por ciento de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la anual; de acuerdo con su grado de humedad se divide en tres subtipos:

Aw0 El más seco de los cálidos subhúmedos con un cociente P/T (mencionado arriba) menor de 43.2.

Aw1 Intermedio en cuanto al grado de humedad entre Aw0 y Aw2, con lluvias en verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.3.

Aw2 El más húmedo de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, cociente P/T mayor de 55.3.

Una **(x')** a continuación de la w indica un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 10.2: Aw0 (X'), Aw1 (x'), Aw2 (x').

Una **(x')** antes que la w indica que el sitio tiene un régimen de lluvias intermedio, en el que no se cumple el requisito de 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo que el mes más seco.

Una **(w)** a continuación de la primera w indica un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual: **Aw0 (w), Aw1 (w), Aw2 (w).**

Una **w''** indica en cualquier posición de los símbolos indica presencia de sequía intraestival, sequía de medio verano o canícula.

Símbolos referentes a tipos y subtipos climáticos del Grupo B

BW Muy seco o desértico, el límite con las BS está dado por una formulación entre régimen y cantidad de lluvias y condiciones de temperatura.

BS Es el tipo semiárido que se subdivide en dos subtipos de acuerdo con su grado de humedad:

B0S El más seco de las semiáridos, con un cociente P/T menor de 22.9.

B1S El menos seco de las BS con un cociente P/T mayor de 22.9.

W Régimen de lluvias de verano; por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el más húmedo de la mitad caliente del año que en el más más seco. Porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la total anual.

w (x') Régimen de lluvias de verano, con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 respecto a la anual.

(x')w Régimen de lluvias uniformemente repartido o intermedio, con un porcentaje de lluvia entre 10.2 y 18.

(h') Muy cálido, temperatura media anual mayor de 22°C y la del más frío mayor de 18°C.

El símbolo **w''** significa que ese sitio presenta sequía intraestival, o canícula. Si en la descripción del clima ya existía la w solamente se han agregado las comillas para indicar el fenómeno.

i Isotermal, oscilación de la temperatura (mes más cálido - mes más frío) menor de 5°C.

(i') Con poca oscilación entre 5 y 7°C.

g Marcha de la temperatura tipo Ganges, lo que significa que el mas más cálido se presenta antes del Solsticio de Verano.

Anexo 4.2. Principales ríos, lagos y cuerpos de agua de la Península de Yucatán.

Principales ríos

Nombre	Estado	Área (Km²)	Longitud (km)
Candelaria	Campeche	13,790	150
Palizada	Campeche	-	-
Mamantel	Campeche	-	-
Champtón	Campeche	-	-
Hondo (Escondido)	Quintana Roo	8,825	20

Fuente: CONAGUA, 2004.

Principales cuerpos de agua

Tipo	Clave estado	Cuerpo de agua	Área (km²)	Perímetro (km)
Perenne	4	Laguna Panlao	14.00	42.69
Perenne	23	Laguna Canchebalam	9.92	43.69
Perenne	23	Laguna Caapechen	41.94	75.30
Perenne	23	Laguna Bacalar	59.04	138.27
Perenne	23	Laguna Nichupté	44.74	59.48
Perenne	23	Laguna Santa Rosa	11.76	33.01
Perenne	23	Laguna Mosquitero	13.33	25.69
Perenne	23	Chunyaxche	18.13	22.53
Perenne	31	Estero Celestún	15.61	33.18
Perenne	31	Estero Río Lagartos	65.79	114.29
Perenne	31	Estero Río Lagartos	4.23	14.51
Perenne	31	Estero Yucalpetén	14.27	36.34
Perenne	23	Chichancanab	7.35	52.81

Fuente: Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR 2007-2012.

Principales lagos

Nombre	Área km²	Longitud (km)
Lago Chac Chooben	34.09	74.22
Lago Milagros	3.04	10.25
Lago San José	63.43	90.51
Lago La Olla	1.11	4.61
Lago Tres Reyes	66.99	76.25
Lago El Mapache	0.78	8.03
Lago Las Correas	45.52	45.91
Lago El Toro	32.23	59.00
Lago La Tomasita	0.35	4.08

Fuente: Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR 2007-2012.

Anexo 4.4. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por municipio 2010 de los 3 estados de la Península de Yucatán.

Clave	Entidad	Población	% Población de 15 años o más analfabeta	% Población de 15 años o más sin primaria completa	% Ocupantes en viviendas sin drenaje o excusado	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	% Población en localidades con menos de 5 000 habitantes	% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contenido nacional
	Nacional	112,330,538	0.93	19.93	3.57	1.77	8.63	36.53	6.58	28.85	38.00	-	-	-	-
01	Aguas calientes	1,154,993	3.27	14.75	1.05	0.62	0.99	30.33	1.76	25.16	33.65	0.911	B	15.24	28
02	Baja california	3,155,070	2.60	12.99	0.43	0.95	3.65	29.06 3	3.40	10.35	21.87	1.140	MB	10.35	30
03	Baja california Sur	637,026	3.23	14.27	0.94	2.84	7.09	31.74	5.81	15.62	23.30	0.681	B	20.14	23
04	Campeche	822,441	8.37	22.54	6.42	2.59	9.74	45.97	4.50	30.88	45.51	0.434	A	43.93	10
05	Coahuila de Zaragoza	2,748,391	2.65	12.17	1.09	0.54	1.39	30.27	1.42	12.15	30.04	1.140	MB	10.35	29
06	Colima	650,555	5.16	18.48	0.69	0.59	1.17	31.12	4.69	14.48	32.04	0.779	B	18.06	26
07	Chiapas	4,796,580	17.91	37.13	5.06	3.82	22.37	53.90	15.65	57.86	69.85	2.318	MB	54.14	2
08	Chihuahua	3,400,465	3.70	16.07	2.64	3.78	4.95	28.39	3.55	17.05	15.93	0.520	B	23.59	21
09	Distrito federal	8,851,080	2.11	8.72	0.08	0.08	1.79	26.08	1.05	0.57	28.51	1.482	MB	3.04	32
10	Durango	1,632,934	3.84	18.76	5.85	4.19	5.73	32.60	7.01	35.19	40.61	0.052	M	35.80	15
11	Guanajuato	5,486,372	8.23	24.01	6.39	1.49	5.37	36.27	4.25	34.67	39.22	0.061	M	35.97	14
12	Guerrero	3,388,768	16.82	31.60	19.5 8	4.38	29.79	50.18	19.61	49.68	54.94	2.532	MA	88.72	1
13	Hidalgo	2,665,018	10.30	22.67	6.03	2.50	9.10	37.68	7.22	68.71	40.29	0.661	A	48.79	6
14	Jalisco	7,380,682	4.39	18.02	1.50	0.78	3.85	30.10	3.19	17.50	27.15	0.825	B	17.08	27
15	México	15,175,862	4.41	14.29	3.18	0.79	5.67	37.93	3.94	19.10	35.34	0.554	B	22.85	22
16	Michoacán de Ocampo	4,351,037	10.25	29.19	3.81	1.70	8.05	36.17	10.98	40.58	43.69	0.526	A	45.90	8
17	Morelos	1,777,227	6.45	17.88	1.98	0.81	8.25	34.17	7.80	24.63	38.23	0.272	M	28.87	19
18	Nayarit	1,084,979	6.35	21.51	5.40	3.76	7.47	33.72	4.38	39.14	18.04	0.172	M	37.28	12
19	Nuevo león	4,653,458	2.24	10.92	0.39	0.30	2.21	29.82	1.97	6.70	17.14	1.383	MB	5.16	31
20	Oaxaca	3,801,962	16.38	33.85	4.01	4.93	23.05	46.53	-	61.51	57.77	2.145	MA	80.48	3

21	Puebla	5,779,829	10.44	25.13	3.09	1.67	12.40	44.59	9.85	38.50	52.45	0.712	A	49.88	5
22	Querétaro	1,827,937	6.35	16.75	6.32	2.00	4.93	33.10	3.83	39.07	29.95	0.264	M	29.04	18
23	Quintana Roo	1,325,578	4.85	15.58	3.06	1.97	6.18	43.14	3.95	14.36	29.24	0.418	M	25.76	20
24	San Luis Potosí	2,585,518	7.95	23.18	3.99	3.91	14.17	34.43	9.10	40.08	46.70	0.564	A	46.72	7
25	Sinaloa	2,767,761	5.01	19.71	3.41	1.11	4.71	38.33	6.38	32.85	31.68	0.260	M	29.13	17
26	Sonora	2,662,480	3.06	14.40	1.68	1.57	3.08	34.77	5.41	17.89	30.65	0.703	B	19.67	24
27	Tabasco	2,238,603	7.10	21.33	2.97	1.19	18.51	43.13	6.58	53.65	42.05	0.472	A	44.75	9
28	Tamaulipas	3,263,554	3.67	15.96	0.63	1.56	2.91	35.19	3.35	13.92	33.97	0.721	B	19.28	25
29	Tlaxcala	1,169,935	5.22	15.32	2.69	1.00	1.47	42.96	3.73	36.40	52.99	0.150	M	31.48	16
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	7,643,194	11.50	28.87	2.58	2.92	19.51	39.96	12.40	45.20	50.64	1.075	A	52.63	4
31	Yucatán	1,955,577	9.30	25.40	12.6 2	1.74	2.18	42.93	2.85	26.27	53.28	0.423	A	43.70	11
32	Zacatecas	1,490,668	5.68	24.68	6.69	1.39	5.43	32.90	3.29	48.19	48.28	0.104	M	36.89	13

Nota: MB=Muy bajo; B= Bajo; M= Medio; A= Alto; MA= Muy Alto. Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

Anexo 4.4. Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación por municipio 2010 de los 3 estados de la Península de Yucatán.

Campeche

Clave de entidad federativa	Clave del municipio	Municipio	Población total	% Población de 15 años o más analfabeta	% Población de 15 años o más sin primaria completa	% Ocupantes en viviendas sin drenaje o excusado	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	% Población en localidades con menos de 5 000 habitantes	% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contenido estatal	Lugar que ocupa en el contenido nacional
		Campeche	822,441	8.37	22.54	6.42	2.59	9.74	45.97	4.50	30.88	45.51	-	-	-	-	-
04	001	Calkini	52,890	13.12	28.54	20.87	1.44	6.29	52.83	2.80	26.28	65.63	-0.237	M	24.998	7	1,404
04	002	Campeche	259,005	5.02	15.90	2.09	0.92	1.16	37.34	1.79	9.71	38.19	-1.379	M	12.090	11	2,277
04	003	Carmen	221,094	5.48	18.36	1.67	1.54	18.55	43.51	4.62	17.75	24.81	-1.185	B	14.279	10	2,159
04	004	Champotón	83,021	12.21	31.31	7.78	2.42	10.76	51.71	4.10	52.31	56.19	-0.285	M	24.447	8	1,443
04	005	Hecelchacán	28,306	11.74	26.04	17.93	2.32	9.55	54.19	2.26	32.95	61.89	-0.291	M	24.390	9	1,451
04	006	Hopelchén	37,777	11.94	27.06	15.22	4.48	5.00	60.33	4.17	80.69	77.27	0.156	M	29.434	3	1,062
04	007	Palizada	8,352	11.46	30.67	4.70	5.23	32.81	51.47	7.33	100.00	61.29	0.153	M	29.400	4	1,065
04	008	Tenabo	9,736	13.37	29.29	29.96	2.85	6.01	56.08	1.87	22.52	67.11	-0.067	M	26.911	5	1,257
04	009	Escarcega	54,184	12.02	32.25	7.79	3.95	2.67	56.42	7.32	45.69	66.38	-0.145	M	26.035	6	1,319
04	010	Calakmul	26,882	17.87	36.56	7.98	6.44	31.40	64.49	13.48	100.00	79.66	0.839	A	37.155	1	506
04	011	Candelaria	41,194	15.78	36.60	13.15	13.93	15.06	54.42	16.10	76.18	75.37	0.657	A	35.095	2	636

Nota: MB=Muy bajo; B= Bajo; M= Medio; A= Alto; MA= Muy Alto. Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

Quintana Roo

Clave de entidad federativa	Clave del municipio	Municipio	Población total	% Población de 15 años o más analfabeta	% Población de 15 años o más sin primaria completa	% Ocupantes en viviendas sin drenaje o excusado	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	% Población en localidades con menos de 5 000 habitantes	% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contenido estatal	Lugar que ocupa en el contenido nacional
		Quintana Roo	1,325,578	4.86	15.58	3.06	1.97	6.18	43.14	3.95	14.36	29.24	-	-	-	-	-
23	001	Cozumel	79,535	3.50	13.65	0.42	0.97	3.97	44.36	1.29	2.89	28.50	-1.479	MB	10.962	7	2,309
23	002	Felipe Carrillo Puerto	75,026	14.10	28.72	23.74	4.22	2.53	62.85	8.47	65.69	65.05	0.200	M	29.930	2	1,008
23	003	Isla Mujeres	16,203	4.10	18.80	1.81	8.14	23.51	48.09	4.57	21.98	29.57	-0.912	B	17.364	5	1,963
23	004	Othón P. Blanco	244,553	7.11	19.65	2.15	1.83	1.57	42.19	5.60	31.46	41.67	-1.027	B	16.065	6	2,052
23	005	Benito Juárez	661,176	2.83	12.21	0.53	1.72	9.77	39.16	3.06	0.34	21.75	-1.575	MB	9.877	8	2,338
23	006	José María Morelos	36,179	13.71	31.43	18.10	3.96	1.57	63.39	10.26	67.52	75.14	0.294	M	30.995	1	934
23	007	Lázaro Cárdenas	25,333	12.56	29.79	11.88	5.28	3.74	60.66	7.69	71.78	59.14	0.018	M	27.870	3	1,182
23	008	Solidaridad	159,310	2.81	11.60	0.24	0.70	1.09	43.78	1.72	2.14	23.52	-1.604	MB	9.544	9	2,349
23	009	Tulum	28,263	8.26	20.27	9.94	3.57	6.50	55.58	5.38	35.49	30.91	-0.761	B	19.072	4	1,843

Nota: MB=Muy bajo; B= Bajo; M= Medio; A= Alto; MA= Muy Alto. Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

Yucatán

Clave de entidad federativa	Clave del municipio	Municipio	Población total	% Población de 15 años o más analfabeta	% Población de 15 años o más sin primaria completa	% Ocupantes en viviendas sin drenaje o excusado	% Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas sin agua entubada	% Viviendas con algún nivel de hacinamiento	% Ocupantes en viviendas con piso de tierra	% Población en localidades con menos de 5 000 habitantes	% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contenido estatal	Lugar que ocupa en el contenido nacional
		Yucatán	1,955,577	930	25.40	12.62	1.74	2.18	42.93	2.85	26.27	53.28	-	-	-		-
31	001	Abala	6,356	17.39	45.05	18.27	2.61	0.73	57.10	3.07	100.00	62.27	0.382	M	31.989	34	858
31	002	Acanche	15,337	11.26	28.89	12.36	1.38	0.30	53.05	2.28	28.49	51.34	-0.538	M	21.588	95	1,651
31	003	Akil	10,362	15.15	41.73	10.71	1.72	0.65	58.79	5.79	1.80	67.80	-0.108	M	26.456	27	1,282
31	004	Baca	5,701	9.86	30.71	15.39	0.44	4.27	45.57	1.72	100.00	69.75	-0.129	M	26.214	78	1,307
31	005	Bokobá	2,053	14.41	37.03	11.51	1.37	1.95	46.70	2.20	100.00	64.36	-0.014	M	27.509	72	1,210
31	006	Butzotz	8,637	15.96	42.77	17.57	3.19	3.25	49.13	1.80	12.99	75.75	-0.009	M	27.575	70	1,206
31	007	Cacalchen	6,811	13.15	34.63	4.77	0.52	1.28	46.61	0.81	0.35	54.31	-0.692	M	19.855	101	1,787
31	008	Calotmul	4,095	15.69	43.73	11.78	2.53	0.69	53.51	3.01	100.00	79.76	0.374	M	31.902	35	866
31	009	Cansahcab	4,696	13.29	34.88	18.91	0.79	4.93	44.06	1.81	100.00	69.60	0.032	M	28.040	68	1,166
31	010	Cantamayec	2,407	26.69	48.71	25.14	5.67	2.08	65.09	4.99	100.00	83.55	1.095	MA	40.047	7	346
31	011	Celestun	6,831	9.66	41.60	12.61	3.75	1.77	54.92	8.14	0.31	61.85	-0.232	M	25.046	85	1,397
31	012	Cenotillo	3,701	15.70	43.49	10.64	3.67	0.49	40.98	1.91	100.00	83.87	0.247	M	30.467	47	967
31	013	Conkal	9,143	7.76	24.60	8.53	0.85	6.49	44.08	0.55	21.55	44.78	-0.906	B	17.432	103	1 957
31	014	Cuncumil	1,595	21.81	40.80	19.65	3.64	1.13	61.52	6.21	100.00	70.10	0.612	A	34.585	22	667
31	015	Cuzamá	4,966	13.32	37.66	33.22	1.74	2.00	53.68	2.42	100.00	61.26	0.276	M	30.793	44	946
31	016	Chacsinkin	2,818	22.51	43.16	32.29	2.77	0.57	63.75	2.92	100.00	79.39	0.852	A	37.303	12	498
31	017	Chankum	4,464	20.56	42.67	35.80	5.66	1.14	64.23	3.38	100.00	86.74	0.990	MA	38.856	9	410
31	018	Chapab	3,035	15.77	39.28	24.11	1.17	1.79	54.95	1.09	100.00	79.00	0.409	A	32.293	33	837
31	019	Chemax	33,490	28.10	51.77	57.68	7.98	2.37	71.93	4.44	40.05	70.25	1.276	MA	42.096	3	271
31	020	Chicxulub puerto	4,113	9.90	26.99	13.70	1.35	0.86	50.66	1.60	100.00	50.49	-0.331	M	23.930	90	1,484

31	021	Chichimila	7,952	22.20	40.80	33.84	8.82	2.24	69.31	5.77	30.48	74.03	0.735	A	35.972	17	569
31	022	Chikindzonot	4,162	21.55	41.28	34.52	9.77	0.84	70.92	2.60	100.00	91.87	1.181	MA	41.018	5	309
31	023	Chochola	4,530	12.88	31.08	24.60	0.71	1.35	45.57	0.98	100.00	55.01	-0.131	M	26.193	79	1,309
31	024	Chumayel	3,148	23.91	46.07	451	1.40	0.41	56.33	184	100.00	80.58	0.499	A	33.315	27	757
31	025	Dzan	4,941	10.53	35.05	12.15	1.18	0.04	58.28	4.42	100.00	82.72	0.220	M	30.156	49	994
31	026	Dzemul	3,489	16.88	36.88	6.94	0.60	17.07	41.14	0.66	100.00	64.44	-0.013	M	27.522	71	1,209
31	027	Dzizantun	8,133	8.31	26.68	10.20	1.33	19.56	41.34	0.77	9.10	64.84	-0.632	M	20.535	99	1,729
31	028	Dzilam de bravo	2,463	5.17	27.34	2.45	2.54	3.03	47.42	0.29	100.00	68.26	-0.388	M	23.294	93	1,530
31	029	Dzilam González	5,905	10.44	38.11	4.93	0.98	7.68	42.92	0.84	0.51	61.15	-0.616	M	20.709	98	1,717
31	030	Dzitas	3,540	22.16	44.86	18.36	5.10	0.48	63.42	9.78	100.00	74.16	0.799	A	36.705	14	527
31	031	Dzoncauich	2,772	20.26	46.44	46.75	2.50	4.31	52.67	2.62	100.00	84.72	0.941	MA	38.304	10	441
31	032	Espita	15,571	18.83	45.89	32.32	6.75	0.77	65.18	11.1 2	25.82	79.13	0.720	A	35.807	18	579
31	033	Halacho	19,072	17.69	39.21	35.96	1.11	9.29	59.24	4.43	50.65	70.11	0.436	A	32.602	29	805
31	034	Hocaba	6,061	19.15	42.45	10.37	1.18	0.28	56.01	4.23	100.00	62.49	0.259	M	30.600	46	957
31	035	Hoctum	5,607	19.59	43.64	23.46	1.12	0.12	51.23	4.28	100.00	69.89	0.436	A	32.598	30	807
31	036	Homun	7,257	17.45	35.85	23.78	1.50	2.54	58.25	5.03	15.31	73.56	0.094	M	28.737	60	1,117
31	037	Huhil	4,841	16.58	41.79	42.95	2.16	0.48	49.63	3.38	100.00	74.86	0.598	A	34.426	23	680
31	038	Hunucmá	30,731	13.46	33.85	33.13	0.99	10.93	57.09	2.10	18.94	67.17	0.036	M	28.078	65	1,160
31	039	Ixil	3,803	8.30	32.10	17.84	0.45	3.90	54.58	0.95	100.00	61.75	-0.088	M	26.675	76	1,269
31	040	Izamal	25,980	17.10	34.27	9.71	1.14	0.64	51.82	2.07	37.66	67.04	-0.200	M	25.413	83	1,367
31	041	Kanasin	78,709	7.28	22.24	5.36	1.10	3.09	44.97	1.89	1.87	44.31	-1.061	B	15.682	104	2,078
31	042	Kantunil	5,502	20.80	39.50	19.95	1.93	1.06	54.33	1.46	100.00	61.58	0.307	M	31.139	41	923
31	043	Kaua	2,761	18.15	43.87	49.08	6.69	0.91	64.94	6.49	100.00	76.83	1.074	MA	39.812	8	363
31	044	Kinchil	6,571	15.30	37.30	38.59	0.67	4.88	56.31	0.98	4.02	73.76	0.113	M	28.944	57	1,099
31	045	Kopoma	2,449	10.17	31.45	18.78	1.56	10.07	47.86	2.94	100.00	71.53	0.051	M	28.245	64	1,151
31	046	Mama	2,888	17.80	45.92	1.98	0.76	2.98	53.51	3.88	100.00	78.60	0.324	M	31.333	39	912
31	047	Mani	5,250	18.75	43.40	27.85	1.85	2.42	56.16	3.26	100.00	82.57	0.666	A	35.199	20	626
31	048	Maxcanu	21,704	15.78	35.91	35.48	1.73	3.18	57.75	6.37	41.85	65.10	0.234	M	30.314	48	980
31	049	Mayapan	3,269	28.76	56.25	40.99	3.90	0.89	68.18	3.16	100.00	83.04	1.387	MA	43.344	2	223

31	050	Mérida	830,732	3.27	13.32	2.96	0.58	1.30	29.93	0.76	4.85	41.24	-1.547	MB	10.197	106	2,330
31	051	Mocochoa	3,071	6.52	28.72	7.26	1.76	2.25	46.97	1.07	100.00	59.51	-0.390	M	23.265	94	1,534
31	052	Motul	33,978	11.44	33.13	23.49	1.18	3.60	48.80	2.37	31.60	60.06	-0.286	M	24.436	87	1,446
31	053	Muna	12,336	10.37	32.26	9.27	1.28	0.24	49.72	2.42	7.03	59.08	-0.593	M	20.971	97	1,696
31	054	Muxupip	2,755	11.78	35.58	14.68	0.95	1.13	45.21	2.23	100.00	68.75	-0.045	M	27.161	74	1,240
31	055	Opichen	6,285	10.47	39.98	16.00	1.68	0.14	55.31	4.65	100.00	67.58	0.174	M	29.635	52	1,042
31	056	Oxkutzcab	29,325	17.58	41.12	16.73	3.26	1.88	53.66	5.92	21.24	72.25	0.096	M	28.753	59	1,115
31	057	Panaba	7,461	16.41	44.07	9.46	3.98	2.07	50.10	4.67	29.58	77.97	0.083	M	28.616	61	1,123
31	058	Peto	24,159	16.03	39.15	14.39	5.12	0.65	58.61	12.26	17.96	73.02	0.176	M	29.660	51	1,038
31	059	Progreso	53,958	4.01	19.59	1.29	0.64	0.82	43.46	1.14	19.61	46.62	-1.170	B	14.457	105	2,149
31	060	Quintana Roo	942	21.62	43.84	13.91	3.29	0.00	52.14	6.37	100.00	82.53	0.580	A	34.226	24	693
31	061	Rio lagartos	3,438	6.97	34.26	2.49	1.73	1.55	52.58	1.91	100.00	61.20	-0.257	M	24.768	86	1,422
31	062	Sacalum	4,589	13.68	35.91	25.89	2.14	0.00	50.56	2.68	100.00	62.48	0.148	M	29.342	54	1,068
31	063	samahil	5,008	13.95	30.68	21.56	1.58	3.81	54.49	4.31	100.00	70.55	0.192	M	29.844	50	1,019
31	064	sanahcat	1,619	16.86	36.50	13.71	0.87	0.00	56.01	0.87	100.00	67.46	0.157	M	29.447	53	1,060
31	065	San Felipe	1,839	6.10	34.27	1.09	1.41	1.74	40.29	1.14	100.00	73.78	-0.338	M	23.850	91	1,490
31	066	Santa Elena	3,833	17.75	40.43	25.28	1.74	0.29	52.04	1.36	100.00	76.51	0.422	A	32.438	31	825
31	067	Seye	9,276	13.23	35.63	31.35	1.72	10.89	52.82	2.06	9.78	50.63	-0.108	M	25.432	82	1,366
31	068	Sinanche	3,126	12.65	35.25	10.30	1.22	4.23	43.75	1.80	100.00	72.61	-0.041	M	27.212	73	1,236
31	069	Sotuta	8,449	16.61	46.48	14.47	1.89	4.94	61.00	5.41	34.34	74.18	0.284	M	30.886	43	940
31	070	Sucte	3,930	10.42	29.86	11.14	3.14	2.06	51.81	4.02	100.00	76.18	0.033	M	28.049	67	1,164
31	071	Sudzal	1,680	18.65	38.55	18.29	3.16	1.13	51.89	4.20	100.00	77.45	0.414	A	32.355	32	831
31	072	Suma	1,876	9.10	35.37	19.50	0.27	0.32	45.10	0.59	100.00	71.43	-0.066	M	26.930	75	1,255
31	073	Tahdziu	4,447	28.00	50.17	56.51	7.73	4.50	70.86	4.67	100.00	88.79	1.660	MA	46.434	1	133
31	074	Tahmek	3,609	14.22	34.41	25.72	1.20	0.25	46.67	1.23	100.00	67.90	0.101	M	28.819	58	1,109
31	075	Teabo	6,205	24.69	47.24	52.38	3.39	2.39	63.30	5.42	1.45	75.41	0.786	A	36.549	15	533
31	076	Tecoh	16,200	15.87	41.21	40.58	3.09	1.59	59.96	3.93	43.62	59.15	0.333	M	31.436	37	903
31	077	Tekal de Venegas	2,606	20.42	41.48	17.69	2.54	2.15	51.70	2.34	100.00	78.99	0.471	A	32.991	28	783
31	078	Tecanto	3,683	14.70	36.62	9.67	1.15	3.55	48.25	1.83	100.00	69.28	0.035	M	28.065	66	1,162

31	079	Tekax	40,547	17.05	36.02	13.67	3.37	1.42	57.83	6.29	36.49	68.49	0.058	M	28.324	63	1,146
31	080	Tekit	9,884	17.42	52.53	13.81	0.88	0.56	62.53	1.89	0.51	70.94	0.138	M	29.235	56	1,076
31	081	Tekom	3,100	22.98	43.38	12.29	3.26	0.74	64.64	5.26	100.00	79.07	0.699	A	35.569	19	597
31	082	Telchac pueblo	3,557	9.63	29.12	13.56	1.18	20.92	34.49	0.37	100.00	67.86	-0.219	M	25.200	84	1,385
31	083	Telchac puerto	1,726	10.73	34.70	0.70	1.22	3.38	46.04	2.91	100.00	55.01	-0.322	M	24.034	88	1,473
31	084	Temax	6,817	16.37	43.53	7.88	1.30	3.48	56.08	3.01	8.48	79.84	-0.001	M	27.660	69	1,199
31	085	Temozon	14,801	20.82	43.79	15.44	4.00	1.41	65.06	6.89	55.73	79.57	0.566	A	34.065	25	708
31	086	Tepakán	2,226	22.70	46.66	688	2.09	10.29	44.48	1.22	100.00	73.64	0.369	M	31.844	36	872
31	087	Tetiz	4,725	20.90	51.37	21.97	1.77	14.10	57.45	1.21	100.00	75.42	0.768	A	36.356	16	545
31	088	Teya	1,977	19.58	40.36	7.42	2.13	9.72	51.30	2.45	100.00	60.17	0.274	M	30.765	45	948
31	089	Ticul	37,685	9.65	27.89	11.58	1.25	0.38	52.16	5.35	12.97	58.94	-0.557	M	21.381	96	1,663
31	090	Timucuy	6,833	21.50	648.12	27.02	1.43	0.40	61.92	1.37	100.00	57.21	0.564	A	34.045	26	710
31	091	Tinum	11,421	14.62	36.20	28.06	3.12	1.54	60.05	9.24	51.60	72.56	0.329	M	31.389	38	908
31	092	Tixcacalcupul	6,665	23.11	44.30	41.20	8.50	0.78	68.68	4.57	100.00	70.28	11.78	MA	40.983	6	310
31	093	Tixcocab	17,176	7.54	27.04	18.14	0.71	0.64	47.09	0.77	36.14	52.13	-0.644	M	20.393	100	1,735
31	094	Tixmehuac	4,746	23.30	40.78	38.98	3.21	0.74	60.69	1.96	100.00	85.88	0.927	A	38.143	11	450
31	095	Tixpehual	5,388	8.43	28.33	17.76	0.61	1.96	43.40	1.47	100.00	52.35	-0.379	M	23.386	92	1,523
31	096	Tizimin	73,138	15.40	39.08	17.81	3.55	2.69	55.01	9.63	35.78	60.78	0.144	M	29.296	55	1,071
31	097	Tunkas	3,464	18.21	44.74	24.87	5.20	1.88	49.47	5.22	100.00	83.30	0.655	A	35.071	21	638
31	098	Tzucacab	14,011	16.28	39.34	18.61	2.97	1.35	61.87	9.31	28.86	81.38	0.320	M	31.286	40	915
31	099	Uayma	3,782	22.19	46.18	21.78	3.37	0.05	66.19	7.27	100.00	75.32	0.833	A	37.084	13	511
31	100	Ucú	3,469	9.58	36.93	5.75	1.57	20.03	41.18	0.64	100.00	58.98	-0.183	M	25.606	81	1,358
31	101	Umán	50,993	7.84	24.64	12.07	0.98	2.56	45.60	1.10	22.32	55.07	-0.763	B	19.056	102	1,845
31	102	Valladolid	74,217	14.56	29.66	21.70	4.14	2.18	56.24	8.41	34.01	52.46	-0.138	M	26.110	80	1,316
31	103	Xocchel	3,236	15.58	39.41	26.39	1.21	0.22	56.27	0.78	100.00	65.28	0.302	M	31.081	42	928
31	104	Yaxcabá	14,802	21.04	44.16	54.81	8.69	2.47	63.37	4.63	100.00	79.23	1.230	MA	41.571	4	292
31	105	Yaxcupul	2,868	7.44	27.73	16.23	0.87	9.67	42.13	0.66	100.00	59.44	-0.322	M	24.033	89	1,474
31	106	Yobaín	2,137	11.82	34.44	14.60	2.31	8.05	47.34	0.98	100.00	73.73	0.074	M	28.512	62	1,134

Nota: MB=Muy bajo; B= Bajo; M= Medio; A= Alto; MA= Muy Alto. Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA DEL GRUPO TÉCNICO DIRECTIVO (GDT)

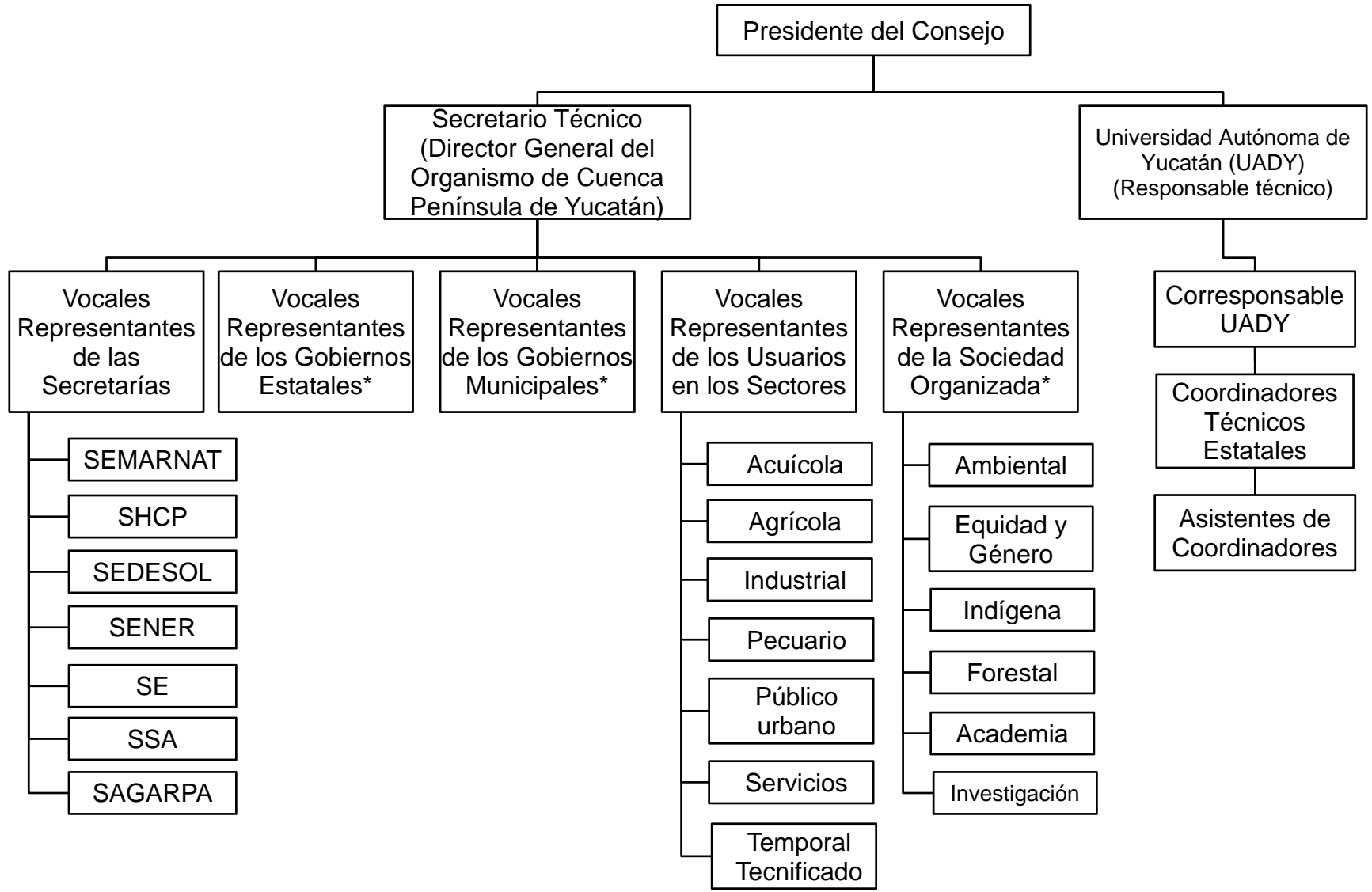
5.1 Introducción

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

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

En la Figura 5.1 se puede observar el organigrama institucional que se empleará para la Cuenca Península de Yucatán, en él se presentan a las diversas instituciones y a los sectores que los integran y que formarán parte del GDT local.

Figura 5.1. Organigrama del Grupo Técnico Directivo (GDT).



CAPÍTULO 6. ANÁLISIS HISTÓRICO DE LAS SEQUÍAS

6.1 Introducción

Los periodos de sequías siempre han estado presentes en la vida de los pobladores de la zona Maya (Mendoza *et al.*, 2007). Esto está registrado en los libros del Chilam Balam donde se menciona la frecuencia de sequías y sus efectos como hambrunas, migraciones, guerras y demás catástrofes (Me-Bara *et al.*, 2003). Gill (2008) menciona que la cultura maya hubiera seguido funcionando con todas sus predicciones intactas sino se hubieran presentado sequías severas que causaron una mortalidad masiva. De acuerdo a Márdero *et al.*, (2012), la Península de Yucatán actualmente está catalogada como una de las cinco zonas del país con sequía severa (región noreste) y con sequía fuerte (zona sur). Quintana Roo y Campeche son de los estados más vulnerables a la sequía meteorológica donde más del 75% de su territorio se ve afectado.

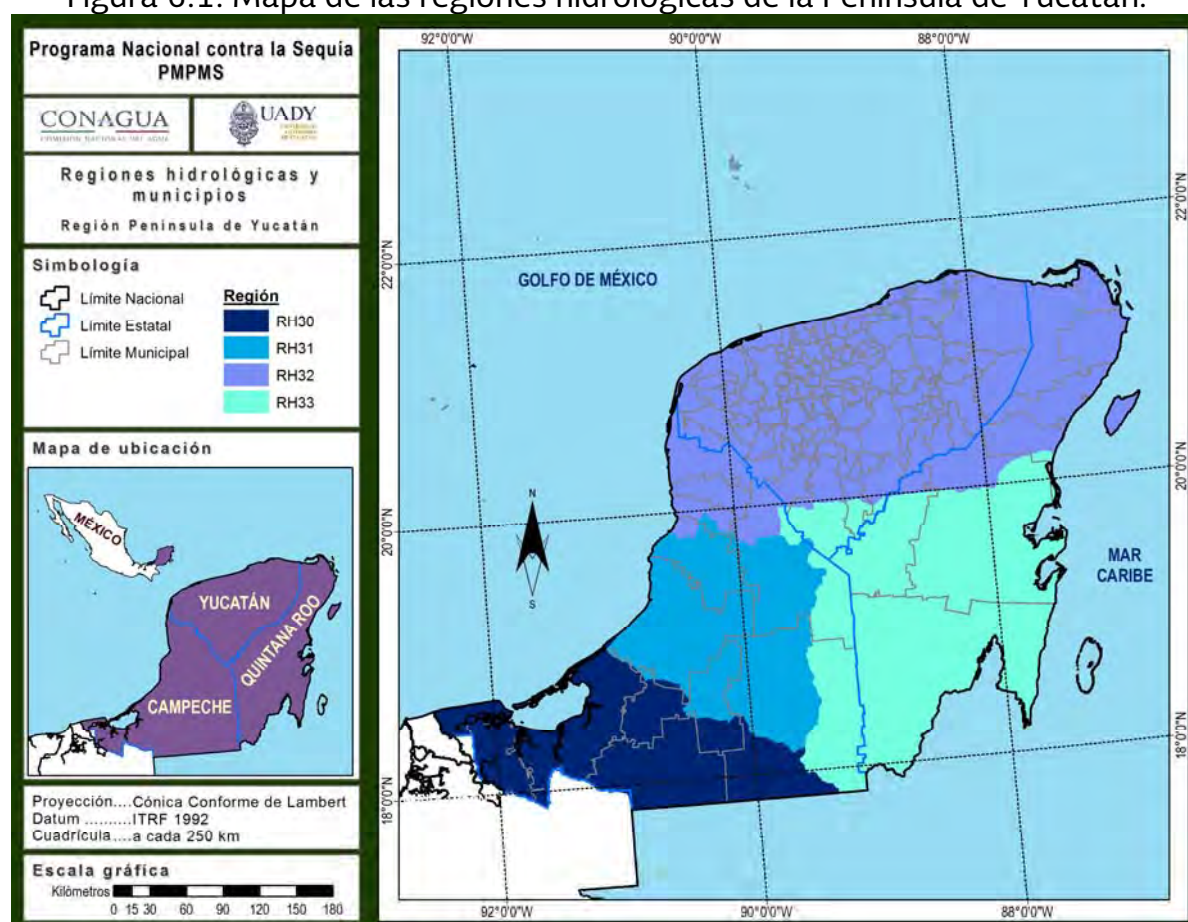
Existen registros históricos de sequías en el país, en el estado de Yucatán se encontraron datos de sequías severas desde 1876, 1882, 1887, 1889, 1890, 1894 y en el estado de Campeche desde 1882, 1884, 1889 y 1891, sin embargo se reconoce que en toda la Península de Yucatán las sequías más graves se presentaron en el periodo de 1822-1823 y 1834-1835 (Contreras, 2005).

De igual manera, se encontró que en el año 1896 se presentó poca precipitación en el estado de Yucatán, en particular en la localidad de Tekax (Escobar, 1997). Aunque no existen muchos registros oficiales de la ocurrencia de sequía en la Península de Yucatán, los registros hemerográficos muestran que este fenómeno tiene cierto grado de recurrencia y las noticias sobre pérdidas de cultivos, producción de miel, bajas en la pesca, pérdida de ganado e incendios relacionados con la sequía se registraron en 1982, 1983, 1986, 1988, 1991, 1995, 1997, 1998, 2000, 2001, 2003 para el estado de Campeche y 1987 en Yucatán y Campeche.

En el anexo 6.1 se enlistan los principales impactos ocasionados por las sequías tanto para los operadores de los sistemas de agua potable, así como para los usuarios de la población. De igual manera en él se jerarquizan dichos impactos y se mencionan algunas estrategias de mitigación para cada uno de ellos.

Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas, que a su vez se agrupan en las 13 regiones hidrológico-administrativas, en la Península de Yucatán encuentran 4 regiones hidrológicas RH30, RH31, RH32 y RH33 (Figura 6.1). En la RH30, se encuentran los ríos Chumpán, Candelaria, y Mamantel; en la RH31 el río Champotón y en la RH33 el río Escondido y el río Hondo, éste último que sirve como límite internacional con Belice y se origina a partir de la confluencia del Arroyo Azul y el Río Bravo, con una longitud de 121 km y una cuenca de más de 13,000 kilómetros cuadrados (Seijo, 2005).

Figura 6.1. Mapa de las regiones hidrológicas de la Península de Yucatán.



Fuente: Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

6.2 Registros históricos de caudales observados en estaciones hidrométricas estratégicas

El caudal de un río se define como la cantidad de agua que pasa por un punto determinado en un tiempo concreto y se expresa comúnmente en metros cúbicos por segundo y es considerado una de las variables más importante en el ecosistema fluvial porque influye en la temperatura, la luz y la concentración de oxígeno en el medio (Baeza *et al.*, 2003). Las características hidrológicas, físicas y químicas, los disturbios y la heterogeneidad espacial y temporal en los ríos, definen la distribución, estructura y la respuesta de los organismos al medio (Martínez y Donato, 2008). La magnitud del caudal puede variar año con año y es dependiente del clima local, los periodos de sequía y lluvias generan variaciones en el caudal y cambios a escala pequeña en los procesos y patrones dentro de las comunidades (Cooper *et al.*, 1998).

El caudal es el principal impulsor de la biodiversidad en los ríos; crea el hábitat acuático, baja el alimento de aguas arriba, cubre el terreno aluvial durante las crecidas, y evacua el sedimento y el agua de mala calidad a lo largo y ancho del sistema, por lo que la variación hidrológica tiene un papel importante en la estructuración de la diversidad biótica en los ecosistemas de los ríos (O’Keeffe y Le, 2010). El aumento de la frecuencia o de la duración de las crecidas puede desplazar de sus hábitats a organismos pertenecientes a los grupos biológicos como, plancton, macroinvertebrados, macrófitas o la colonización de algas, así como peces jóvenes por el efecto de arranque de las grandes crecidas (Baeza *et al.*, 2003). El potencial de supervivencia de las poblaciones y la integridad de los ecosistemas acuáticos se reduce si el sistema se lleva fuera del rango de variación natural (Richter *et al.*, 1997).

El agua es vital para el desarrollo económico y las actividades humanas, como la agricultura, uso doméstico e industria, por lo que las consecuencias socioeconómicas de la interrupción, el colapso de los sistemas de agua y/o los niveles mínimos del caudal, son a menudo profundas: la comunidad depende de los servicios naturales y esto sólo se hace evidente cuando el río está gravemente degradado (O’Keeffe y Le, 2010). Las condiciones de uso de agua en cada sector son muy variables, por lo que existe un régimen particular de cada uso. El consumo de agua es mayor durante la temporada estival, dicho incremento en el consumo puede causar alteraciones en el medio acuático y en la distribución de caudales (Estevan, 2000).

Tabla 6.1. Estaciones hidrométricas de los ríos de Campeche.

Estado	Nombre del río	Nombre de la estación hidrométrica	Periodo de medición de los caudales
Campeche	Palizada	Palizada	2007-2012
	Mamantel	Mamantel	1953-2012
	Champotón	Canasayab	1953-2011
	Candelaria	Candelaria	1954-2006

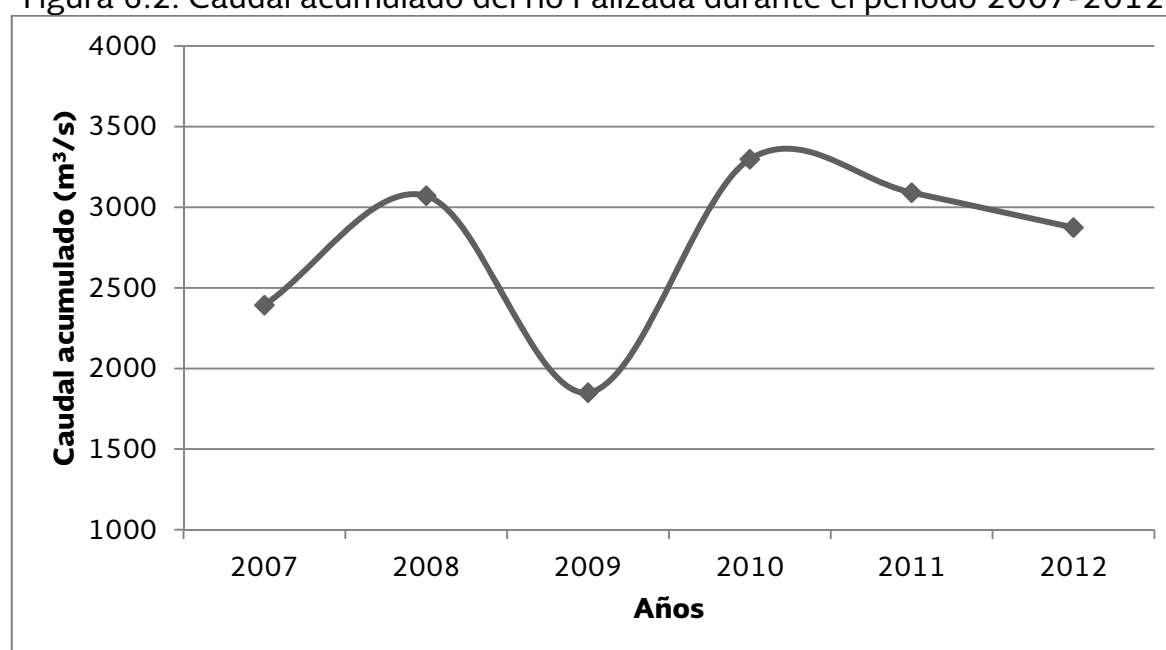
Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por el área técnica Regional de la CONAGUA.

Los valores de los caudales fueron analizados de acuerdo a la información disponible de los periodos mencionados en la tabla 6.1, excluyendo los años incompletos. Los promedios mensuales de los caudales registrados en las estaciones hidrométricas del Río Mamantel, Palizada y Champotón de 1953 a 2012 muestran un comportamiento similar relacionado con la estacionalidad de la lluvia. Los meses con menos caudal son de marzo a mayo (final del estiaje) y los meses con mayor caudal son de junio a noviembre (lluvias) (Márdero *et al.*, 2011). El río Palizada es el que cuenta con mayor caudal, seguido de los ríos Champotón y Mamantel. Durante el

año 2010 en los meses de septiembre a octubre se registraron valores altos para los caudales de los tres ríos, Los caudales más bajos se registraron en los meses de abril y del año 2010 al 2012.

El caudal más elevado del río Palizada durante el periodo 2007-2012 se registró en el 2010 y fue de 274.81m³/s, el menor caudal se presentó en 2009 y fue de 154.19 m³/s. El comportamiento mensual del caudal del río Palizada indica que hay un incremento en los meses de septiembre a noviembre, siendo mayor en el mes de octubre con 472.15 m³/s y decrece durante los meses de abril y mayo, presentándose el menor caudal durante el mes de mayo con 81.79 m³/s (Figura 6.2), en el anexo 6.2 se adjunta la base de datos del caudal promedio mensual de la estación hidrométrica Palizada del río Palizada durante el periodo de 2007 a 2012.

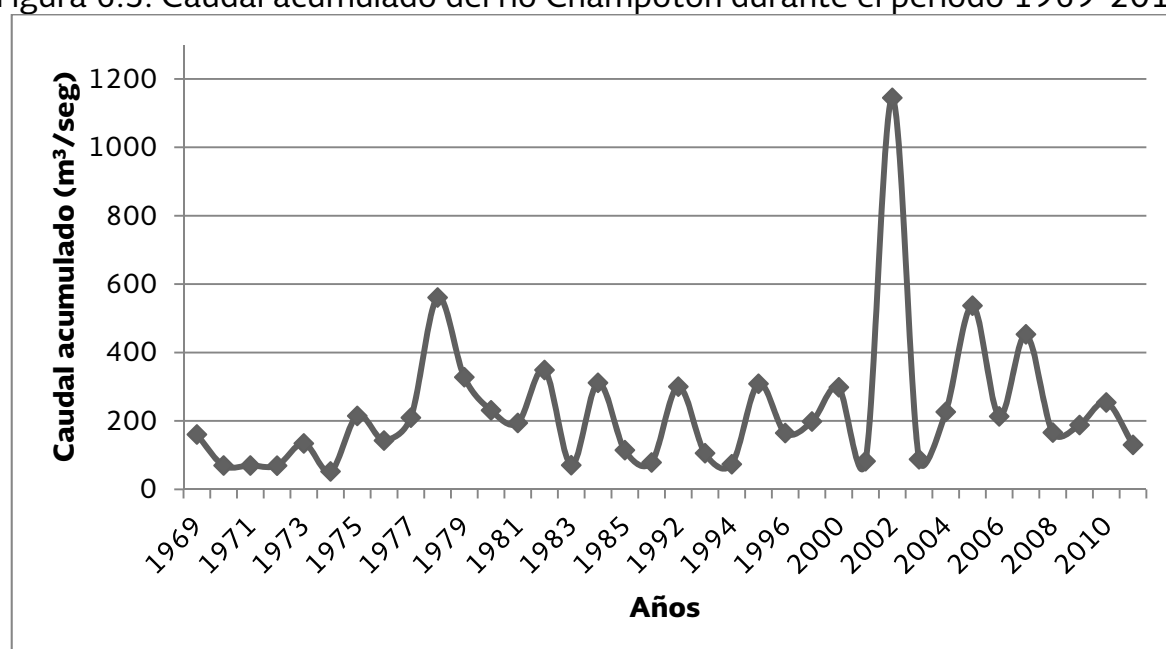
Figura 6.2. Caudal acumulado del río Palizada durante el periodo 2007-2012.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

El mayor caudal del río Champotón durante el periodo de 1969-2011 fue de 95.39 m³/s y se registró en el 2002, el menor caudal se presentó en 1972 y fue de 5.79 m³/s. Mensualmente, el comportamiento del caudal del río Champotón indica que existe un incremento en los meses de agosto a octubre siendo mayor en este último con 74.87 m³/s y decrece durante los meses de abril y mayo siendo menor en abril con 4.81 m³/s (Figura 6.3), en el anexo 6.3 se adjunta la base de datos del caudal promedio mensual de la estación hidrométrica Canasayab del río Palizada durante el periodo de 1969 a 2012.

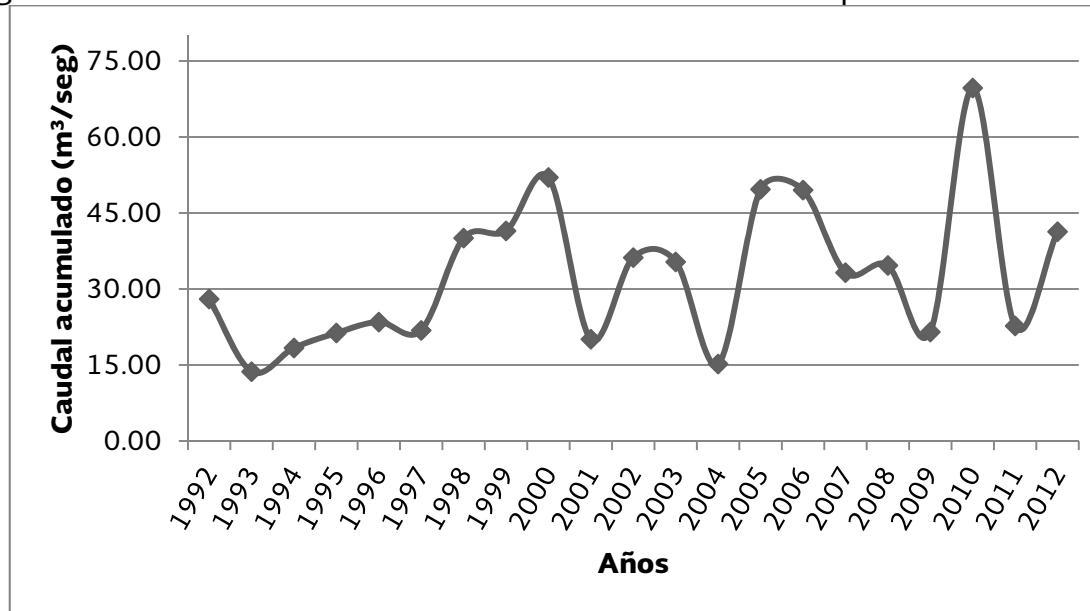
Figura 6.3. Caudal acumulado del río Champotón durante el periodo 1969-2011.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Para el periodo de 1992-2012 el mayor caudal del río Mamantel se registró en el 2010 y fue de $5.81\text{m}^3/\text{s}$, el menor caudal ocurrió en 1993 y fue de $1.14\text{ m}^3/\text{s}$. El comportamiento mensual del caudal del río Mamantel indica que hay un incremento en los meses de agosto a noviembre siendo mayor en septiembre con $6.73\text{ m}^3/\text{s}$ y decrece durante los meses de marzo a mayo siendo menor éste último con $0.48\text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 6.4). En el anexo 6.4 se adjunta la base de datos del caudal promedio mensual de la estación hidrométrica del río Mamantel durante el periodo de 1992 a 2012.

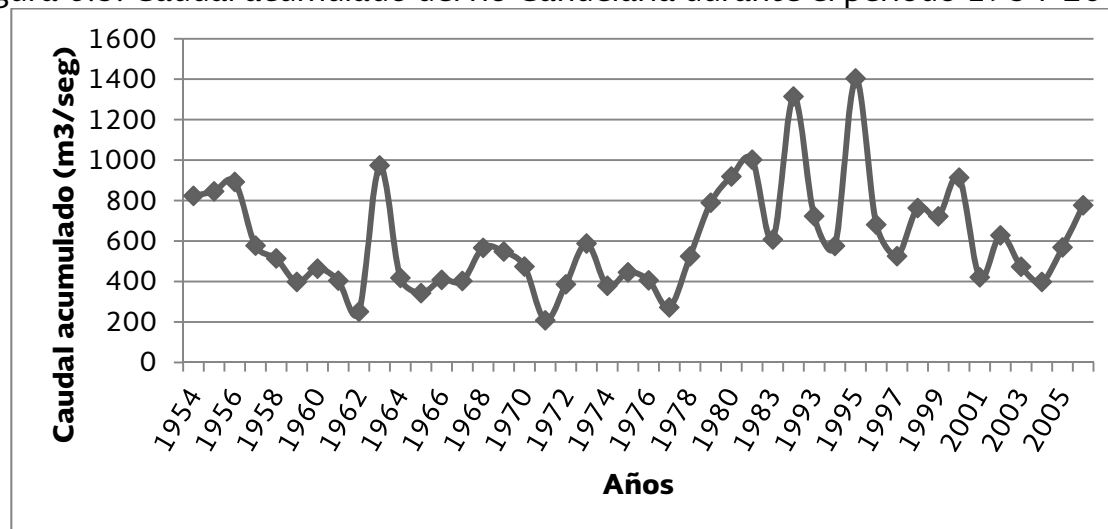
Figura 6.4. Caudal acumulado del río Mamantel durante el periodo 1992-2012.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

El mayor caudal del río Candelaria durante el periodo de 1992-2006 se registró en 1995 y fue de 117 m³/s, el menor caudal se registró en 1971 con un valor de 4.32 m³/s. El comportamiento mensual del caudal del río Candelaria indica que hay un incremento en los meses de agosto a noviembre siendo mayor en octubre con 125.53 m³/s y decrece durante los meses de marzo a mayo siendo menor en éste último con 20.62 m³/s (Figura 6.4), en el anexo 6.5 se adjunta la base de datos del caudal promedio mensual de la estación hidrométrica del río Candelaria durante el periodo de 1954 a 2006.

Figura 6.5. Caudal acumulado del río Candelaria durante el periodo 1954-2006.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En el estado de Yucatán no existen ríos y en Quintana Roo se encuentra el río Hondo pero no se cuenta hasta el momento con datos del caudal de este río.

6.3 Registros históricos de los niveles de los cuerpos de agua

La Península de Yucatán está compuesta de una plataforma kárstica principalmente de roca caliza altamente fracturada en la superficie y porosa hacia lo profundo (Estrada-Medina, 2013), lo que favorece la infiltración del agua, en lugar de su escorrentía; estas peculiaridades de la Península dificultan la formación de cuerpos de agua superficiales, y debido a la poca presencia de aguas superficiales únicamente se miden los caudales de los principales ríos de la Península, así como los niveles piezométricos en algunas zonas.

En algunas zonas del sur de la Península de Yucatán, donde los suelos son profundos y poco permeables, existen acumulaciones de agua de pequeñas dimensiones denominadas jagüeyes o aljibes dispersas en toda el área. Los jagüeyes o aljibes son depresiones sobre el terreno, que permiten almacenar agua proveniente de escurrimientos superficiales. Existen jagüeyes naturales pero actualmente hay comunidades que construyen jagüeyes artificiales como medios para captar, almacenar y administrar agua de lluvia con diferentes fines. La organización Fondos para la paz a través del fondo Kelloggs realizó la construcción de un jagüey comunitario a cielo abierto de 2.40 m de profundidad aprox., y una hectárea de extensión, con geomembrana, debidamente cercado y con conexión para la extracción del agua para la localidad de la Virgencita de la Candelaria, y la construcción de 157 cisternas en el municipio de Calakmul.

El único ejemplo de embalses superficiales de gran tamaño, es el de PRONATURA quienes realizaron de 2008-2012 un embalse artificial para la captación de agua de lluvia, en la comunidad de Xpujil, Campeche, las dimensiones aproximadas fueron de 20,000 m² X 1 m de alto; el agua abastece parcialmente, las necesidades de una población de 500 personas a través de un acueducto (PRONATURA, 2013).

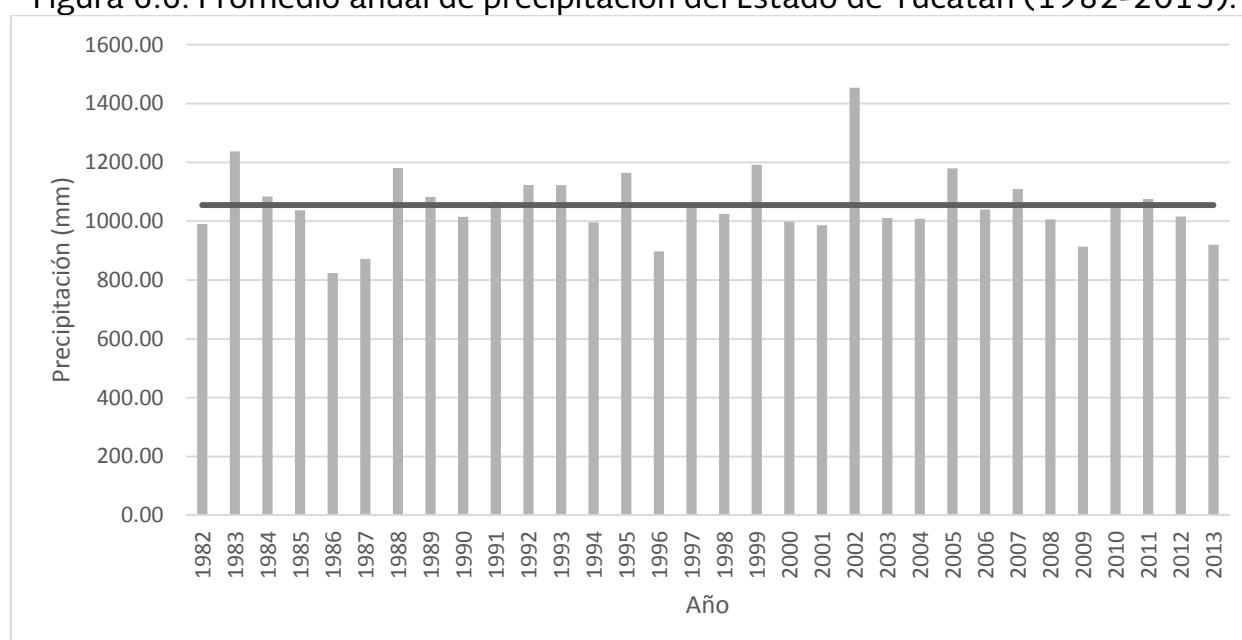
6.4 Registros históricos de precipitación

Históricamente se cuenta con registros que documentan que la precipitación en la Península de Yucatán es muy variable, aún sin considerar los fenómenos extraordinarios de abundancia y escasez de agua tales como los huracanes y la sequía. Márdero *et al.*, (2012) registraron una gran variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones en el sur de la Península de Yucatán durante el periodo 1953-2007, con una disminución en la precipitación de un 66% con respecto a la media histórica. Bárcena *et al.*, (2010) reportaron que en el periodo de 1980-1999 la precipitación anual en la Península de Yucatán presentó una reducción del 10 al 15% en la estación seca y más del 30% en la estación lluviosa con respecto al promedio.

El promedio histórico de precipitación anual en el Estado de Yucatán obtenido de la información de las 66 estaciones climatológicas es de 1054.52 mm en el periodo 1982-2013, con un mínimo de 823 mm en 1986, (22% por debajo de la media) y

un máximo de 1454 mm en 2002 (37% por encima de la media) (Figura 6.6). El incremento en las lluvias en el año 2002 se debió a los efectos del huracán "Isidore" que trajo consigo una precipitación de 504 mm registrada en el mes de septiembre de dicho año.

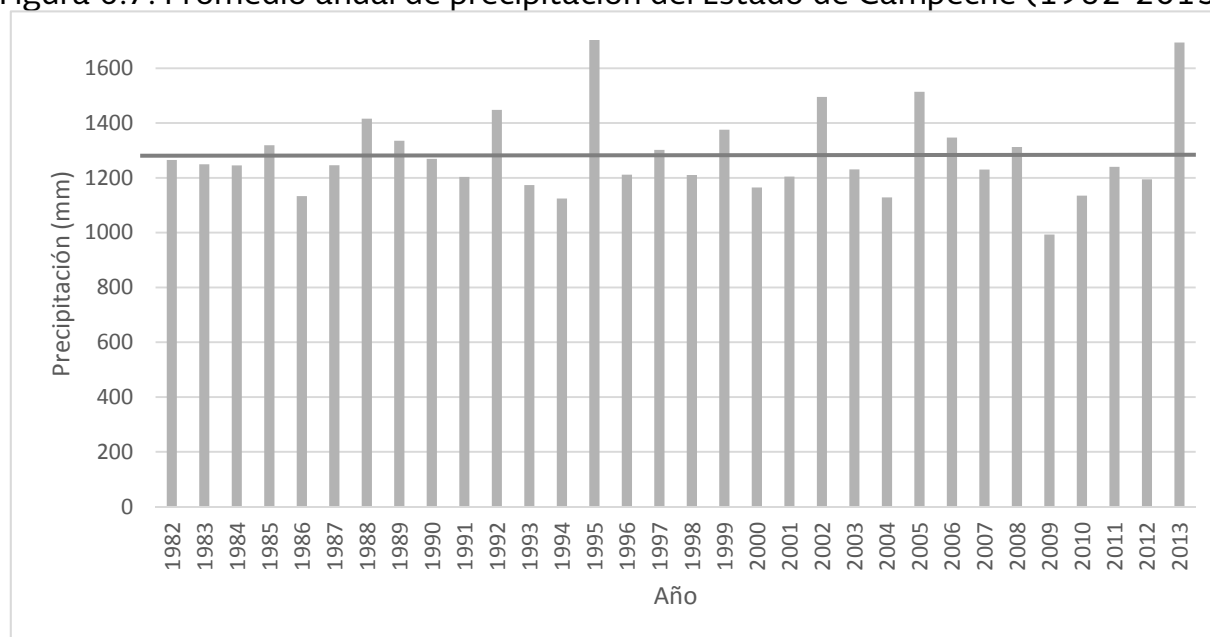
Figura 6.6. Promedio anual de precipitación del Estado de Yucatán (1982-2013).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico mensual de la precipitación en el Estado de Campeche obtenido de la información de las 51 estaciones climatológicas es de 1,286.08 mm en el periodo comprendido entre los años de 1982 a 2013, con un mínimo de 913.80 mm en 2009, lo cual representa el 22.78% por debajo de la media y un máximo de 1,744.33 mm en 1995, representando un 26.27% por encima de la media (Figura 6.7). Se encontró que en 1947 la tormenta tropical No. 2 ocasionó fuertes lluvias en Campeche lo que se refleja en los altos valores registrados.

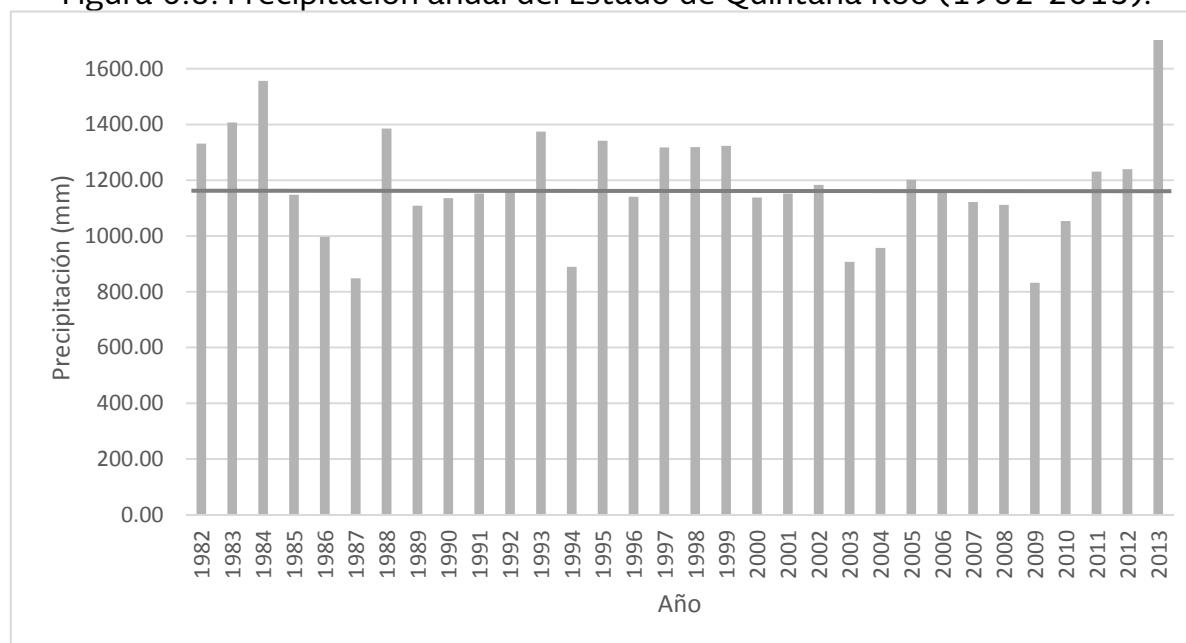
Figura 6.7. Promedio anual de precipitación del Estado de Campeche (1982-2013).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica de la CONAGUA

El promedio histórico de la precipitación anual en el Estado de Quintana Roo obtenido de la información de las 43 estaciones climatológicas es de 1,186.08 mm en el periodo comprendido entre 1983 y 2013, presentando un mínimo de 832.22 mm en 2009, correspondiente al 29.83% debajo de la media y un máximo de 1,988.40 mm en 2013 que representa un 30.89% por encima de la media (Figura 6.8).

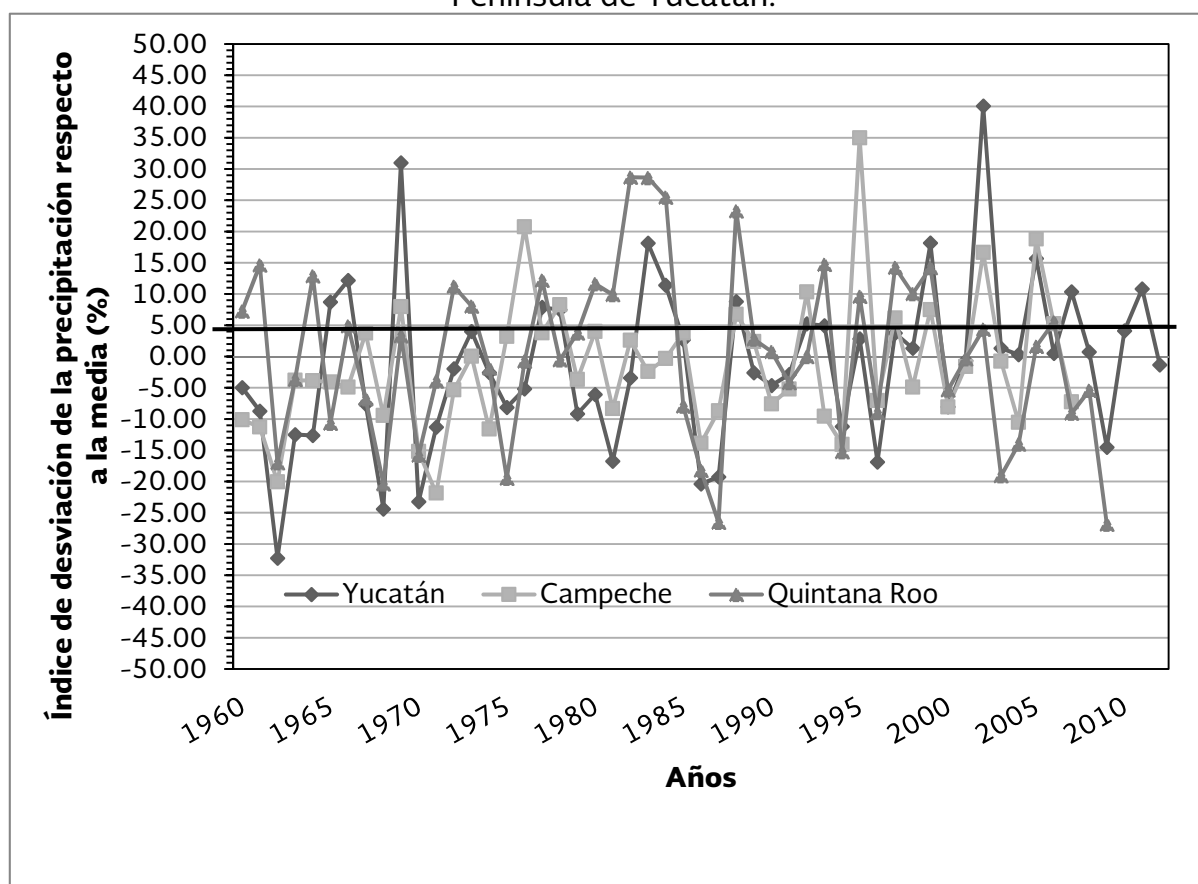
Figura 6.8. Precipitación anual del Estado de Quintana Roo (1982-2013).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica de la CONAGUA.

Los huracanes y las sequías han sido una constante de la variabilidad de las precipitaciones en la Península, en Yucatán en 1962 se presentó 32.25% menos precipitación, mientras que en 2002 40.07% más de precipitación respecto a la media, en Campeche en 1971 se obtuvo -21.86% menos y en 1995 34.97% por encima del promedio, en Quintana Roo en 2009 se presentó 26.85% menos de precipitación y en 1982 se presentó 28.68% más de precipitación con respecto a la media (Figura 6.9).

Figura 6.9. Desviación de la precipitación mensual respecto a la media de la Península de Yucatán.

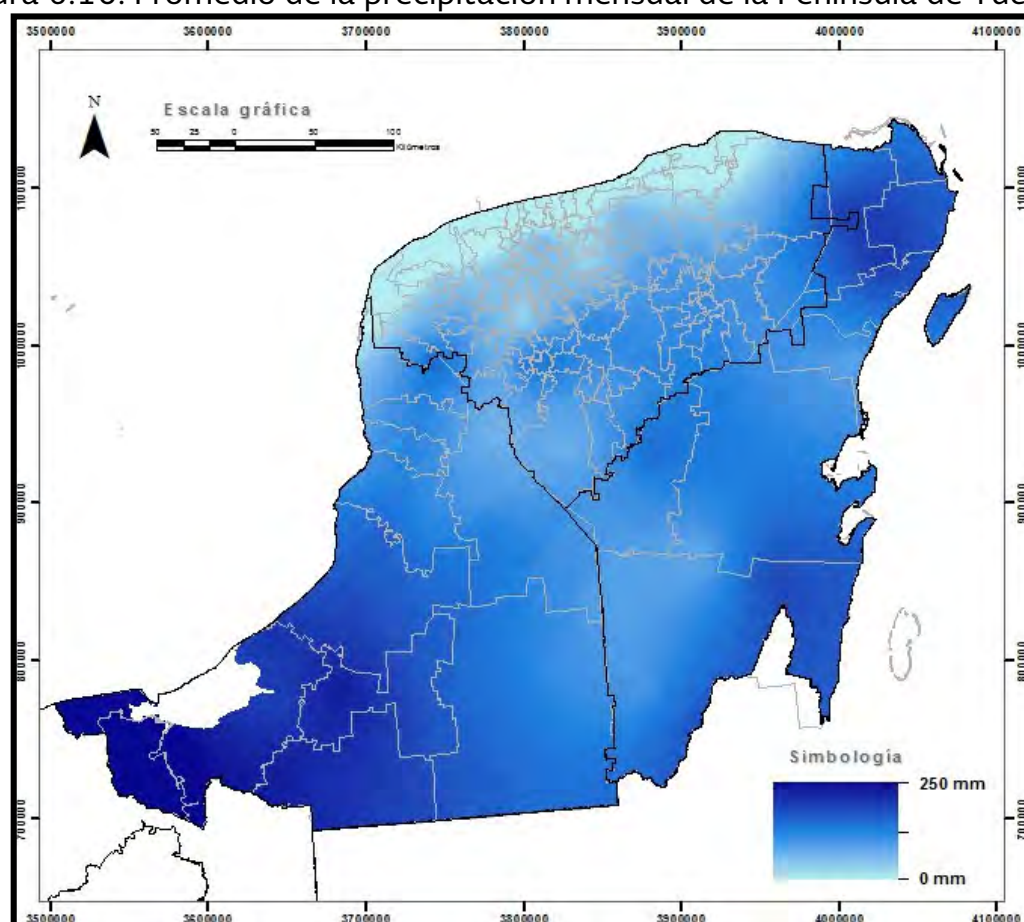


Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica de la CONAGUA.

Con base a la metodología descrita en el anexo 6.6 se realizó un mapa de precipitación con el promedio de los valores mensuales, y de igual manera se realizaron cuatro mapas estacionales: Junio-Agosto, Marzo-Mayo, Mayo-Octubre y Noviembre-Abril; con el objetivo de identificar diferencias y similitudes en el volumen de precipitación entre estaciones.

En la Figura 6.10 se observa el mapa de la precipitación promedio mensual de la Península de Yucatán, donde se puede identificar una clara disminución en la precipitación tanto en la franja costera del estado de Yucatán, como en la zona centro-sur de la Península, donde convergen los tres estados.

Figura 6.10. Promedio de la precipitación mensual de la Península de Yucatán.



Fuente: Elaboración propia con datos meteorológicos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de CONAGUA y Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

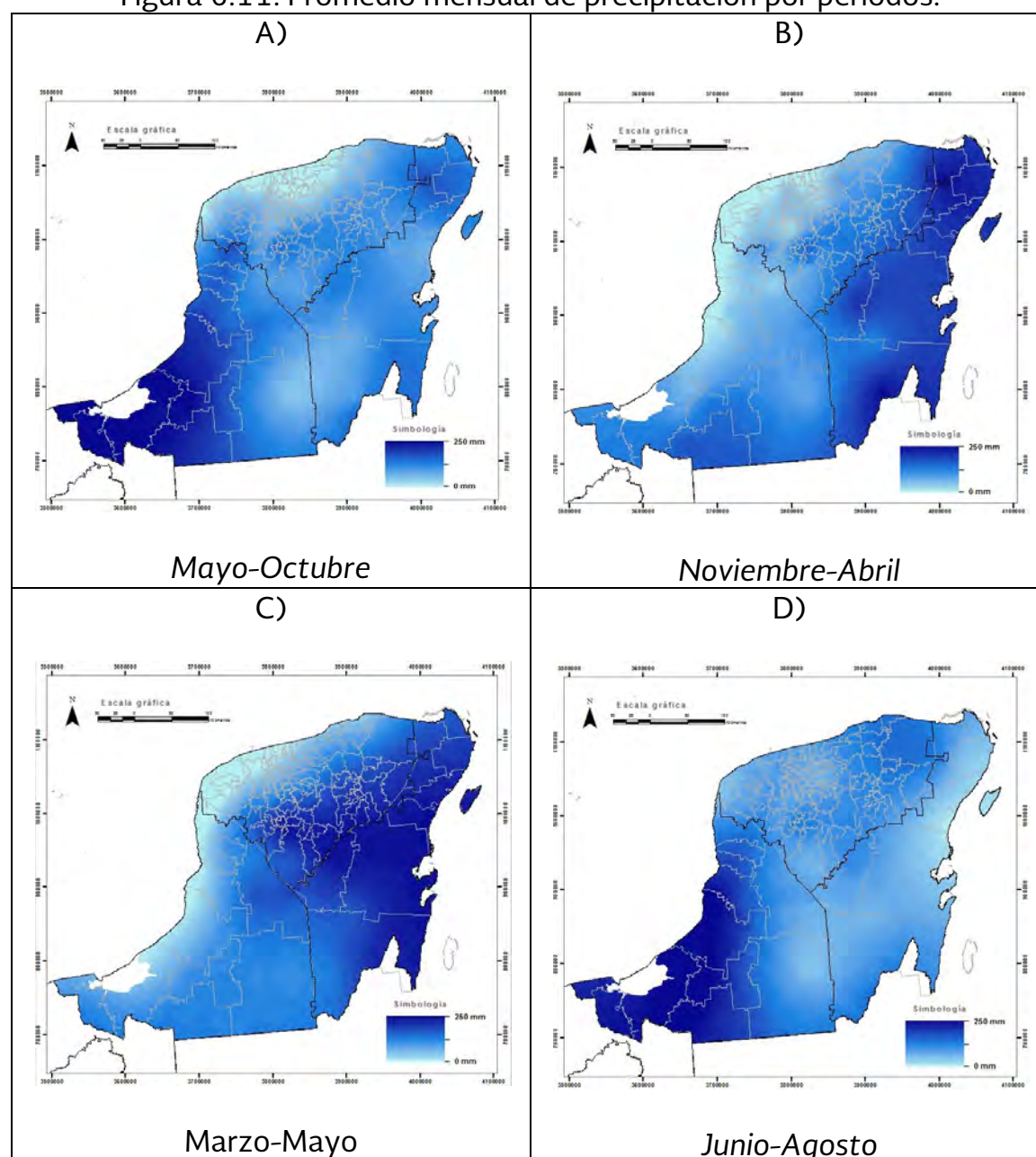
Por otra parte, en el estado de Campeche la región comprendida por los municipios de Palizada, Carmen, Candelaria, zona sur de Champotón y zona poniente de Escárcega es donde se alcanzan los mayores niveles de precipitación.

En el caso del estado de Quintana Roo, las regiones en donde se reportan los mayores niveles de precipitación se encuentran en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y el norte de la isla de Cozumel; así como la ubicada en la línea costera de los municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto.

En el semestre comprendido por los meses de mayo a octubre (Figura 6.11A) se puede notar una clara disminución en el promedio de la precipitación mensual en la regiones localizadas tanto en el centro de la Península de Yucatán como en el norte del estado de Yucatán y centro-norte del estado de Quintana Roo. De igual manera es evidente una disminución en la precipitación en la región comprendida entre los municipios de Calakmul en Campeche y Othón P. Blanco en Quintana Roo.

Mientras que en la región costera del estado de Yucatán se mantienen unos niveles bajos de precipitación y en la región comprendida por los municipios de Palizada, Carmen, Candelaria, Escárcega y Champotón en el estado de Campeche los volúmenes de precipitación alcanzan en algunos lugares los 250 mm mensuales.

Figura 6.11. Promedio mensual de precipitación por períodos.



Fuente: Elaboración propia con datos meteorológicos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de CONAGUA y Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

En la Figura 6.11B se representa el semestre comprendido por los meses de Noviembre-Abril, en el que se observa un incremento en la precipitación en todos los municipios del estado de Quintana Roo, mientras que la región costera de los estados

de Yucatán y Campeche, así como el municipio de Calakmul en Campeche, son los más afectados por la disminución en la precipitación.

Realizando un análisis de los datos durante los meses de marzo, abril y mayo (Figura 6.11C), podemos notar que la tendencia es muy similar a la presentada durante el semestre de noviembre-abril, siendo la región oriente del estado de Quintana Roo la que presenta la mayor precipitación de toda la Península de Yucatán, la cual va disminuyendo conforme se acerca a la costa del Golfo de México.

De igual manera, realizando el mismo análisis para los meses de junio-agosto (Figura 6.11D), el comportamiento es muy similar a lo reflejado en el análisis del semestre comprendido entre los meses de mayo a octubre, siendo la región del sur de Campeche el lugar que presenta una mayor precipitación. En el estado de Yucatán la región con mayor precipitación es la zona oriente del estado, comprendida por los municipios de Tizimín, Calotmul, Temozón, Río Lagartos, San Felipe, Panabá, Sucilá y Espita. La zona que presenta la menor precipitación en la Península de Yucatán son: la región centro del Estado de Yucatán, el municipio de Calakmul en Campeche y la costa de los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Cozumel, Solidaridad y Tulum, en el Estado de Quintana Roo.

6.5 Índices de sequía

Existe una amplia variedad de índices para caracterizar los eventos de sequía considerando la magnitud y la duración dentro de los parámetros más relevantes, los índices más usados para estimarlos son: el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (PDSI) y el Índice Estándar de Precipitación (SPI) (Valiente, 2001).

El índice de precipitación estándar abreviado como "SPI" por sus siglas en inglés (Standar Precipitation Index) fue desarrollado por Thomas McKee (1993) con el objetivo de poner las bases para el seguimiento y definición de la sequía. Éste índice es empleado en Estados Unidos por el Centro Climático de Colorado, el Centro Climático Regional del Oeste y el Centro Nacional para la Mitigación de la Sequía. La definición de sequía de McKee se basa en la precipitación estándar que se obtiene a partir de la diferencia resultante de la precipitación menos la media para un periodo de tiempo determinado, esto dividido entre la desviación estándar, donde la media y la desviación estándar son obtenidos de valores históricos (McKee, 1993). El SPI representa el número de desviaciones estándar que cada uno de los registros evaluados se desvía del promedio histórico. Todos los registros de precipitación superiores al promedio histórico del mes evaluado, nos darán un valor de SPI positivo, mientras que registros de precipitación menores al promedio histórico del mes evaluado, nos dará un valor de SPI negativo.

Con los datos de desviación de la precipitación con respecto a la media histórica se realizó el cálculo del SPI de los últimos 30 años (1983-2012) por estado con las 38

estaciones de Yucatán, 18 estaciones de Quintana Roo y 29 de Campeche; para esto se realizó la siguiente metodología:

El cálculo del SPI involucra el ajuste de las series históricas de precipitación mensual a la función de distribución probabilística Gamma, descrita por Thom (1966), la cual es la función de distribución que mejor ajuste ofrece a las series de precipitación. La metodología para el cálculo del SPI (McKee, 1993; Giddings, 2005) involucra los siguientes pasos:

- 1) Cálculo de la media, desviación estándar y sesgo

Media:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N}}$$

Sesgo

$$Sesgo = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum \left[\frac{X - \bar{X}}{s} \right]^3$$

- 2) Los datos de precipitación son transformados por el logaritmo natural y se calcula la media de esos valores. Estos valores transformados se describen adicionalmente por la constante U, forma (beta) y escala (alfa):

$$\log \text{ mean} = \bar{X}_{ln} = \frac{\sum \ln(X)}{N}$$

$$U = \ln(X) - \bar{X}_{ln}$$

$$\text{Forma} = \beta = \frac{1}{4U} \left[1 + \sqrt{\frac{4U}{3}} \right], \gamma$$

$$\text{Escala} = \alpha = \frac{\bar{X}}{\beta}$$

- 3) Los valores de ln son transformados por la distribución gama, incorporando los valores de forma y escala.

$$\text{Gamma acumulda transformada} = G(x) = \frac{1}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \int_0^x t^{\beta-1} e^{-t/\alpha} dt$$

T transformada = $t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{X_g} \right]}$ cuando $X_g \leq 0.5$

o

T transformada = $t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1-X_g} \right]}$ cuando $X_g < 1.0$

4) Los valores de gamma transformada, son transformados de nuevo, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$SPI = - \left[t - \frac{c+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3} \right] \text{ cuando } X_g \leq 0.5$$

o

$$SPI = + \left[t - \frac{c+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3} \right] \text{ Cuando } X_g < 1.0$$

5) Los resultados del índice de precipitación estándar a partir de los valores transformados de t, con diferentes fórmulas de acuerdo con la magnitud de los valores de gamma transformada, donde:

c0= 2.515517

c1= 0.802853

c2= 0.010328

d1= 1.432788

d2= 0.189269

d3= 0.001308.

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), y puede ser descargado en el siguiente enlace: <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx>

Con los valores obtenidos del SPI se clasifica la sequía en 5 categorías (Tabla 6.2) lo que está relacionado con la clasificación de la Intensidad de la Sequía de acuerdo al Monitor de Sequía de América del Norte (NADM) donde se define una descripción del tipo de sequía que se presenta en base al déficit de agua (Tabla 6.3).

Tabla 6.2. 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).

Tabla 6.3. Descripción de la clasificación de la intensidad de la sequía.

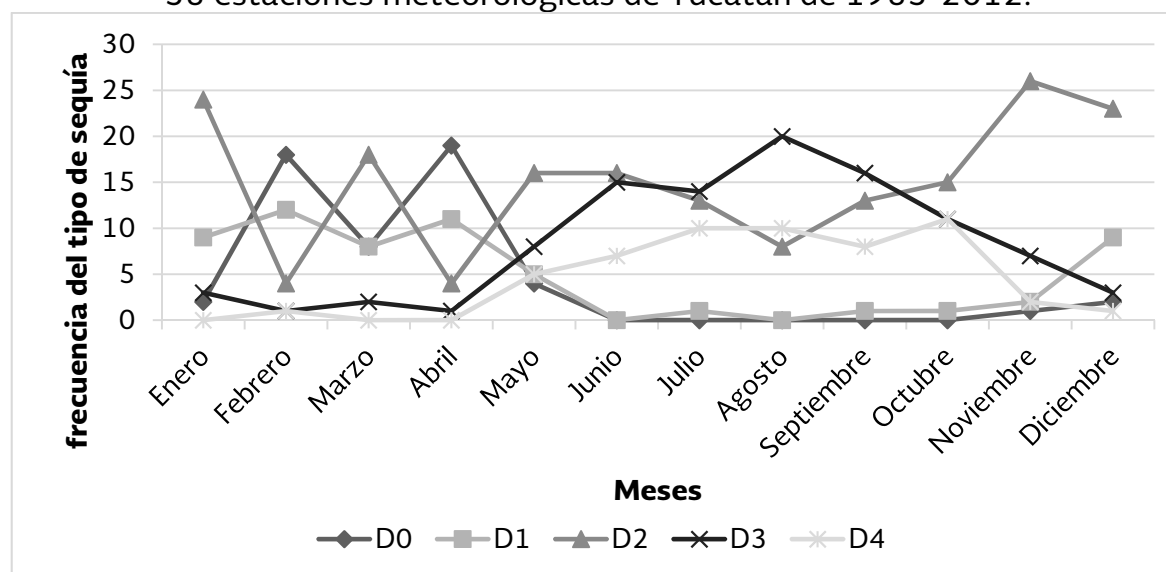
Anormalmente Seco (D0)	Sequía Moderada (D1)	Sequía Severa (D2)	Sequía Extraordinaria (D3)	Sequía Excepcional (D4)
El déficit de agua es de 5 a 10% respecto a la demanda. Comienza la sequía	El déficit de agua es de 10 al 20% respecto a la demanda. Algunas medidas son voluntarias, pero otras ya son obligatorias.	El déficit de agua es de 20 a 35% respecto a la demanda. Las medidas de reducción y restricción en el uso del agua son obligatorias	El déficit de agua está entre el 35 y 50% respecto a la demanda. Las reducciones, restricciones y observancia de los programas de contingencia son rigurosamente observadas y sancionadas.	El déficit de agua es superior al 50% respecto a la demanda. Condiciones de sobrevivencia. En estos casos, lo más importante es proteger el consumo humano, y tener un cuidado extremo para que la situación no avance.

Fuente: IMTA, 2013

Se analizaron los datos de SPI calculados para 85 estaciones meteorológicas de la Península de Yucatán (29 en Campeche, 18 en Quintana roo y 38 en Yucatán). Para cada estación se determinó el valor de SPI más negativo por mes y por año, se le asignó su categoría de sequía y se analizó el número de estaciones que registraron una misma categoría de sequía como la sequía más severa en un mes o año determinado.

Los resultados de este análisis indican, que para Yucatán, en los últimos 30 años el tipo de sequía que generalmente fue catalogada como la más severa, teniendo una persistencia durante casi todos los meses del año, fue la del tipo D2. Los tipos de sequía más severos que se han presentado por mes, están relacionados con la época de lluvias y la época de secas. Los tipos de sequía D0, D1 y D2 han predominado como sequías extremas en los meses de enero a mayo, mientras que los tipos D2, D3 y D4 se presentan mayormente en los meses de junio a octubre (Figura 6.12).

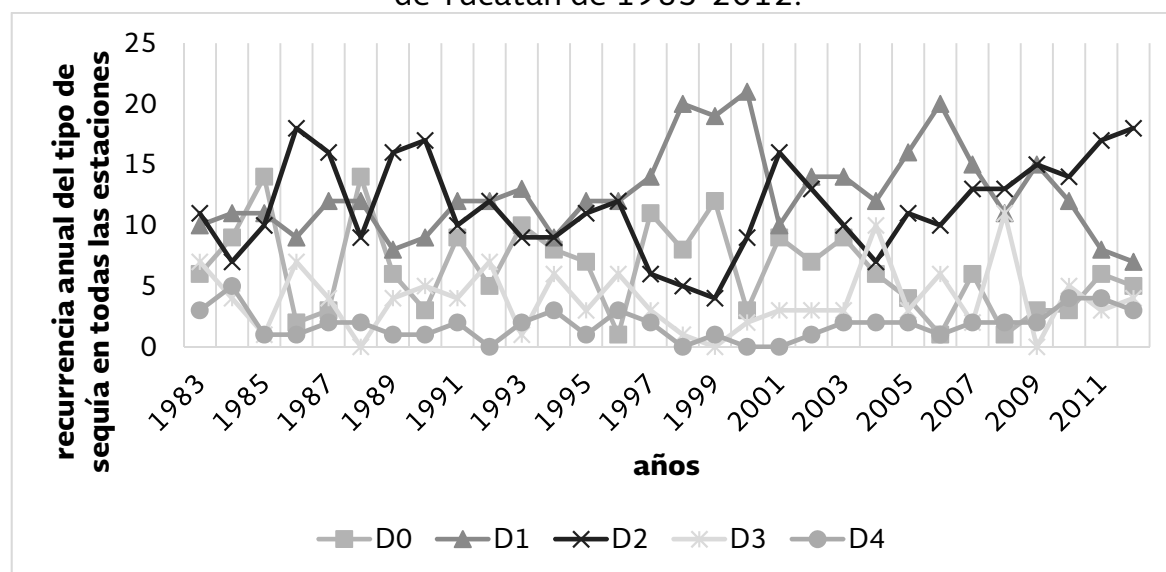
Figura 6.12. Frecuencia de ocurrencia de los tipos de sequía más severa por mes en 38 estaciones meteorológicas de Yucatán de 1983-2012.



Los datos representan el número de estaciones meteorológicas en las que se registró cada tipo de sequía como el más extremo de ese mes. D0= anormalmente seco, D1=sequía moderada, D2=sequía severa, D3= sequía extraordinaria, D4=sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En el análisis de los tipos de sequía que se han presentado en los últimos 30 años en Yucatán se observa que la Sequía Moderada (D1) ha sido el tipo de sequía que se ha presentado en más estaciones meteorológicas como el nivel de sequía más severo alcanzado, seguida de la sequía (D2) (Figura 6.13). Las sequías tipo D3 y D4 solo se han presentado como el nivel de sequía más severo en algunas estaciones.

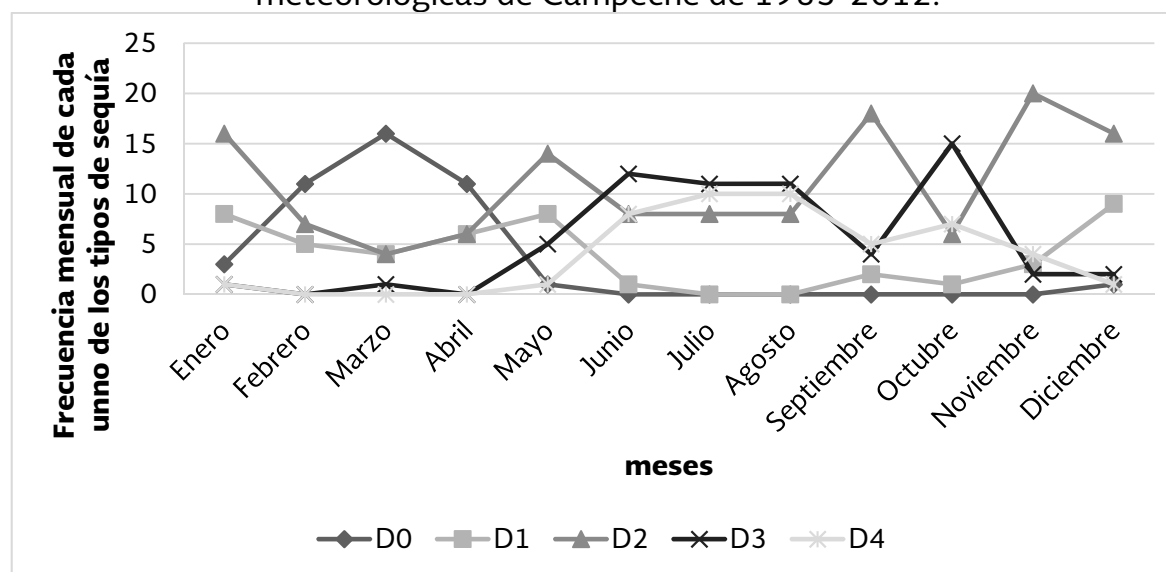
Figura 6.13. Frecuencia anual del tipo de sequía de 38 estaciones meteorológicas de Yucatán de 1983-2012.



Los datos representan el número de estaciones meteorológicas en las que se registró cada tipo de sequía como el más extremo de ese año. D0= Anormalmente seco, D1=sequía moderada, D2=sequía severa, D3= sequía extraordinaria, D4=sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Los resultados del análisis del SPI en Campeche indican que en los últimos 30 años el tipo de sequía D2 es el que más se ha registrado como la categoría de sequía más severa en más estaciones cada mes. Las sequías D3 y D4 casi no se registran como los niveles más severos de enero a abril, pero aumentan de mayo a octubre. De mayo a noviembre las sequías D0 y D1 son las menos registradas como las sequías más severas de ese mes (Figura 6.14).

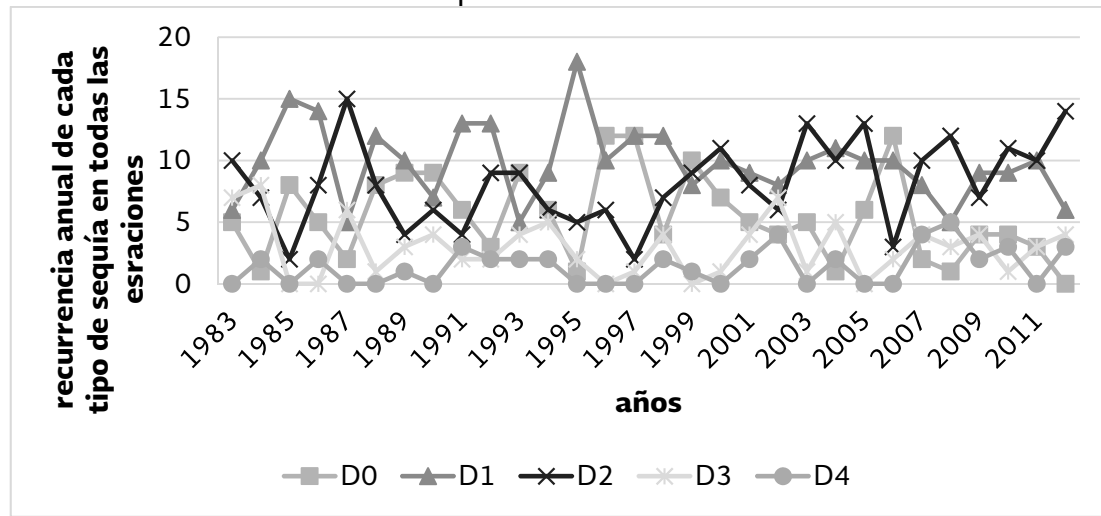
Figura 6.14. Frecuencia mensual de los tipos de sequía de 29 estaciones meteorológicas de Campeche de 1983-2012.



Los datos representan el número de estaciones meteorológicas en las que se registró cada tipo de sequía como el más extremo de ese mes. D0= Anormalmente seco, D1=sequía moderada, D2= sequía severa, D3= sequía extraordinaria, D4=sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

En el análisis de los tipos de sequía que se han presentado en los últimos 30 años en Campeche se observa que la sequía D1 se reporta en más de 8 estaciones meteorológicas cada año, siendo el tipo de sequía más extremo que se registra en el estado. Las sequías D3 y D4 son las que menos se han registrado como las categorías de sequía más extrema en las estaciones meteorológicas de dicho Estado (Figura 6.15).

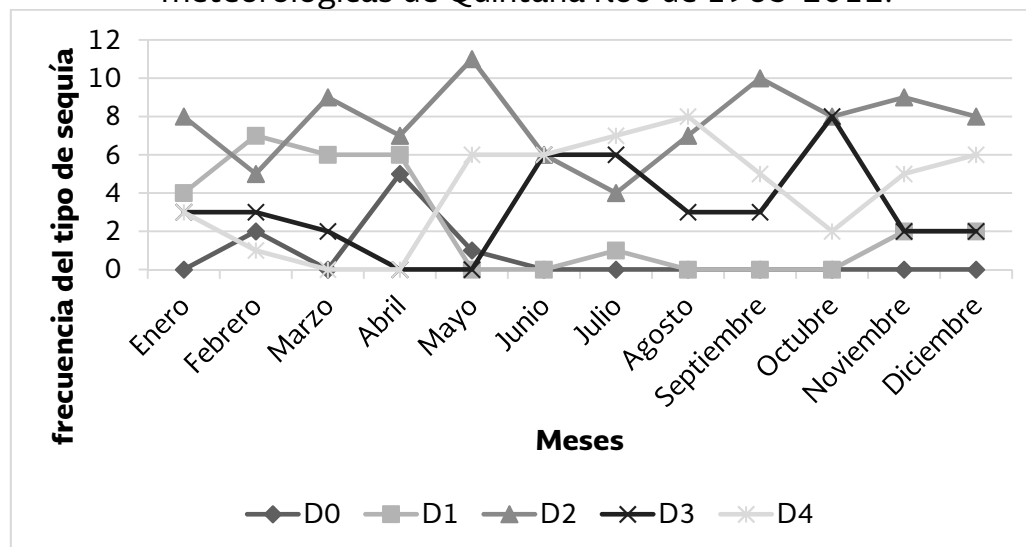
Figura 6.15. Frecuencia anual del tipo de sequía de 29 estaciones meteorológicas de Campeche de 1983-2012.



Los datos representan el número de estaciones meteorológicas en las que se registró cada tipo de sequía como el más extremo de ese año. D0= Anormalmente seco, D1=sequía moderada, D2=sequía severa, D3= sequía extraordinaria, D4=sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

Los resultados del análisis del SPI en Quintana Roo indican que en últimos 30 años las estaciones meteorológicas han registrado como la categoría de sequía más severa el tipo de sequía D2, seguido del tipo D4. El tipo de sequía D1 solo es importante de enero a abril y el D0 casi nunca se presenta como el tipo de sequía más severo. (Figura 6.16)

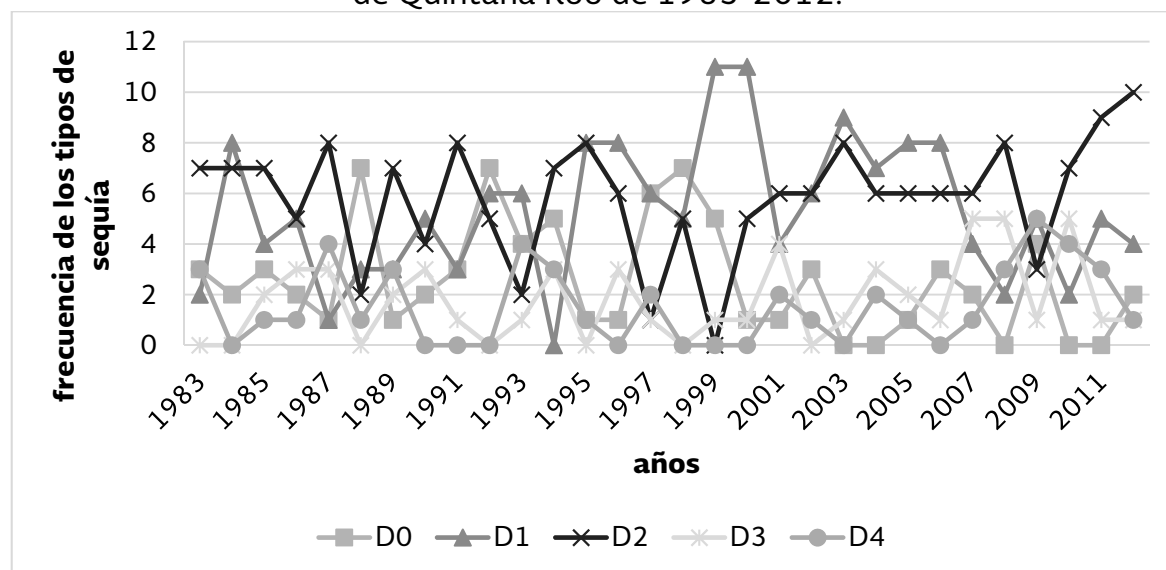
Figura 6.16. Frecuencia mensual de los tipos de sequía de 18 estaciones meteorológicas de Quintana Roo de 1983-2012.



Los datos representan el número de estaciones meteorológicas en las que se registró cada tipo de sequía como el más extremo de ese mes. D0= Anormalmente seco, D1=sequía moderada, D2=sequía severa, D3= sequía extraordinaria, D4=sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

El análisis de las categorías de sequía que se han presentado en los últimos 30 años en el Estado Quintana Roo, indica que los tipos de sequía D1 y D2 son los que se han registrado con mayor frecuencia como los más severos (Figura 6.17).

Figura 6.17. Frecuencia anual del tipo de sequía de 18 estaciones meteorológicas de Quintana Roo de 1983-2012.



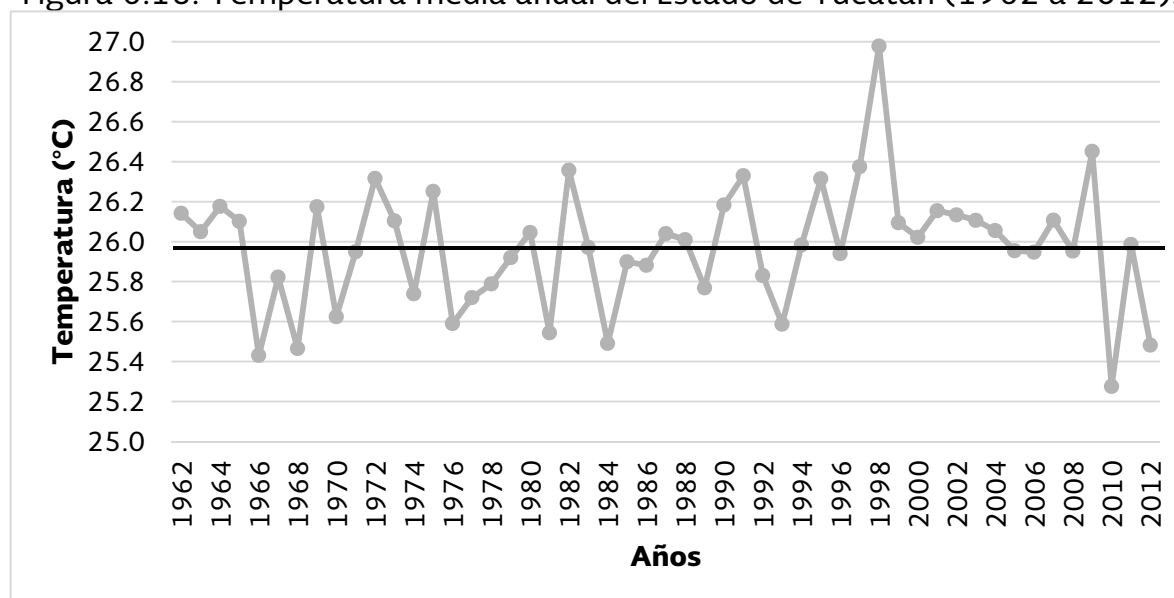
Los datos representan el número de estaciones meteorológicas en las que se registró cada tipo de sequía como el más extremo de ese año. D0= Anormalmente seco, D1=sequía moderada, D2=sequía severa, D3= sequía extraordinaria, D4=sequía excepcional. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la CONAGUA.

6.6 Registros históricos de temperatura

En los últimos 400,000 años la temperatura del planeta se ha comportado de manera inestable, pasando de períodos cálidos a una edad de hielo; en los últimos 10,000 años estas variaciones han sido menos frecuente, y en los últimos 100 años la temperatura media global difícilmente ha variado en más de 1 °C (Estrada, 2011).

El promedio histórico de la temperatura media anual en el Estado de Yucatán es de 26°C para el periodo de 1960-2012, presentando el valor más alto en 1998 con 27°C y el más bajo en 2010 con 25.3°C (Figura 6.18).

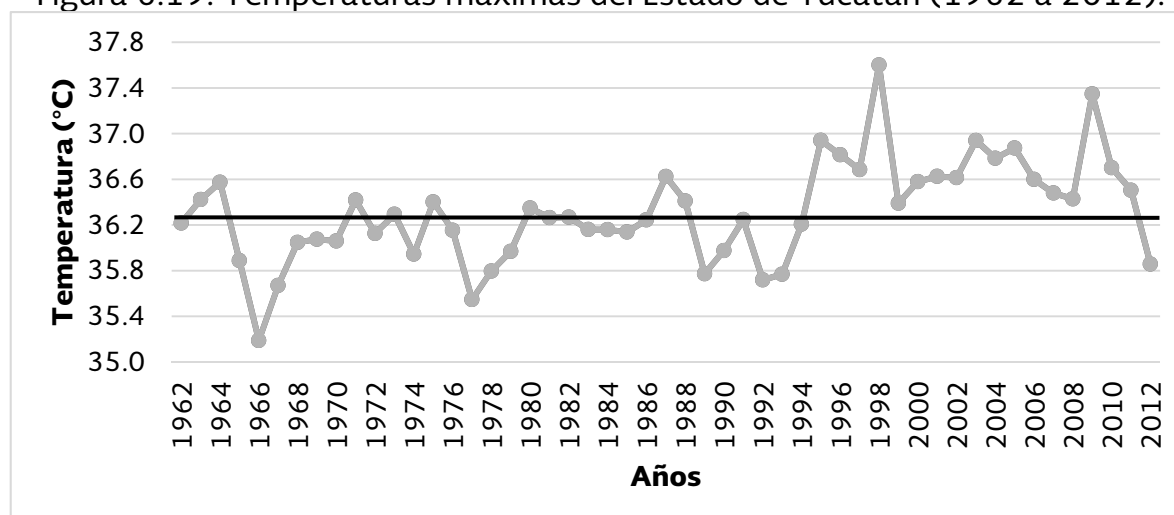
Figura 6.18. Temperatura media anual del Estado de Yucatán (1962 a 2012).



Nota: Los promedios corresponden a los datos de 66 estaciones meteorológicas. La línea paralela al eje de los x es el promedio anual histórico. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico de la temperatura máxima anual en el Estado de Yucatán es de 36.3°C para el periodo de 1962-2012, presentando el valor más alto en 1998 con 37.6°C y el más bajo en 1966 con 35.2°C (Figura 6.19).

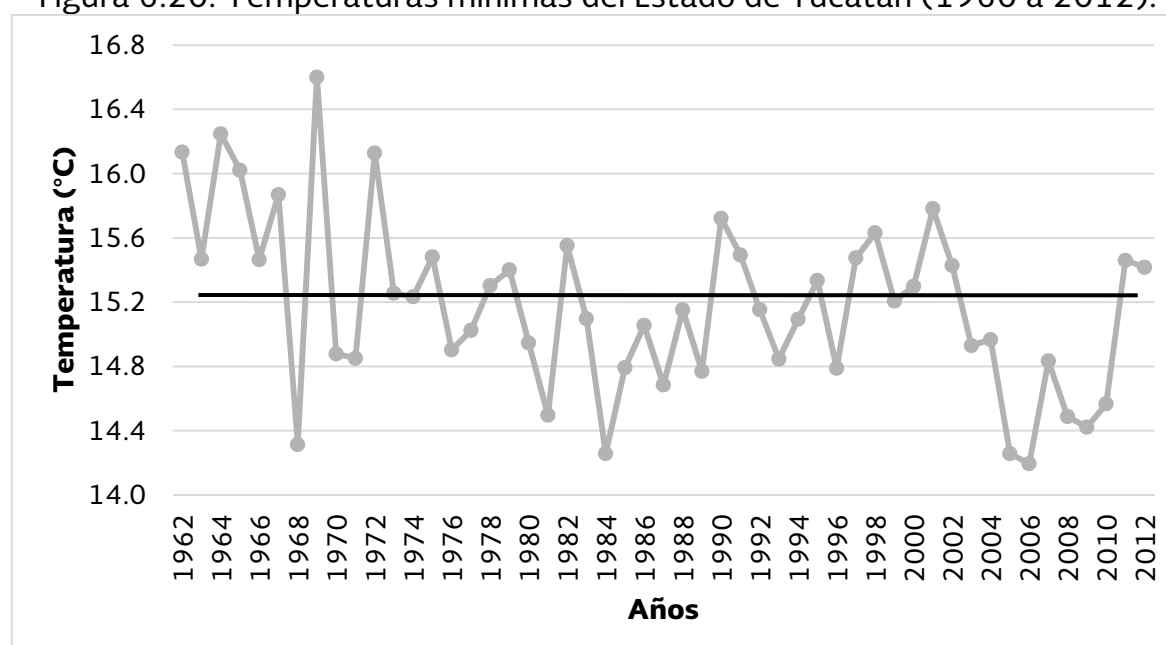
Figura 6.19. Temperaturas máximas del Estado de Yucatán (1962 a 2012).



Nota: Los promedios corresponden a los datos de 66 estaciones meteorológicas. La línea paralela al eje de las x representa el promedio anual histórico. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico de la temperatura mínima anual en el Estado de Yucatán es de 15.2°C para el periodo de 1962-2012, presentando el valor más alto en 1969 con 16.6°C y el más bajo en 2006 con 14.2°C (Figura 6.20).

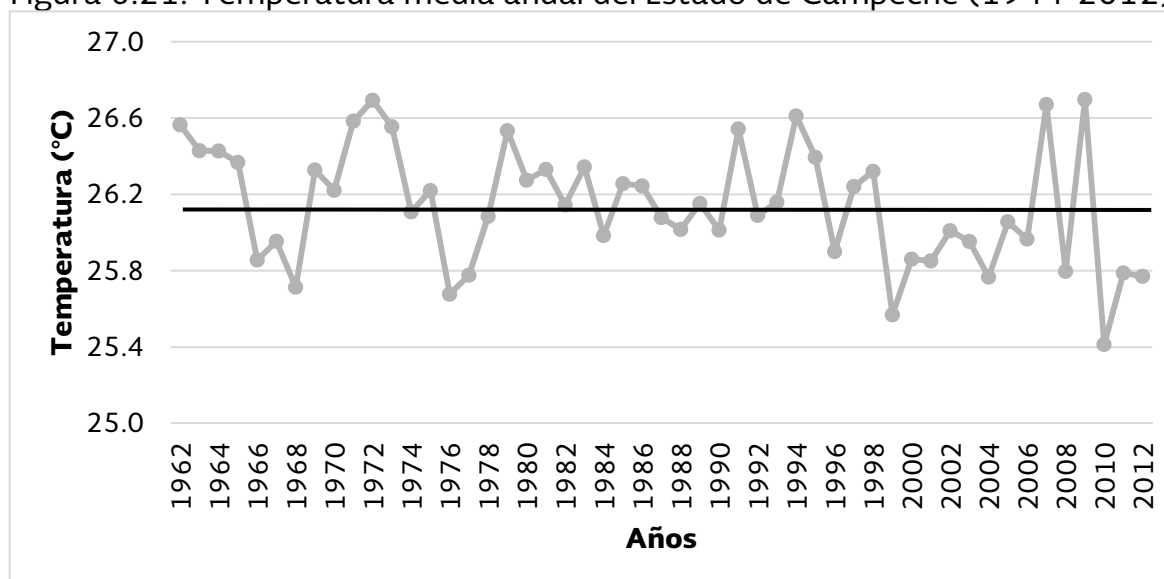
Figura 6.20. Temperaturas mínimas del Estado de Yucatán (1960 a 2012).



Nota: Los promedios corresponden a los datos de 66 estaciones meteorológicas. La línea paralela al eje de las x es el promedio anual histórico. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico de la temperatura media anual en el Estado de Campeche es de 26.2°C en el periodo de 1944-2012, presentando el valor más alto en 1951 con 27.2°C y el más bajo en 1948 con 24.5°C (Figura 6.21).

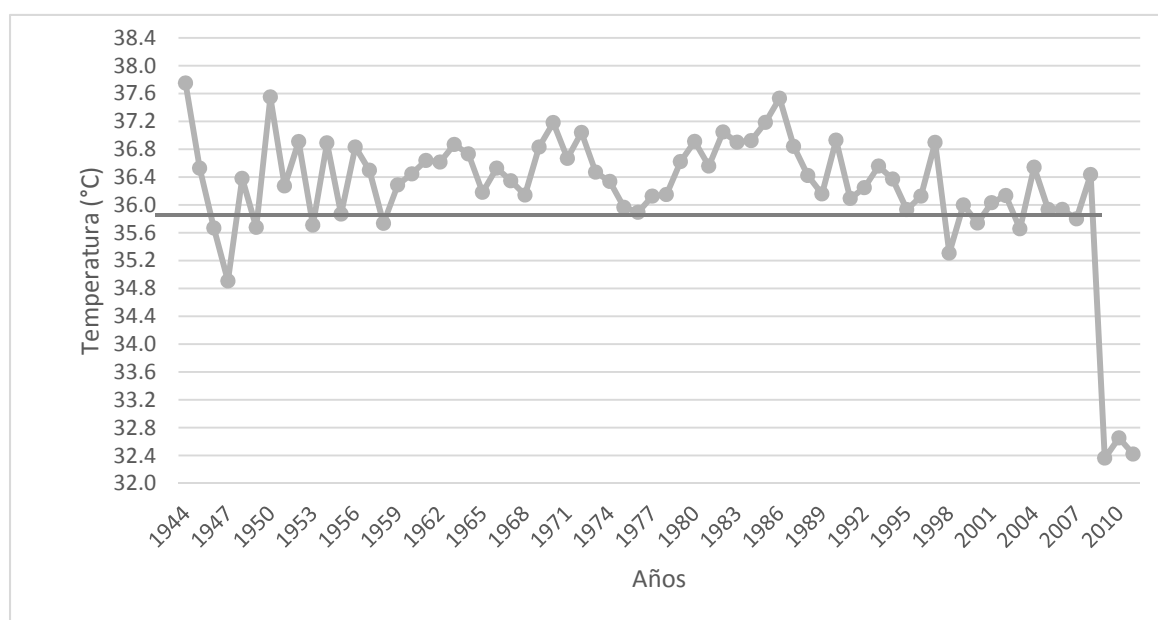
Figura 6.21. Temperatura media anual del Estado de Campeche (1944-2012).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico de la temperatura máxima anual en el Estado de Campeche es de 36.3°C en el periodo de 1944-2007, presentando el valor más alto en 1945 con 37.7°C y el más bajo en 1948 con 34.9°C (Figura 6.22).

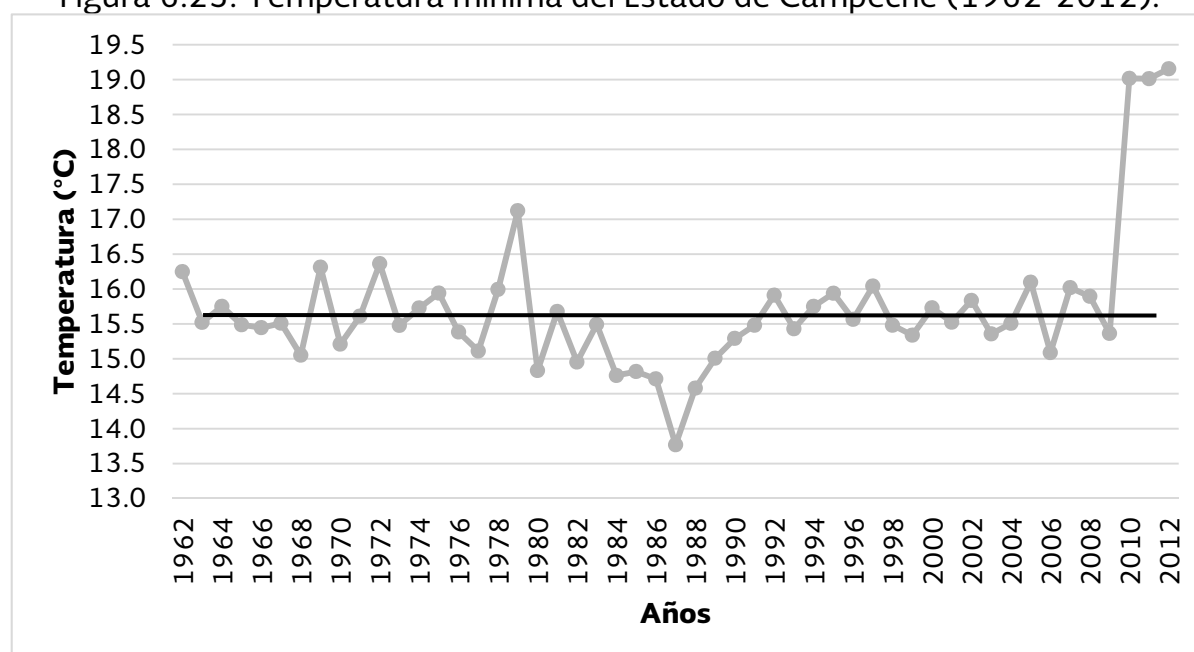
Figura 6.22. Temperatura máxima del Estado de Campeche (1944-2012).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico de la Temperatura mínima anual en el Estado de Campeche es de 15.7°C en el periodo de 1944-2012, presentando el valor más alto en 2012 con 19.2°C y el más bajo en 1987 con 13.7°C (Figura 6.23).

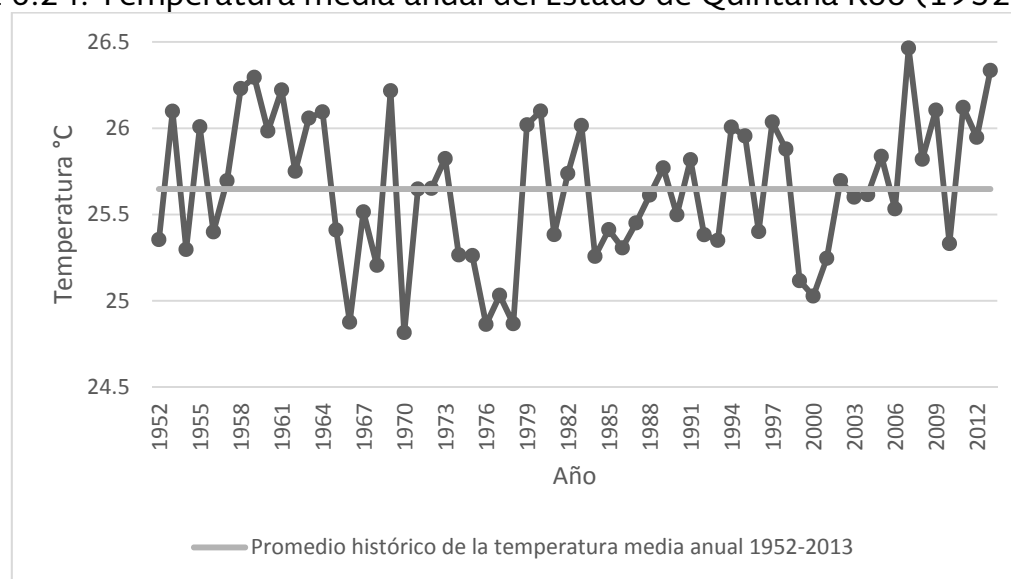
Figura 6.23. Temperatura mínima del Estado de Campeche (1962-2012).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

El promedio histórico de la temperatura media anual en el Estado de Quintana Roo es de 25.65°C, en el periodo de 1952-2013, presentando el valor más alto en 2007 con 26.4°C y el más bajo en 1970 con 24.81°C (Figura 6.24).

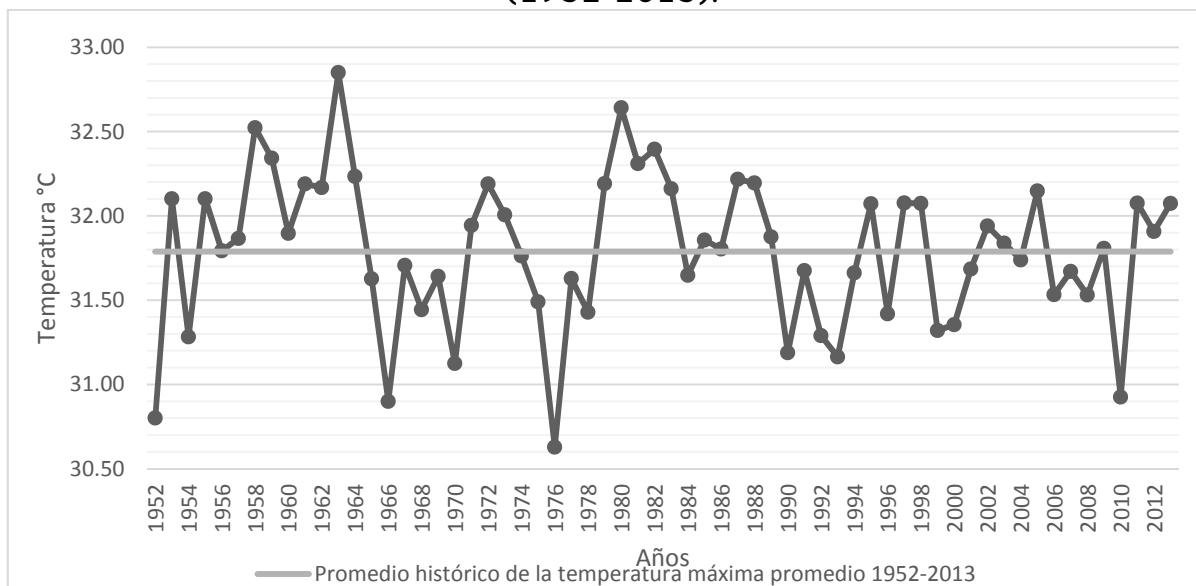
Figura 6.24. Temperatura media anual del Estado de Quintana Roo (1952-2013).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

La media histórica de la temperatura máxima promedio anual en el Estado de Quintana Roo es de 31.79°C, en el periodo de 1952-2013, presentando el valor más alto en 1963 con 32.85°C y el más bajo en 1976 con 30.63°C (Figura 6.25).

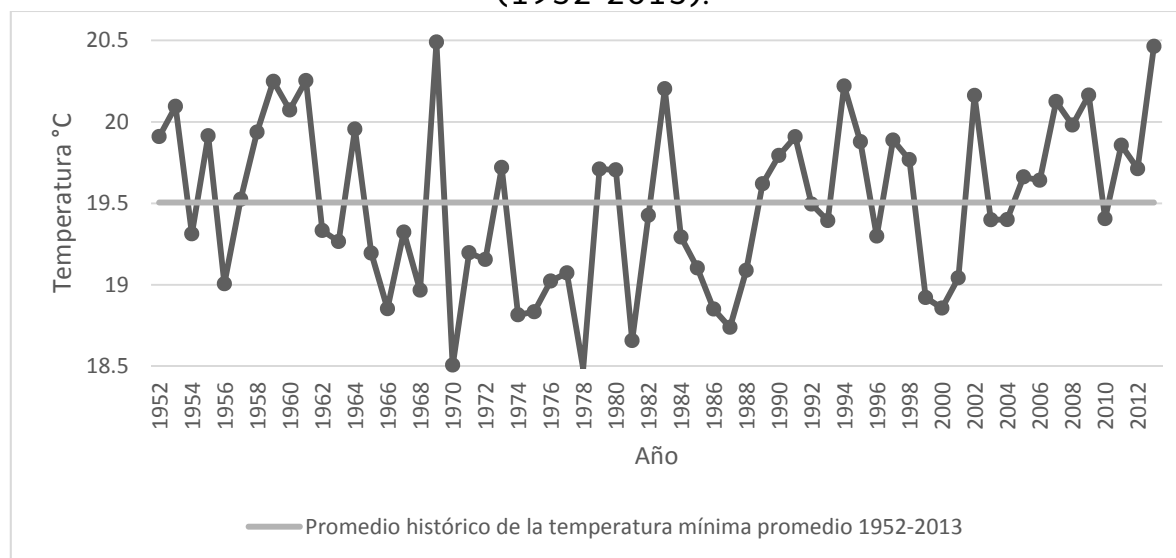
Figura 6.25. Temperatura máxima promedio anual del Estado de Quintana Roo (1952-2013).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

La media histórica de la temperatura mínima promedio anual en el Estado de Quintana Roo es de 19.51°C, en el periodo de 1952-2013, presentando el valor más alto en 1969 con 20.48°C y el más bajo en 1970 con 18.5°C (Figura 6.24).

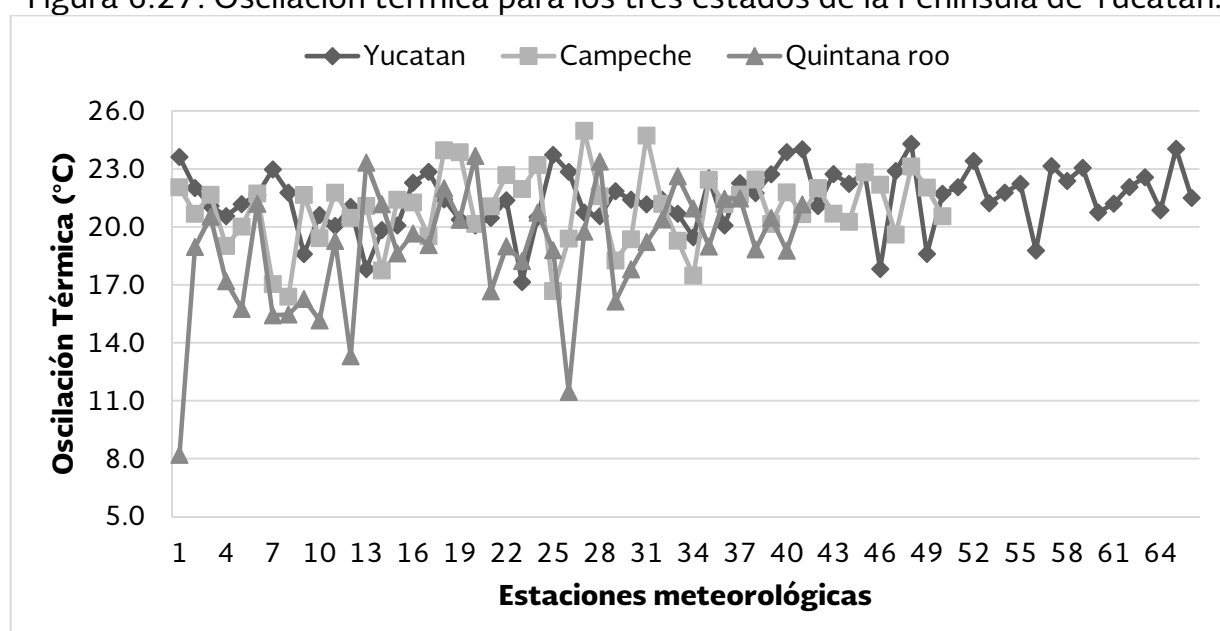
Figura 6.26. Temperatura mínima promedio anual del Estado de Quintana Roo (1952-2013).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

La oscilación térmica es la diferencia entre la temperatura máxima y mínima del día, en Yucatán se presenta un rango de 17.1 a 24.3°C, en Campeche de 16.3 a 24.9°C y Quintana Roo de 8.2 a 23.6°C, presentando este último una temperatura más contrastante con respecto a los otros estados (Figura 6.27).

Figura 6.27. Oscilación térmica para los tres estados de la Península de Yucatán.

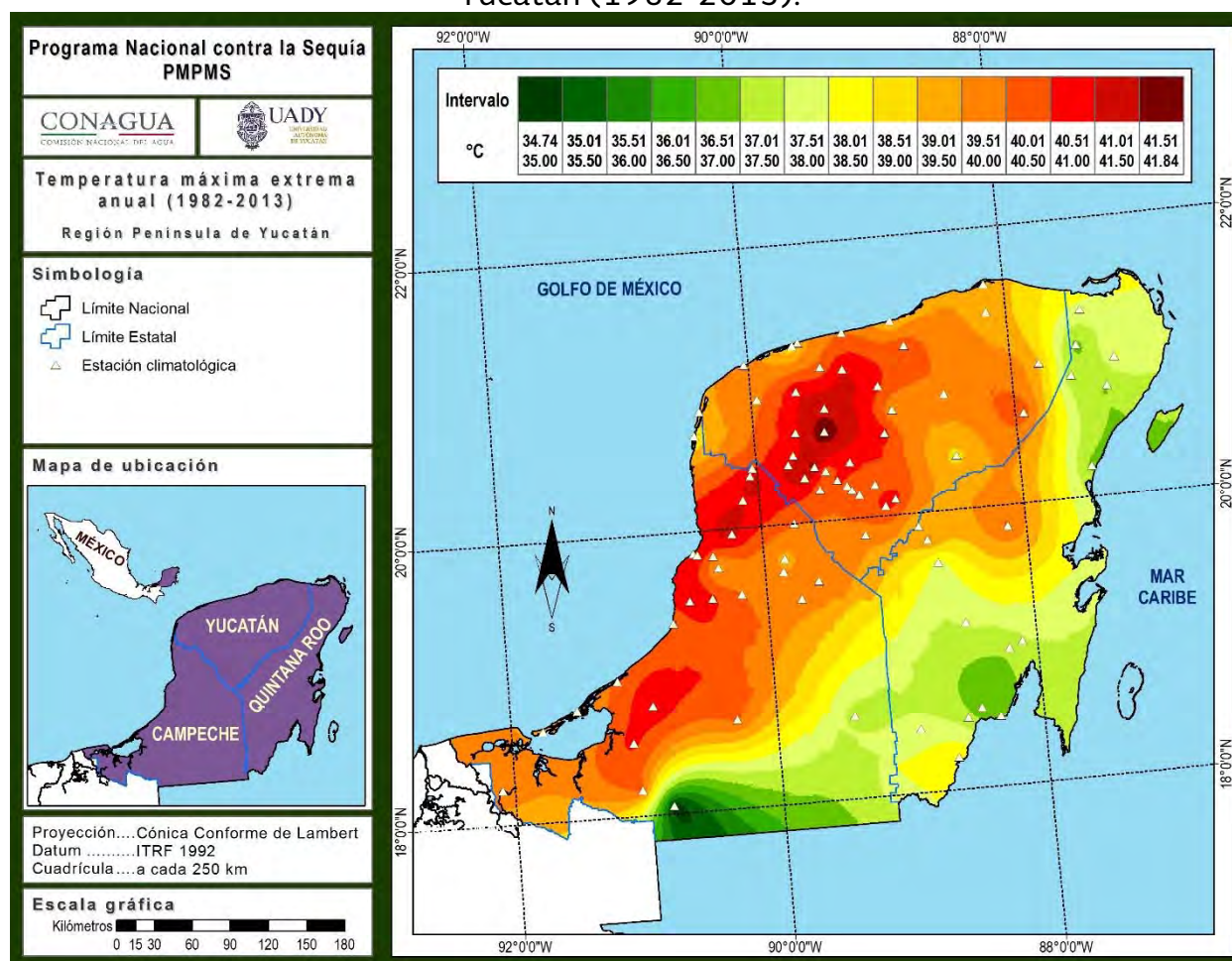


Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el área técnica regional de la CONAGUA.

Empleando la misma metodología descrita en el Anexo 6.6, se realizó un mapa con el promedio anual de las temperaturas registradas. De igual manera que con los valores históricos de precipitación se realizaron cuatro mapas adicionales con los periodos: junio-agosto, marzo-mayo, mayo-octubre y noviembre-abril.

En el mapa realizado con el promedio histórico de los valores extremos de temperatura (Figura 6.28) se puede observar que los valores máximos de temperatura oscilan entre 34 y 42° C, siendo el estado de Yucatán el que presenta una mayor superficie afectada por temperaturas cercanas a los 42 °C sobre todo en los alrededores de la ciudad de Mérida.

Figura 6.28. Promedio de Temperatura Máxima Anual histórica de la Península de Yucatán (1982-2013).



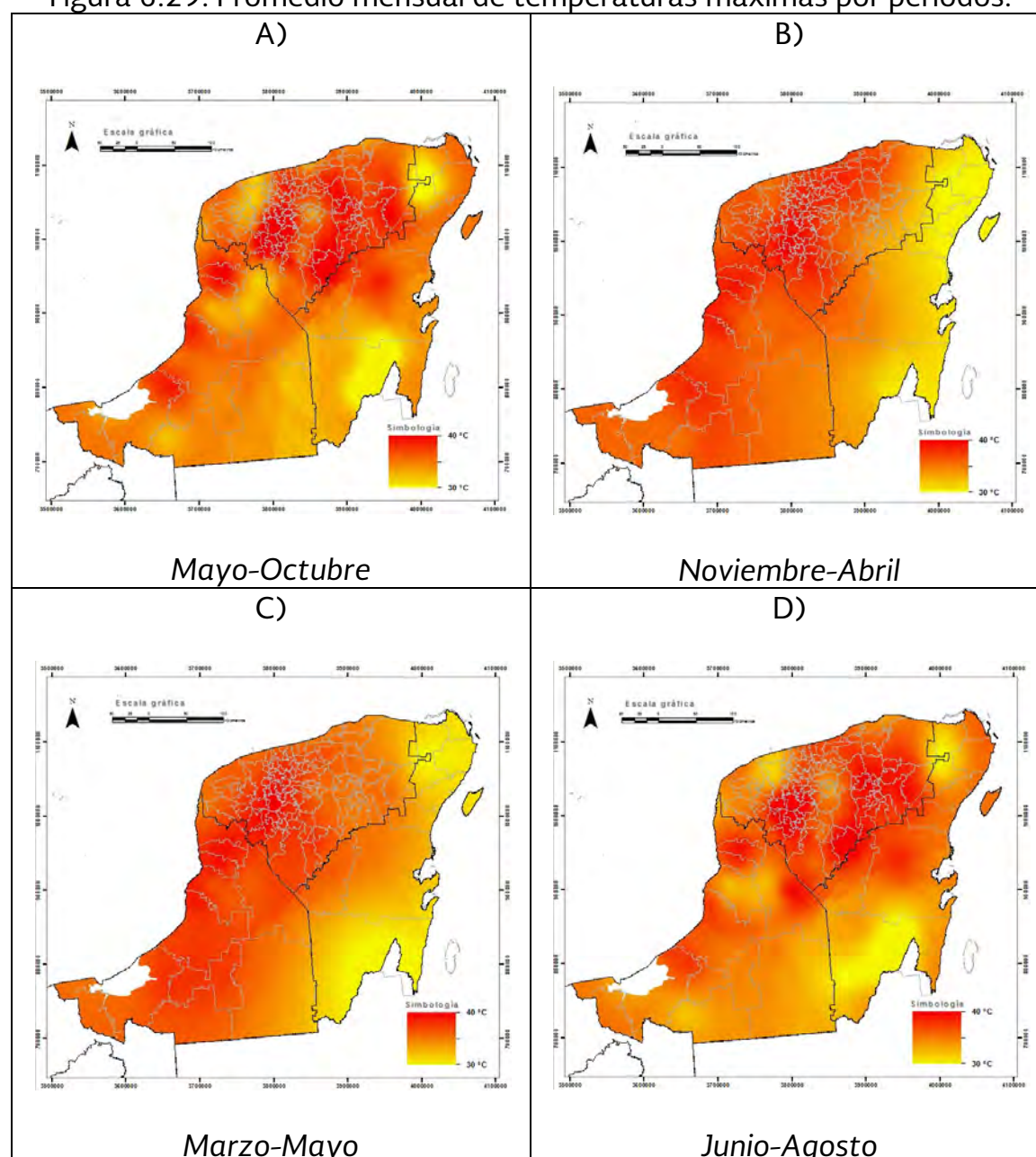
Fuente: Elaboración propia con datos meteorológicos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de CONAGUA y Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Para el estado de Quintana Roo, el municipio más afectado por las altas temperaturas es José María Morelos y en la zona norte del municipio de Felipe Carrillo Puerto. En el caso del estado de Campeche los municipios que presentan las temperaturas máximas son Calkiní, Hecelchacán y Tenabo, así como la zona de colindancia ente los municipios de Escárcega y Carmen y la región localizada entre los municipios de Champotón y Campeche.

Por otro lado, las regiones que presentan las menores temperaturas son: el norte del estado de Quintana Roo (municipios de Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas) y la zona sur de Quintana Roo y Campeche, comprendida por los municipios de Othón P. Blanco y Calakmul.

Realizando un análisis semestral de los datos, en el periodo comprendido por los meses de mayo-octubre (Figura 6.29A) se puede notar muy poca variabilidad en los patrones de distribución de las zonas que presentan las mayores temperaturas, mientras que realizando el mismo análisis para el semestre noviembre-abril (Figura 6.29B), se puede identificar que toda la zona costera del estado de Quintana Roo es la que presenta las menores temperaturas de la Península de Yucatán, y los estados de Campeche y Yucatán son los más afectados por las altas temperaturas.

Figura 6.29. Promedio mensual de temperaturas máximas por períodos.



Fuente: Elaboración propia con datos meteorológicos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de CONAGUA y Archivos cartográficos proporcionados por CONAGUA PHR, 2007-2012.

Durante los meses marzo, abril y mayo (Figura 6.29C) las temperaturas más altas del estado de Yucatán se presentan en el centro con una tendencia a disminuir, que es directamente proporcional a la cercanía a la costa. En el estado de Quintana Roo las menores temperaturas se mantienen presentes en las zonas norte y sur abarcando los municipios de: Isla Mujeres, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas, Solidaridad y Othón P. Blanco.

En el caso del estado de Campeche, la región localizada en el sur del estado (Calakmul) es la que presenta el menor promedio de temperatura, mientras que las temperaturas más altas se registran en la línea costera, con tendencia a disminuir conforme uno se aleja de la costa.

Finalmente, en los meses de Junio, julio y agosto (Figura 6.29D) se puede encontrar que las máximas temperaturas se registran en el oriente y centro del estado de Yucatán, así como la región comprendida por los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Tulum en Quintana Roo y los municipios de Calkiní, Hecelchacán, Tenabo, Champotón y Carmen en el estado de Campeche. Mientras que los municipios de Calakmul en Campeche y Othón P. Blanco en Quintana Roo son los que presentan los valores más bajos de temperaturas.

6.7 Registros históricos de niveles de agua subterránea

A nivel nacional se reconoce que los acuíferos de la Península de Yucatán son una gran reserva de agua dulce del país. La condición geológica de la Península de Yucatán no permite la presencia de corrientes superficiales importantes. El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para la población, por lo que conocer los niveles del acuífero permite conocer su disponibilidad y su oferta para los diferentes sectores. De los tres estados de la Península de Yucatán, solo Yucatán y Campeche tienen registros de los niveles piezométricos. De acuerdo con datos de la CONAGUA, Yucatán tiene una red estatal de 83 pozos de medición piezométrica (40 pozos perforados, 38 norias y 5 cenotes) y una red costera de 33 pozos (CONAGUA, 2002). Esta red ha tomado datos de manera intermitente desde 1988 hasta 2004. Si se comparan los datos de la profundidad registrada de esta red de pozos del 2002 al 2004 comparados con 1988 (año del Huracán Gilbert), es notable un aumento en el nivel del manto freático de 3.5m a causa de la lluvia aportada por el huracán. En condiciones normales la variación del acuífero no es mayor de 1m entre dos años consecutivos. La red de pozos para medición piezométrica de Campeche cuenta con un total de 214 pozos con registros desde el 2011. De la misma manera que en Yucatán la variación del nivel del acuífero entre dos años consecutivos no es mayor a 1m.

6.8 Políticas de administración del agua durante los periodos de sequía identificados

Por la abundancia del recurso en el acuífero no existen políticas de administración definidas, sin embargo se tiene conocimiento de que en algunos lugares de la Península se realiza lo que se conoce como “tandeos”, en los cuales se corta el servicio de suministro de agua durante cierto tiempo establecido, siendo reestablecido únicamente durante algunas horas determinadas; esta estrategia esta principalmente enfocada en evitar el desperdicio del agua, y no para minimizar los efectos de la sequía.

6.9 Registros sobre el contenido de humedad del suelo

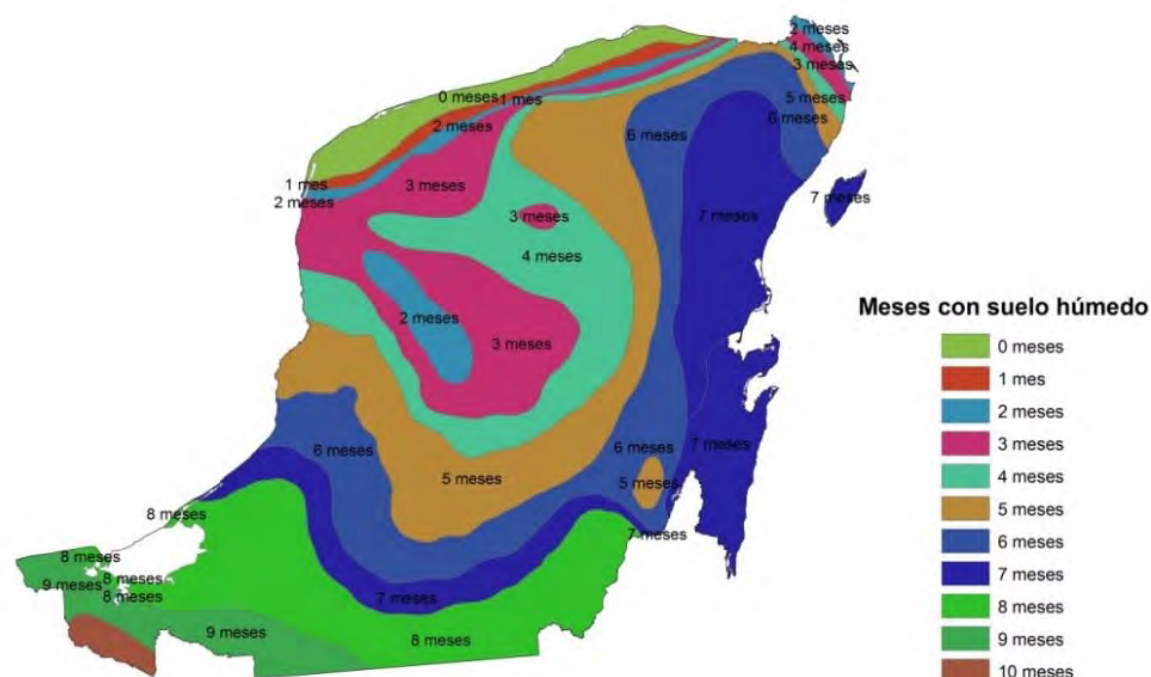
El único registro de que se tiene conocimiento acerca del contenido de humedad del suelo es el mapa del INEGI publicado en 1981. En este mapa a nivel peninsular, se presenta información del número de meses en que el suelo se encuentra húmedo.

De los tres estados de la Península de Yucatán, los suelos del estado de Yucatán son los que retienen humedad durante menos meses al año, de 0 a 7 meses, siendo los municipios cercanos a la línea de costa (Progreso, Celestún, Dzilam de bravo, Hunucmá, las coloradas, entre otros) los que retienen menos la humedad.

En el resto de la Península se presentan de 2 a 7 meses de humedad en los suelos, exceptuando el sur de Campeche donde se presentan de 8 a 10 meses. En el estado de Campeche se registran 4 meses, entre las zonas con menor humedad se encuentran Calkiní y Dzibalchén y las zonas con mayor humedad son Cd del Carmen, Candelaria entre otras.

Los suelos del estado de Quintana Roo presentan una humedad durante un periodo de 2 a 7 meses, siendo Isla Holbox de las zonas con menor humedad (2 meses), y la zona de Felipe Carrillo Puerto es de las más húmedas en el estado de Quintana Roo (7 meses), en la ciudad de Chetumal se presenta hasta 6 meses de humedad en el suelo.

Figura 6.30. Meses con humedad en el suelo de la Península de Yucatán.



Fuente: INEGI, 1981.

6.10 Revisión y análisis de registros de evapotranspiración

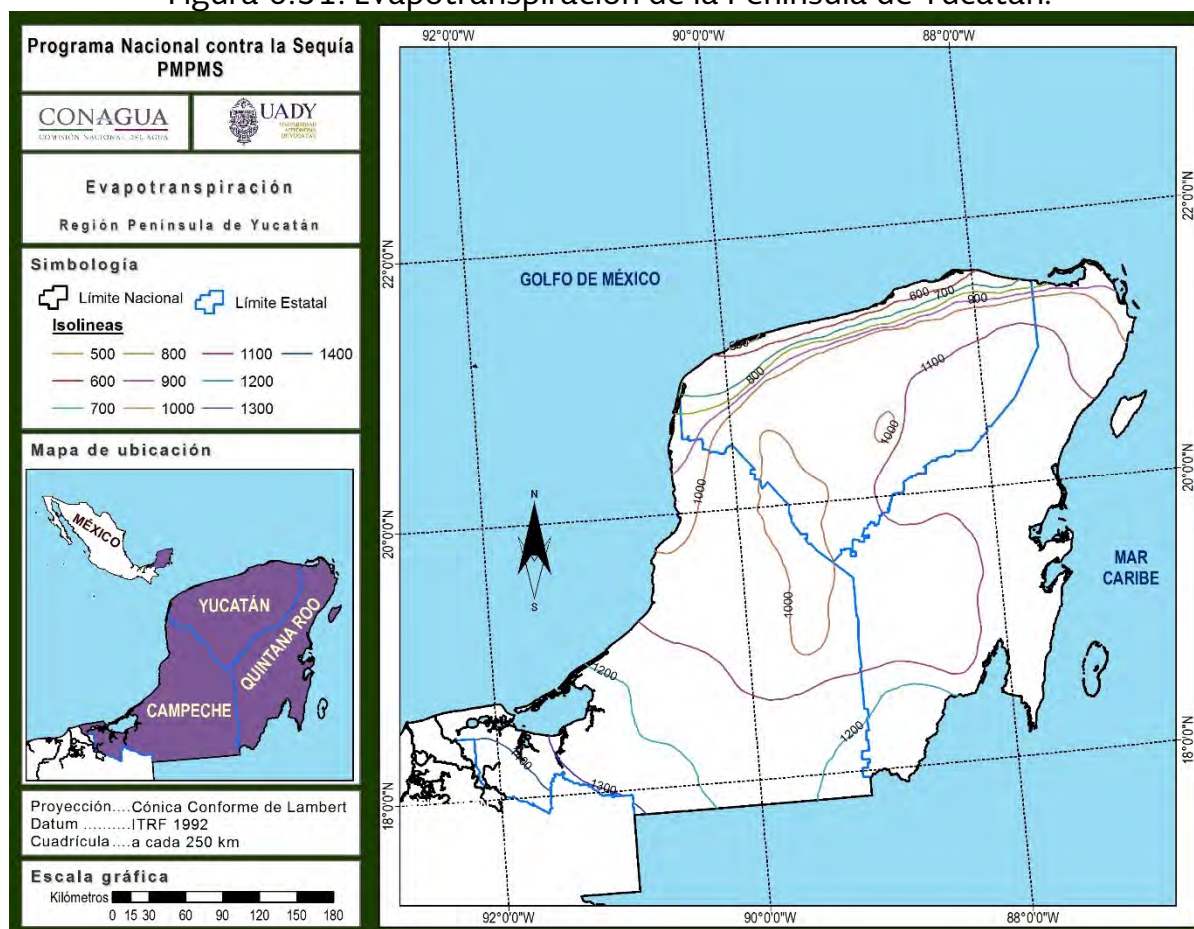
La evapotranspiración es una variable clave que engloba la pérdida de agua de los cultivos por transpiración y del suelo por evaporación. Poco más del 70% del agua que llueve en el país se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el resto escurre por los ríos o arroyos o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos.

En el mapa 6.31 se presentan isolíneas de evapotranspiración (ET) del año de 1983, en el estado de Yucatán la ET anual oscila entre 500 a 1100 mm. En las zonas cercanas a Progreso se presenta una ET de 500mm al año, en la ciudad de Mérida la ET varía entre 900 y 1000 mm al año.

Campeche presenta la mayor ET de los tres estados con un intervalo de 1000 a 1300 mm, siendo mayor en las zonas cercanas al río Candelaria

En Quintana Roo se presenta un intervalo de ET de 600 a 1200 mm de agua al año, las zonas con menor ET se encuentran cercanas a Chiquilá y las zonas con valores más elevados entre la zona de Ucum y Laguna Bacalar (Figura 6.31).

Figura 6.31. Evapotranspiración de la Península de Yucatán.



Fuente. INEGI, 1983.

6.11 Análisis Global de los Resultados

Los estados de Quintana Roo y Campeche presentan valores acumulados de precipitación similares con 1307.51 y 1302.00 mm anuales, mientras que el estado de Yucatán presenta una precipitación acumulada de 1058.00 mm anuales.

En cuanto a la oscilación térmica el estado de Quintana Roo presentó mayor rango en la oscilación térmica. Aunque en los tres estados las temperaturas medias más bajas se presentan en la época de lluvias, mientras que las medias más altas ocurren durante la época seca donde existe un rango mayor de variación en el ciclo térmico diario.

Los caudales de cuatro ríos de Campeche registraron valores atípicos en 2010 (Palizada y Mamantel), debido al paso del huracán Karl y las lluvias ocasionadas por la depresión tropical Matthew en la Península de Yucatán; el río Candelaria presentó mayor caudal en 1995, a consecuencia del huracán Roxanne. En el 2002 en el río Champotón debido al paso del huracán Isidore que causó acumulaciones máximas de lluvias de 777mm en Campeche durante 96 horas (SMN, 2014).

En cuanto a la variabilidad de la precipitación en la Península de Yucatán existe una relación con la presencia de huracanes o sequías registradas. En 1962 en Yucatán se registró el valor más bajo de precipitación lo que tiene relación con la clasificación de sequía extremadamente severa, en el año 2002 durante paso del huracán Isidore se registró una acumulación de lluvia de 504 mm durante 96 horas, lo que se refleja en el valor más alto de precipitación en los últimos 50 años; 777 mm para el estado de Campeche y 250.3 mm para el estado de Quintana Roo (CENAPRED, 2002; SMN, 2014).

En Campeche el valor más bajo de precipitación fue en 1971, lo que está relacionado con los años de caída de la producción agrícola, de desplazamiento de las actividades económicas, migraciones, epidemias, mortandades y agitación social entre las masas urbanas y campesinas (Florescano, 1979). La mayor precipitación acumulada en 24 horas es de 245 mm, y se registró en la Ciudad de Campeche a causa del huracán Opal (Ayuntamiento de Ciudad del Carmen, 2011).

El valor registrado de precipitación más elevado fue de 172.2 mm a causa del huracán Opal en 1995.

En el 2009 en el Estado de Quintana Roo se consideró a la sequía como el segundo fenómeno hidrometeorológico causante de mayores pérdidas en el Estado.

Tomando en cuenta los mapas de precipitación y temperatura, en el estado de Quintana Roo, la región norte comprendida por los municipios de Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, Benito Juárez y Solidaridad, son las que presentan los valores de temperaturas máximas más bajos del estado, así como los valores de precipitación más altos.

En la zona sur de la Península de Yucatán, donde se encuentran los municipios de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo y Calakmul en Campeche, no se registran temperaturas extremas, sin embargo, los niveles de precipitación son bajos.

En el Estado de Campeche la región donde se presentan las mayores temperaturas y los menores valores de precipitación, es la norte comprendida por los municipios, Calkiní, Hecelchacán y Tenabo. Los municipios que presentan los valores más elevados de precipitación son Palizada, Candelaria, Escárcega, Carmen y Champotón, los cuales coinciden con los municipios que presentan los promedios más bajos de temperatura, a excepción de la zona donde colindan los municipios de Carmen, Escárcega y Candelaria.

La zona costera del estado de Yucatán a pesar de no presentar temperaturas extremas (cerca de los 40°), se caracteriza por tener un promedio bajo en la precipitación. Mientras que la región oriente del estado, comprendida por los

municipios de Tizimín, Calotmul, Temozón y Chemax, es donde se presenta la mayor precipitación del estado, a pesar de que en algunas partes de la región se caracterizan por presentar temperaturas extremas. En el centro del estado podemos encontrar promedios de precipitación moderada, y los valores más altos de temperatura.

Anexos

Anexo 6.1. Impactos de sequías históricas, impactos potenciales futuros, y mitigación.

Impactos de sequías históricas, existentes y potenciales	Paso 2 - Evaluación de sequías históricas						Paso 3 - Evaluación de la vulnerabilidad		Paso 4 - Estrategias de respuesta a sequías	
	Impacto histórico	Impacto existente	Jerarquización de la severidad del impacto de sequía	Estrategias de respuesta de mitigación histórica y existente	Efectividad de la estrategias de respuesta de mitigación histórica y existentes	Comentarios	Impacto potencial futuro	Prioridad del impacto potencial	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
Organismo operador de agua potable										
Pérdida de utilidad debido a la apertura de pozos no concesionados	X	X	3	No hay estrategia			X	3	Censo de pozos actuales sin concesión	Reglamento para apertura de pozos nuevos concesionados
Sobreexplotación del acuífero	X	X	1	No hay estrategias			X	1	Monitorear la extracción de agua del acuífero	Limitar la extracción de agua del acuífero
Degradación de la calidad del agua	X	X	1	Monitoreo constante de la calidad de agua	1	Análisis del agua antes de su distribución	X	1	Identificar principales fuentes de contaminación, grado de contaminación actual y zonas vulnerables	Plan para la colecta y tratamiento de aguas negras
Incremento en costos y tiempo de personal para implementar un programa de sequías							X	1	Fondos federales para realizar el programa y capacitar al personal	
Incremento en las necesidades de información para monitorear e implementar un plan de mitigación							X	1	Fondo federal para incrementar los recursos económicos, materiales y humanos	
Elevados costos para adquirir y desarrollar nuevas fuentes de abastecimiento de agua							X	2	Desarrollar programa para el financiamiento de proyectos	

y/o transferencias de derechos de agua									que promuevan fuentes de agua alternativas.	
Costos para incrementar la eficiencia del uso del agua	X	X	2	Continuar y mejorar el Programa de tecnificación del Riego (SAGARPA). Programa Manejo del Agua y Preservación de Suelos (CONAGUA)						
Percepción pública favorable/desfavorable de los OO relativa a la respuesta por sequía							X	2	Campaña publicitaria	Implementar el PMPMS
Escasez de equipamiento y otros servicios de agua relacionados (p. ejem. Contratistas para reparación de pozos)							X	2	Capacitación a personal para brindar estos servicios	Adquirir equipo y brindar continua capacitación al personal
Comunidad										
Paisaje doméstico estresado, degradado o muerto							X	3	Evaluar el estado del paisaje establecer medidas de recuperación	Restablecimiento del paisaje con especies tolerantes a la sequía
Paisaje público estresado, degradado o muerto							X	2	Evaluar el estado del paisaje establecer medidas de recuperación	Restablecimiento del paisaje con especies tolerantes a la sequía
Baja calidad del agua potable (por ejemplo, mal sabor y olor)							X	2	Establecer un mecanismo de respuesta a los usuarios que se quejen de la calidad del agua	Establecer red de puntos de verificación locales
Capacidad reducida para combate y control de incendios	X		1	Programa de Protección contra incendios forestales (CONAFOR)	2		X	1	Respetar calendario de quemas	Ajustar calendario de quemas de acuerdo con las condiciones climatológicas
Incremento en la concentración de contaminantes							X	2	Monitoreo constante	

Aumento del índice de pobreza y reducción de la calidad de vida de las comunidades rurales	X	X	1	Seguros agrícolas	2	Aseguramiento de maíz y ganado vacuno principalmente				
Pérdida de vidas humanas (golpes y ondas de calor)							X	2	Informar a la población sobre medidas preventivas para evitar golpes de calor	Implementar zonas de auxilio a la población durante la época de sequía
Seguridad pública por incendios	X	X	2	Campañas publicitarias para no tirar vidrios, ni colillas. Campaña de guardarraya adecuada y contra la roza-tumba-quema	2				Respetar calendario de quemas	Ajustar calendario de quemas de acuerdo con las condiciones climatológicas
Incremento de enfermedades gastrointestinales	X	X	2	No hay estrategia		Los alimentos se descomponen con mayor facilidad durante la sequía				
Incremento de enfermedades respiratorias							X	3	Informar a la población para tomar medidas preventivas	
Incremento en decesos causados por concentraciones y estrés de vida silvestre							X	3	Traslado de animales de vida silvestres a zonas seguras	Construir jagüeyes como abrevaderos de la vida silvestre
Estrés físico y mental de la población							X	3	Informar a la población sobre medidas preventivas para evitar estrés	Implementar zonas de auxilio a la población durante la época de sequía
Incremento de conflictos políticos	X	X	3	Acuerdo entre México y Belice para el manejo sustentable del agua, en la cuenca internacional del río Hondo.		Es un acuerdo binacional ya que no se contempla a Guatemala.				
Reducción o modificación de actividades recreativas							X	3	Mantener informada a la población sobre las actividades que deben restringir	

Distribución desigual en la implementación de medidas de respuesta a la sequía	X	X	1	No hay estrategia						Supervisión y evaluación de la adecuada implementación de las medidas de respuesta
Cambios en las tendencias de crecimiento de la población							X	3	Monitorear tasas de crecimiento	
Incremento en el alertamiento acerca de medidas de conservación del agua							X	2	Campañas permanentes de difusión de conservación del agua (incluir maya hablantes])	
Cambios en el comportamiento de uso del agua para fines de conservación							X	2	Campañas permanentes de difusión de conservación del agua (incluir maya hablantes])	
Revaloración de aspectos sociales (prioridades, necesidades, derechos)							X	3	Revisar la ley Federal de Derechos para agregar un apartado referente a la sequía. Identificar las prioridades y necesidades en caso de sequía.	
Desestabilidad social: conflictos, delincuencia, desnutrición							X	3	Identificar estudios de desestabilidad social para verificar casos	
Abandono del campo y concentración de cinturones de miseria en las ciudades; migración y desempleo	X	X	1	Programas de empleo temporal (SEMARNAT, SEDESOL)						
Elevado costo social de los programas de apoyo: despensas, empleo, agua en pipas, etc.	X	X	2	Se desconoce estrategia						
Economía										

Reducción del rendimiento y la calidad de los productos cultivados	X	X	2	No hay estrategia		Podría intentarse el aseguramiento de los cultivos. Empleo de cultivos o variedades de especies tolerantes a la sequía				
Pérdida de plantíos de árboles frutales y maderables	X		1	Acceso al apoyo del Programa del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC)	2		X	2		Verificación de los daños y permitir el acceso a los apoyos
Disminución o desaparición de los hatos ganaderos	X	X	1	Acceso al apoyo del Programa del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC)	3	Solamente se activa el programa si se declara oficialmente la sequía				
Pérdidas totales o parciales de cultivos de subsistencia, tanto de riego como especialmente de temporal	X	X	1	Seguros contra pérdida de cultivos	2					
Reducción o pérdida de jornales	X	X	1	Programa de Empleo Temporal	1	Es efectivo pero no suficiente				
Incremento en los costos de los insumos y de la producción	X	X	1	Acceso al apoyo del programa de prevención y manejo de riesgos, atención a desastres naturales en el sector agropecuario y pesquero (fondo de apoyo rural por contingencias climatológicas) SAGARPA						
Pérdida de ingresos a productores que	X	X	1	No hay estrategia						

indirectamente afectan los negocios y la economía										
Pérdida de recreación y de la industria del turismo							X	3	Plan de promoción de destinos turísticos que incluyan cenotes y playas	
Reducción de desarrollo económico debido a la sequía agrícola	X	X	1	No hay estrategia						
Incremento en precios de alimentos	X	X	1	Subsidio	2	Solo se conoce para el caso del maíz	X	1		
Restricciones/limitaciones sobre daños al paisaje por empresas	X	X	2	PROFEPA. Manifestación de Impacto Ambiental y Evaluación de Impacto Ambiental	2	Sanciones de acuerdo a la infracción cometida				
Impactos a usuarios de agua de gran escala comercial (campos deportivos, turismo, navegación, ...)							X	3	Tarifas de agua reducidas durante la época de sequía	
Ambiental y recreacional										
Incremento del riesgo de frecuencia y severidad de incendios	X	X	2	Campañas publicitarias para no tirar vidrios, ni colillas. Campaña de guardarraya adecuada y contra la roza-tumba-quema	2		X	2	Respetar calendario de quemas, prohibición de campamentos con fogatas	Ajustar calendario de quemas de acuerdo con las condiciones climatológicas
Disminución de las colonias de abejas melíferas	X	X	2	Apoyo con suplemento alimenticio a apicultores (SAGARPA)						
Pérdida o degradación de humedales	X	X	1	Acta Norteamericana para la Conservación de Humedales Sitios RAMSAR (SEMARNAT)	2	Los objetivos de este son: Proteger, restaurar y manejar ecosistemas de humedales y otros hábitats para mantener poblaciones				

						sanas de aves migratorias				
Menor espesor del acuífero							X	3	Ampliación de la red de monitoreo de niveles piezométricos	
Menor caudal de ríos	X	X	3	Medición de caudales	3	Aplica para los ríos en Campeche y Quintana Roo, aunque solo se mide el caudal no se implementan estrategias de mitigación				
Incremento en la susceptibilidad de enfermedades de plantas	X	X	2	No hay estrategia	2					
Calidad visual y paisajística (polvo, cobertura vegetal, etc.)							X	2	Evaluar el estado del paisaje establecer medidas de recuperación	Restablecimiento del paisaje con especies tolerantes a la sequía
Estrés en peces y otra flora y fauna silvestre							X	2		Realizar investigaciones para evaluar el efecto
Menor calidad del agua en ríos, cenotes y acuífero						Aplica en ríos en Campeche y Quintana Roo	X	2	Monitoreo constante de la calidad de agua	Plan de tratamiento y reúso de aguas negras
Altos índices de deforestación y erosión; pérdida de cobertura vegetal acelerada	X	X	1	Ordenamientos ecológicos	3					
Desertificación y degradación del suelo	X		2	Programa Manejo del agua y preservación de suelo (CONAGUA)						
Tasa de azolvamiento en ríos, lagunas y cenotes							X	2	Monitoreo de batimetría en ríos	

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Anexo 6.2. Caudal de la Estación Hidrométrica Palizada del río Palizada (m³/s) durante el periodo 2007-2012.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2007	241.94	158.39	118.00	83.10	69.40	117.64	148.88	193.54	323.47	416.38	327.56	195.07	199.45 ±108.18
2008	141.59	112.54	97.43	98.36	75.22	232.97	387.49	359.59	373.91	537.94	468.86	185.21	255.93 ±161.98
2009	160.27	134.81	88.51	74.80	86.78	145.32	184.70	215.42	232.56	189.85	217.71	119.50	154.19 ±54.76
2010	149.77	116.20	75.65	62.39	65.64	191.15	311.64	475.17	702.63	622.33	311.25	213.87	274.81 ±218.81
2011	135.88	133.81	103.88	78.34	74.65	117.15	266.18	259.05	420.84	690.50	531.93	278.30	257.54 ±197.46
2012	239.49	222.85	145.50	123.36	119.03	264.67	328.94	335.25	311.31	375.88	236.89	170.92	239.51 ±87.07
Prom.	178.16 ±49.15	146.43 ±40.84	104.83 ±24.50	86.73 ±21.42	81.79 ±19.60	178.15 ±61.84	271.30 ±90.51	306.34 ±105.26	394.12 ±163.86	472.15 ±182.55	349.03 ±126.11	193.81 ±52.27	

Nota: Los promedios mensuales históricos y anuales están seguidos de la desviación estándar. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA.

Anexo 6.3. Caudal de la Estación Hidrométrica Canasayab del Río Champotón (m³/s) durante el periodo 1969-2012.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1969	2.83	1.81	2.31	3.21	2.87	2.53	3	3.68	21.75	102.31	10.64	3.52	13.37±28.58
1970	4.04	4.08	3.68	3.48	3.3	3.84	4.19	6.4	9.48	15.08	8.39	3.72	5.81±3.56
1971	3.88	3.86	3.26	2.81	2.72	2.82	3.66	4.32	14.59	20.43	3.71	3.84	5.83±5.62
1972	3.55	3.34	3.41	3.32	3.43	4.09	10.49	5	16.28	8.84	4.19	3.5	5.79±4.06
1973	4.18	4	3.91	4.51	3.62	4.13	4.07	16.32	50.35	29.83	5.61	3.67	11.18±14.62
1974	3.55	3.29	3.08	3.14	3.19	3.76	8.35	4.6	5.2	5.31	4.59	4.34	4.37±1.49
1975	2.59	2.61	2.82	2.53	1.75	1.75	4.53	5.19	6.25	172.15	9.84	2.98	17.92±48.63
1976	2.89	2.92	2.96	2.52	2.53	3.35	3.47	9.84	86.91	16.63	4.25	4.69	11.91±23.98
1977	4.1	3.2	3.52	3.36	3	4.73	11.38	80.95	24.05	60.39	6.65	4.36	17.47±25.92
1978	3.49	3.56	3.35	3.47	5.57	34.54	41.92	37.41	144.59	218.09	58.39	6.6	46.75±67.51
1979	4.62	4.41	4.06	4.11	1.64	2.63	5.79	4.79	109.12	175.83	7.73	3.42	27.35±55.65
1980	3.33	3.41	3.48	3.2	4.07	3.76	3.92	3.04	99	47.37	51.65	4.85	19.25±30.73
1981	3.51	3.03	3.28	3.28	3.04	3.86	5.15	6.87	55.01	91.25	12.38	3.44	16.17±27.83
1982	3.14	2.89	3.18	2.63	3.35	3.1	3.11	6.55	128.98	69.76	117.87	4.46	29.08±48.03
1983	4.56	4.7	4.48	4.57	4.31	4.76	5.62	10.59	6.77	10.27	5.27	4.68	5.88±2.23
1984	4.34	4.4	4.25	4.45	35.36	55.9	4.4	38.13	117.68	36.17	3.3	3.25	25.97±34.39
1985	4.45	4.03	4.47	4.64	4.46	4.22	12.95	7.18	40.63	18.11	4.67	4.85	9.55±10.72
1986	6.08	4.22	3.99	4.14	4.24	5.31	4.49	7.32	25.73	4.37	4.43	4.5	6.57±6.11
1992	3.32	3.37	4.6	3.83	4.08	6.73	7.48	11.95	19.71	107	104.7	23.87	25.05±38.32
1993	6.24	5.68	8.32	3.73	9.71	6.83	7.75	11.54	11.54	20.19	5.09	9.1	8.81±4.33
1994	3.14	2.62	4.94	3.57	5.2	8.07	17.75	9.47	8.65	3.14	4.06	2.99	6.13±4.36
1995	4.95	6.77	7.6	4.38	7.6	4.38	22.71	26.71	107.45	94.21	18.2	4.13	25.76±36.01
1996	5.13	7.85	9.67	4.3	3.52	13.71	11.35	46.35	19.61	21.48	11.52	10.42	13.74±11.67
1999	13.31	13.65	11.67	12.79	9.19	9.24	13.66	11.95	24.76	41.73	27.83	8.6	16.53±9.94

2000	9.96	12.57	12	11.89	10.74	13.15	11.98	18.04	69.6	92.28	25.86	10.63	24.89±26.98
2001	3.92	4.28	4.63	5.21	5.98	7.8	6.97	12.58	8.45	9.07	7.84	5.9	6.88±2.46
2002	7.29	4.35	2.19	4.23	3.26	5.23	10.8	15.44	443.91	587.61	47.14	13.2	95.39±199.10
2003	2.8	5.1	4.81	4.98	5.83	4.76	4.1	17.19	23.32	12.9	2.05	0.09	7.33±6.88
2004	6.6	5.07	4.99	7.64	5.72	7.2	33.84	54.22	46.25	30.81	14.39	9.59	18.86±17.69
2005	3.5	3.5	14.53	7.65	6.58	68.25	42.25	53.89	57.97	199.31	61.35	18.52	44.77±54.62
2006	6.83	6.32	6.39	6.65	7.68	8.31	16.68	26.19	41.4	56.5	20.51	10.19	17.80±16.21
2007	20.55	20.42	15.48	6.57	21.1	22.87	13.41	15.2	29.35	141.89	119.83	26.71	37.78±44.15
2008	7.76	7.32	6.42	7.94	3.02	9.55	16.68	7.22	7.53	66.47	21.44	4.68	13.83±17.34
2009	7.43	6.41	6.36	5.92	2.7	2.78	3.9	6.44	14.81	41.6	68.46	21.59	15.70±19.97
2010	6.67	4.11	4.42	5.75	5.21	6.94	36.53	28.5	80.2	39.33	25.66	10.93	21.19±22.77
2011	3.27	2.71	2.79	2.79	4.17	5.78	16.23	25.43	23.53	27.46	11.15	4.9	10.85±9.71
Prom.	5.33 ±3.44	5.16 ±3.61	5.43 ±3.34	4.81 ±2.36	5.94 ±6.14	10.02 ±14.29	12.07 ±10.82	18.24 ±17.72	55.57 ±77.48	74.87 ±105.43	25.57 ±32.53	7.52 ±6.22	

Nota: Los promedios mensuales históricos y anuales están seguidos de la desviación estándar. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA.

Anexo 6.4. Caudal de la Estación Hidrométrica del Rio Mamantel (m³/s) durante el periodo 1992-2012.

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1992	0.96	0.82	0.63	0.45	0.44	1.64	1.20	3.74	9.36	1.12	3.29	4.37	2.34±2.59
1993	1.82	1.14	0.86	0.72	0.66	0.67	0.79	1.09	1.84	0.75	2.63	0.73	1.14±0.63
1994	0.94	0.72	0.54	0.39	0.38	0.46	0.50	2.14	7.86	2.62	0.95	0.86	1.53±2.11
1995	0.63	0.50	0.29	0.26	0.20	0.30	3.28	1.25	4.85	3.17	4.27	2.32	1.78±1.72
1996	1.75	1.16	0.95	0.83	0.73	4.62	1.08	4.46	2.33	3.42	1.27	0.87	1.96±1.43
1997	0.82	1.02	0.68	0.48	0.49	0.43	0.50	4.98	7.14	2.91	1.51	0.89	1.82±2.14
1998	0.93	0.75	0.40	0.48	0.38	0.77	1.19	4.26	5.03	2.71	19.53	3.63	3.34±5.36
1999	1.41	1.06	0.59	0.66	0.38	1.38	1.96	2.89	10.49	10.66	7.42	2.57	3.46±3.82
2000	1.83	1.46	0.68	0.45	0.46	1.32	0.91	8.46	17.99	13.30	3.46	1.72	4.34±5.80
2001	1.20	1.47	0.94	0.50	0.57	1.60	3.38	1.89	2.14	2.65	2.72	1.05	1.67±0.91
2002	0.97	1.01	0.65	0.41	0.47	1.75	0.79	1.05	17.42	9.34	1.25	1.08	3.02±5.15
2003	0.81	0.54	0.45	0.38	0.31	1.36	2.51	13.47	4.76	5.56	3.15	2.05	2.95±3.75
2004	1.78	1.27	0.94	0.63	1.56	0.56	0.93	0.75	1.23	4.03	0.90	0.62	1.27±0.95
2005	0.50	0.44	0.28	0.32	0.28	6.16	7.49	6.53	6.84	15.88	3.22	1.74	4.14±4.71
2006	1.34	1.14	0.71	0.52	0.47	2.79	5.93	4.57	7.24	15.27	6.30	3.26	4.13±4.26
2007	1.91	3.50	1.02	0.77	0.46	0.61	0.52	6.30	5.08	9.22	2.35	1.50	2.77±2.77
2008	1.57	0.95	0.98	0.57	0.50	1.88	1.46	2.91	3.94	15.80	2.20	1.90	2.89±4.18
2009	0.98	0.89	0.83	0.39	0.35	0.53	1.22	4.16	4.10	2.55	4.51	1.00	1.79±1.59
2010	0.82	0.68	0.53	0.38	0.35	4.00	3.64	5.93	11.90	5.30	34.79	1.34	5.81±9.74
2011	1.09	0.75	0.52	0.43	0.35	0.54	1.19	4.23	7.04	4.11	1.57	0.89	1.89±2.10
2012	0.58	0.45	0.40	0.24	0.27	2.21	1.01	27.38	2.83	4.13	1.01	0.82	3.44±7.63
Prom.	1.17 ±0.45	1.04 ±0.64	0.66 ±0.23	0.49 ±0.16	0.48 ±0.28	1.70 ±1.55	1.98 ±1.85	5.35 ±5.83	6.73 ±4.63	6.40 ±5.03	5.16 ±7.89	1.68 ±1.04	

Nota: Los promedios mensuales históricos y anuales están seguidos de la desviación estándar. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA.

Anexo 6.5. Caudal de la Estación Hidrométrica del Río Candelaria (m³/s) durante el periodo 1954-2006.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1954	37.61	25.54	21.80	22.17	26.43	36.67	58.31	46.42	91.02	211.35	166.20	80.24	68.65+61.12
1955	44.11	32.22	24.94	21.21	19.01	18.31	19.51	20.30	58.79	184.71	241.85	160.65	70.47+78.53
1956	87.06	51.06	35.40	26.36	23.62	38.83	42.49	48.03	57.49	222.23	177.98	81.42	74.33+62.53
1957	53.12	37.28	31.00	25.18	22.05	24.24	30.03	36.75	88.77	115.23	69.96	43.50	48.09+29.11
1958	31.61	23.49	21.63	19.33	21.16	63.16	74.79	58.84	51.24	60.96	45.78	41.83	42.82+19.24
1959	43.19	32.06	26.06	23.77	25.15	31.00	25.42	28.97	31.12	37.91	52.62	40.24	33.13+8.75
1960	28.16	24.29	20.75	19.78	20.81	24.39	32.75	40.42	54.86	83.52	63.74	50.15	38.64+20.43
1961	37.06	30.37	26.81	23.65	21.14	21.32	28.25	41.90	38.08	39.28	59.51	36.46	33.65+10.88
1962	31.96	22.54	19.69	16.83	16.54	13.72	13.83	14.59	18.41	32.15	30.54	19.89	20.89+6.94
1963	17.06	16.49	15.69	14.51	14.07	12.18	12.15	27.09	106.06	309.21	321.26	108.11	81.16+114.80
1964	61.22	43.10	35.97	25.15	24.02	27.06	34.05	28.60	31.26	35.11	32.96	38.98	34.79+10.05
1965	20.63	19.10	18.75	18.34	16.50	16.66	18.41	22.32	27.05	55.41	69.01	40.54	28.56+17.28
1966	26.97	21.17	20.78	18.72	19.64	21.39	26.04	25.03	43.58	61.76	79.32	43.74	34.01+19.41
1967	33.84	35.49	27.75	24.94	22.25	23.12	21.80	20.53	23.90	95.00	48.52	25.83	33.58+20.91
1968	22.37	18.50	18.31	17.55	15.84	20.31	20.15	49.48	67.26	100.34	145.24	70.93	47.19+41.56
1969	41.24	26.12	19.93	21.30	21.87	21.73	30.43	36.86	93.84	115.47	72.42	46.89	45.68+31.65
1970	33.01	27.25	22.96	19.91	19.16	21.89	22.91	46.72	70.91	86.31	73.40	29.19	39.47+24.00
1971	20.01	16.12	15.50	16.34	15.78	14.89	15.15	17.61	29.40	19.99	14.15	13.32	17.36+4.32
1972	12.51	12.56	10.05	10.51	10.39	23.90	33.02	42.97	60.84	66.88	54.81	47.94	32.20+21.70
1973	40.37	19.79	15.03	15.49	15.17	15.16	14.67	40.11	132.29	131.64	91.76	55.94	48.95+45.12
1974	30.51	20.78	16.80	15.72	15.42	15.87	16.79	36.35	50.70	93.49	47.99	18.42	31.57+23.31
1975	15.53	12.88	19.06	8.71	8.73	11.08	10.18	21.88	52.97	143.69	96.34	43.93	37.08+42.42
1976	21.25	13.52	15.37	15.54	17.09	24.27	40.61	33.96	79.28	62.00	39.25	43.43	33.80+20.55
1977	29.41	21.68	24.18	17.70	10.57	16.62	19.56	23.84	27.64	37.84	25.03	17.89	22.66+7.08
1978	15.53	12.52	12.52	10.43	12.74	19.89	35.53	29.67	71.05	121.40	106.60	76.25	43.68+39.81
1979	51.93	32.43	25.55	21.12	19.96	19.88	39.60	46.32	68.58	174.34	172.79	116.75	65.77+57.23
1980	73.71	45.10	34.48	27.04	24.25	31.94	40.87	45.27	94.22	174.95	140.61	186.96	76.62+59.15
1981	51.57	45.57	38.72	28.84	22.37	86.17	115.68	122.39	189.94	120.93	106.76	73.29	83.52+49.65
1983	62.83	47.78	35.98	32.36	29.10	26.16	29.27	34.06	58.26	72.03	115.06	64.62	50.63+25.87
1992	37.08	27.13	29.53	30.89	29.83	29.63	47.79	73.59	170.98	342.00	278.38	217.60	109.54+113.00
1993	104.76	49.95	40.16	26.67	20.26	24.41	29.98	43.14	63.01	113.88	124.96	81.68	60.24+37.22
1994	44.64	36.05	31.95	25.96	22.51	20.15	18.65	30.11	103.41	144.60	55.76	42.33	48.01+38.14
1995	25.13	17.91	18.79	17.79	17.73	20.30	29.18	57.82	84.60	586.77	372.74	155.23	117+180.09
1996	91.38	50.78	32.31	29.06	50.55	32.58	56.48	74.95	77.87	73.04	66.70	45.63	56.78+20.20
1997	33.54	33.79	26.28	16.43	14.63	14.01	23.91	39.75	70.00	78.47	54.66	120.15	43.80+31.98
1998	56.99	30.27	21.62	20.00	19.15	19.16	26.10	63.92	106.91	109.54	193.22	96.41	63.61+53.97
1999	48.41	33.67	25.50	22.49	20.05	28.54	41.48	47.48	96.51	129.99	144.49	83.60	60.18+43.10
2000	41.75	27.93	23.94	25.25	22.73	28.66	26.06	42.29	124.85	289.14	175.82	85.11	76.13+82.76
2001	30.45	35.23	28.14	23.57	23.72	29.50	26.16	33.33	29.30	50.99	74.73	35.92	35.09+14.47
2002	27.30	32.44	27.24	18.13	14.94	16.46	16.29	16.55	70.93	244.30	102.07	41.40	52.34+65.97
2003	25.81	23.86	20.80	19.65	18.57	26.88	28.27	59.34	93.14	64.02	50.32	42.35	39.42+23.15
2004	38.73	37.36	29.12	27.77	34.41	34.10	29.13	28.69	29.52	46.57	35.37	27.28	33.17+5.76
2005	21.31	19.18	18.62	13.97	13.10	44.13	74.09	64.92	84.21	84.48	81.13	49.70	47.40+29.39
2006	41.30	37.50	35.88	34.46	34.16	68.19	91.80	85.25	91.95	100.33	89.67	66.60	64.76+26.58
Prom.	39.64 ±20.32	29.09 ±10.92	24.58 ±7.36	21.15 ±5.84	20.62 ±7.30	26.78 ±14.68	33.81 ±21.34	42.01 ±20.53	71.95 ±37.11	125.53 ±103.85	105.94 ±79.06	66.10 ±45.26	

Nota: Los promedios mensuales históricos y anuales están seguidos de la desviación estándar. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA.

Anexo 6.6. Metodología de elaboración de mapas históricos de precipitación y temperatura.

Para el análisis de la información de precipitación y temperatura se tomó en cuenta un total de 85 estaciones meteorológicas distribuidas de la siguiente manera: 18 en el estado de Quintana Roo, 29 en Campeche y 38 en Yucatán. La selección de las estaciones se basó en la confiabilidad de la información y los criterios de selección fueron que las estaciones tengan al menos el 80% de los datos de los últimos 30 años.

Depuración de bases de datos

Se abrió la tabla de datos, y en el apartado de opciones se capturó el factor multiplicativo, luego se determinó el intervalo, el coeficiente de Pearson. A continuación el programa indicó cuantos datos anómalos (*outliers*) temporales fueron encontrados y generó un reporte, con tres columnas: la primera indicando los datos anómalos temporales, la segunda los meses donde fueron halladas las temperaturas de la columna anterior y la tercera el año que corresponde a los meses mostrados en la segunda columna. Se exportó el resultado del análisis a un archivo de Excel.

Posteriormente para identificar los datos anómalos espaciales, se abrieron, como mínimo, tres tablas de estaciones vecinas con datos de la variable a estudiar, el programa Out-detect (Escobedo, 2007), realizó el análisis y se generó un archivo de Excel con los datos detectados, los cuales no fueron considerados para el análisis.

Interpolación

La interpolación de los datos se realizó mediante métodos geoestadísticos usando análisis de semivariograma, kriging, y autocorrelación. Para lograr un mejor ajuste, el semivariograma se sustituyó por el modelo esférico. Posteriormente se realizó el proceso de validación cruzada para corroborar la eficiencia del modelo, esta tendencia geográfica se estimó usando el software Gs+ GeoStatistics for the Environmental Sciences versión 5.1.1. Se optó por el método de Kriging debido a que a este le corresponden las mejores estimaciones de variables en sitios no muestreados (Cristóbal-Acevedo *et al.*, 1996; Mulla y McBratney ,2000). Los resultados se guardaron como archivos ascii.

Elaboración de mapas

En el programa ArcGIS V.11 se convirtió el archivo ascii de interpolación de los datos generado en GS+ a formato raster (Conversion tools/ To raster/ ascii to raster), se definió la proyección del raster (Data management/Projections and transformations/Define projections/geográficas).

Posteriormente se cambió la proyección de la imagen raster a Cónica Conforme de Lambert (Data management/Projections and transformation/Raster/Project Raster). Se definió como sistema de coordenadas del raster de entrada GCS_WGS84. Se definió la proyección de salida como Cónica Conforme de Lambert. Se definió en Raster Analysis como máscara el vector de la Península proyectado a Lambert y se cambió el tamaño de pixel a 50. Para dar formato se seleccionan los colores de la paleta de colores.

Finalmente se recortó el raster con los límites de la Península con la extensión de Análisis espacial (Extraction, extract by mask). Tanto el archivo raster, como el archivo vector que sirvió como máscara estuvieron en el mismo sistema de coordenadas (CCL). Los mapas se exportaron a una hoja de salida (plantilla) predefinida.

Referencias

Cristóbal-Acevedo D, Palacios-Vélez O y Ruiz-Figueroa F (1996). Comparación de métodos de interpolación en variables hídricas del suelo. *Agrociencia* 30: 329-343.

Escobedo G (2007). Out-Detect, aplicación para la identificación de outliers espaciales y temporales. *Prácticas profesionales*. CICY.

Mulla DJ and McBratney AB (2000). Soil spatial variability. pp. A321-A352. In: M. E. Sumner (ed.). *Handbook of soil science*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.

Robertson GP (2008). *GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences*. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan USA.

CAPÍTULO 7. EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA DEMANDA DE AGUA DURANTE LOS PERIODOS DE SEQUÍA

7.1 Introducción

La Península de Yucatán a diferencia del resto del país cuenta con reservas de agua ya que el tipo de suelo calcáreo permite la filtración del agua al subsuelo, sin embargo el acuífero es de tipo costero, cuyo bombeo y subsecuente alteración de condiciones naturales puede producir una reducción del flujo de agua dulce hacia el mar y como consecuencia el avance tierra adentro de la intrusión salina (CONAGUA, 2011d). Las sales del agua pueden acumularse en el suelo y con ello afectar la disponibilidad de agua para ciertos sectores, como el agropecuario (IMTA, 2011). De acuerdo al Atlas del Agua en México, en su edición 2011 existe un marcado contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad de agua en la zona sur-sureste del país, en donde solamente habita el 23.1% de la población, y ocurre el 68.26% del agua renovable (CONAGUA, 2011b).

La información que se incluye en este reporte es sobre la disponibilidad del recurso agua en los diferentes sectores, para su elaboración se analizó la información generada por la CONAGUA, publicada en los anuarios estadísticos del agua a partir del año 2000 al 2010, adicionalmente se incluyó información que fue proporcionada directamente por la institución.

Para el apartado sobre la demanda per cápita por sectores se utilizaron las bases de datos generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a través de las encuestas nacionales de ocupación y empleo pertenecientes a los años 2000 y 2010 para conocer la población económicamente activa por sector y los datos de la extracción de agua que realiza cada uno de los sectores productivos (agropecuario, abastecimiento público e industrial).

Finalmente en el apartado sobre los periodos de máxima demanda se obtuvo poca información al respecto, abarcando únicamente la demanda mensual del municipio de Cancún.

7.2 Antecedentes

El agua, además de ser consumida para la subsistencia de las poblaciones, se utiliza también, en todas las actividades humanas relacionadas con la producción de bienes o servicios. Los usos del agua en México se dividen en consuntivos y no consuntivos. Los usos consuntivos son aquellos donde el agua es transportada a su lugar de uso y la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de agua o fuente de origen (como por ejemplo el agua destinada para el abastecimiento público); los usos no consuntivos son aquellos donde el agua se utiliza en el mismo cuerpo de agua o con

un desvío mínimo, por ejemplo el agua usada por las plantas hidroeléctricas (CONAGUA, 2003).

Los diferentes usos que establece la CONAGUA están definidos en el artículo 3 de Ley de Aguas Nacionales y son los siguientes:

“El uso **agrícola** es la aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial. Se define el uso **agropecuario** como la aplicación de aguas nacionales para la cría o engorda de ganado, aves de corral u otros animales y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprenda la transformación industrial, no incluye el riego de pastizales. La **acuacultura** es la aplicación de aguas nacionales para el cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas. Para el uso **industrial** se define por el consumo de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños, y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias, y el agua que aun estando en vapor, sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación. El uso **público urbano** es la aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal” (DOF, 2013d).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del Registro Público de Derechos del Agua (REDPA) registra los títulos de concesión o asignación de las aguas nacionales y agrupa los diferentes usos en cinco grupos, los cuatro primeros correspondientes a los usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y el último considerado de uso no consuntivo, el hidroeléctrico.

El número de concesiones de aguas superficiales y subterráneas otorgadas en la Península de Yucatán, hasta mayo del 2013, es de 246 y 28,863, respectivamente, lo que representa el 0.20% y 11% con respecto a las concesiones otorgadas a nivel nacional (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Títulos concesionados por la CONAGUA de aguas superficiales y subterráneas hasta mayo del 2013.

	Títulos concesionados aguas superficiales	Títulos concesionados aguas subterráneas
Nacional	119,977	262,609
Península de Yucatán	246	28,863

Fuente: Registro Público de Derechos del Agua (REDPA)-CONAGUA.

La demanda de agua se define como el volumen de agua necesaria para el desarrollo de toda actividad humana que necesita un consumo de agua para su realización y el uso de agua se define como el volumen de agua realmente utilizado en el desarrollo de dichas actividades (Ekolur, 2006).

En la Península de Yucatán el mayor abastecimiento de agua se realiza a través de pozos excavados de los cuales se extraen pequeños caudales (entre 1 y 5 litros por segundo) principalmente para usos agrícola, doméstico y abrevadero. En menor número se extrae el agua mediante pozos a profundidades entre 40 y 100 metros, éstos suministran aproximadamente 50 litros por segundo en promedio a los principales núcleos de la población (Seijo, 2005). Este aprovechamiento que se realiza en la región, es porque existen reservas de agua subterránea por el tipo de suelo delgado y altamente permeable, lo cual permite que el agua de lluvia se infiltre rápidamente y la evaporación sea alta (Velázquez, 2006). Se ha estimado que del 100% de la precipitación que cae en la región, 80-90% se infiltra y el 10% se evapora en la superficie; el 70% del agua infiltrada se evapotranspira y el 20% recarga el acuífero (IMTA, 2011).

7.3 Demanda total de agua por sector con el fin de medir la respuesta a la sequía general por parte de los distintos usuarios

Resulta difícil cuantificar con exactitud la totalidad del agua que se emplea en la Península de Yucatán, no se puede calcular de manera precisa porque no se tienen los registros de todas las extracciones que se realizan, debido a que la perforación de pozos es relativamente fácil y existen muchos pozos no registrados. Por lo tanto debe tenerse en consideración que los datos del uso del agua obtenidos de los registros oficiales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) representan solo una aproximación al uso real de los sectores. Por lo anterior, se asume que el uso del recurso hídrico en la Península de Yucatán se encuentra por encima de la demanda.

Se analizaron los volúmenes concesionados para los usos consuntivos de la región hidrológico-administrativa Península de Yucatán para los años del 2000 al 2012. La información se agrupó en tres categorías: 1) Agropecuario que incluye los sectores agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros; 2) Abastecimiento público que

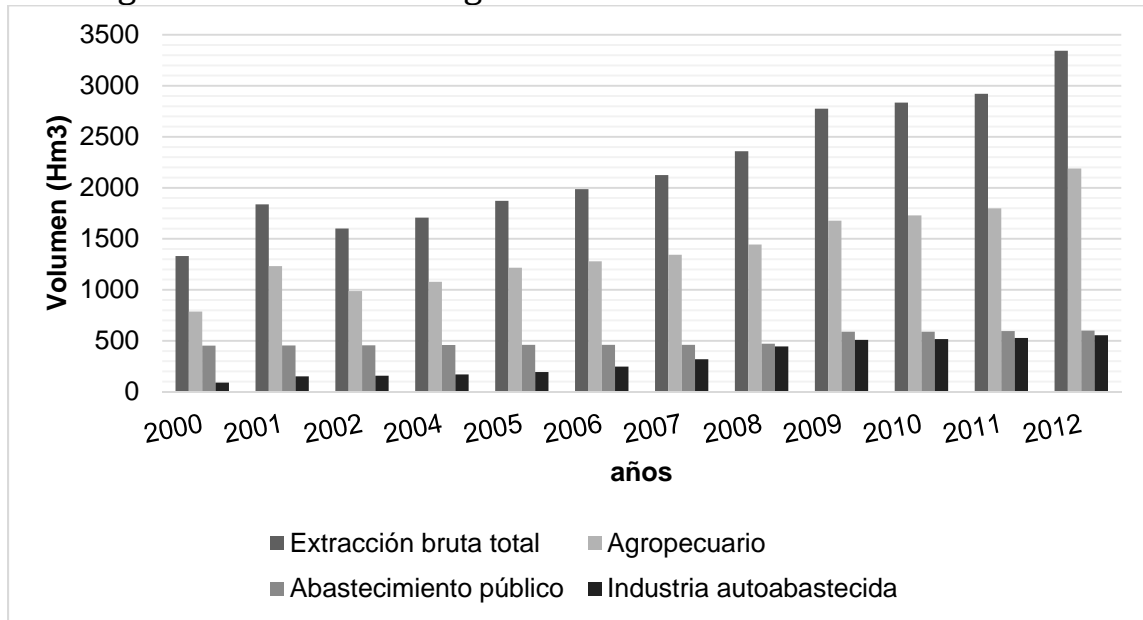
incorpora los sectores público urbano y doméstico; 3) El industrial que abarca los sectores de la agroindustria, servicios, comercio y termoeléctricas.

La categoría agropecuario es la que usa los mayores volúmenes de agua, siendo la actividad agrícola el sector con mayor consumo hídrico principalmente para el riego de cultivos. En la Península de Yucatán existen dos distritos de riego agrícola (048-Ticul y 102-Río Hondo) los cuales abastecen a 9 municipios, cubriendo una superficie de 17,143 hectáreas y beneficiando a un total de 6,066 usuarios (IMTA, 2011). En la Figura 1 se observa que en el año 2000 el uso del recurso hídrico fue poco más de los 750 hm³ triplicándose para el 2012 (2,189 hm³). De igual manera se observa que los años en los que se da un incremento en el uso del agua en esta categoría fue del 2000 al 2001 con un 36% y del 2011 al 2012 con un 18%. Los sectores múltiples y pecuarios ocupan el segundo lugar respecto al consumo del recurso; sin embargo el mayor porcentaje del sector múltiple está destinado para usos del agua mixtos de los sectores agrícola y pecuario.

La categoría abastecimiento público toma en cuenta la totalidad del agua entregada a través de las redes de agua potable que abastecen a los domicilios particulares y servicios conectados a dichas redes (CONAGUA, 2011d). El sector público urbano tiene un mayor volumen de uso hídrico anual en comparación con el sector doméstico. En la Figura 1 se detalla que esta categoría no tiene mucha modificación entre los años 2000 y 2008, sin embargo en el 2009 se incrementa un 20%. Ahora bien, el análisis de los dos sectores que comprende esta categoría (doméstico y público urbano) entre los años 2000 y 2012 tiene un incremento de uso del 47% y 25% respectivamente.

La industria para el estado de Campeche comprende la manufactura, el petróleo y gas, construcción y agroindustria, a su vez en Quintana Roo está representada por la industria cañera, el comercio, restaurantes, hotelería y construcción, finalmente para Yucatán se integra por la manufacturera, comercio, servicios inmobiliarios así como restaurantes y hotelería. Dentro la categoría industrial el sector con mayor demanda es el de servicios. Los principales incrementos se dieron del año 2007 al 2008 con un 29%. Y del 2008 al 2009 que incrementó en un 13%.

Figura 7.1. Volumen de agua utilizada en la Península de Yucatán.



Nota: La categoría agrícola incluye a los sectores agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros. Abastecimiento público que incorpora los sectores público urbano y doméstico. La categoría industrial abarca la agroindustria, servicios, comercio y termoeléctricas. Fuente: Elaboración propia con datos de la publicación Estadísticas del Agua en México, ediciones del 2004-2011 e información proporcionada por el área técnica regional de la CONAGUA.

En la Península de Yucatán, el sector agropecuario consume de 3 a 4 veces más agua que los sectores público o industrial (Tabla 7.2). La principal fuente de agua para los diferentes usos es la subterránea, la cual contribuye con el 97%, mientras que las fuentes superficiales solo contribuyen el 3%.

Tabla 7.2. Usos del agua de la Península de Yucatán (hm³/año).

Sector	Superficial	Volumen total
	Año	
Agropecuario	2001	1232.0
	2002	988.0
	2003	ND
	2004	1078.0
	2005	1 270.0
	2006	1279.8
	2007	1343.4
	2008	1443.3
	2009	1678.4
	2010	1728.8
Abastecimiento público	2001	434.0
	2002	456.0
	2003	ND
	2004	459.0
	2005	460.2
	2006	460.4
	2007	461.1
	2008	471.0
	2009	588.6
	2010	589.5
Industrial	2001	160.8
	2002	157.0
	2003	ND
	2004	171.0
	2005	194.3
	2006	247.0
	2007	319.8
	2008	444.5
	2009	509.1
	2010	516.5

Fuente: Elaboración propia con datos de la publicación Estadísticas del Agua en México, ediciones del 2003-2012. CONAGUA.

7.4 Demanda de agua per cápita por sector

Anualmente México capta 1,489 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, de la cual el 73.1% se evapotranspira, el 21.1% escurre por los ríos y arroyos y el 4.8% se infiltra al subsuelo (IMTA, 2011). Actualmente la disponibilidad natural media per cápita de agua a nivel nacional es de 4,090 m³/hab/año, situación que es considerada crítica ya que la disponibilidad hace 60 años era de 18,035 m³/hab/año (CONAGUA, 2012a). La disponibilidad natural media de agua per cápita para la Península de Yucatán fue aproximadamente de 7138 m³/hab/año para el año 2010 (Tabla 7.3).

Tabla 7.3. Disponibilidad media per cápita para la región hidrológica-administrativa Península de Yucatán.

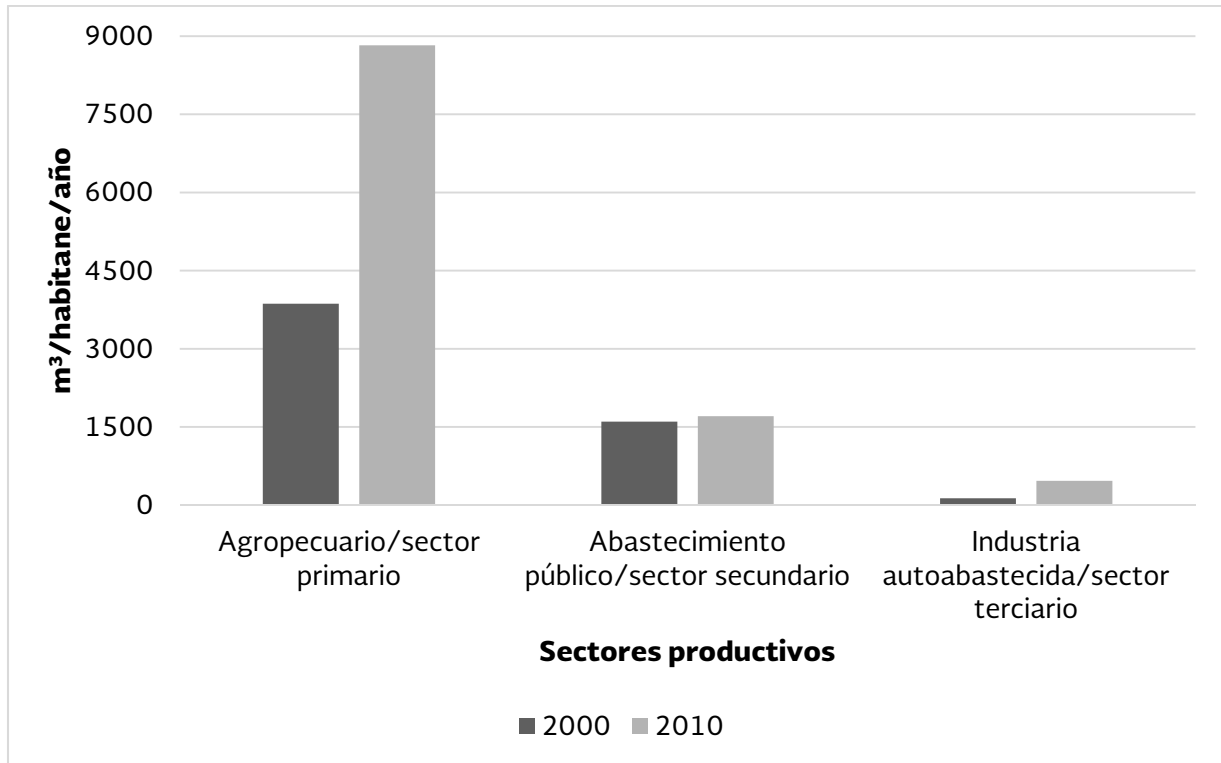
Región/año	Disponibilidad natural media total (mil. m ³ /año)	Población a diciembre (millones habitantes)	Disponibilidad natural media per cápita (m ³ /hab/año)	Escorrentamiento natural medio superficial total (mil. m ³ /año)	Recarga media total de acuíferos (mil. m ³ /año)
Península de Yucatán (2009)	29,645	4.06	7,294	4,330	25,316
Península de Yucatán (2010)	29,596	4.15	7,138	4,280	25,316

Fuente: Elaboración propia, datos del Atlas del agua en México, 2012.

La demanda per cápita por sector es difícil de evaluar ya que no se cuenta con datos anuales históricos de cuántas personas existen por sector, ya que esta información solo se recopila cada 10 años, a través de las encuestas nacionales de ocupación y empleo y de los censos generales de población y vivienda. Para calcular la demanda per cápita por sector se emplearon los datos de la extracción de agua que realiza cada uno de los sectores productivos (agropecuario, abastecimiento público e industrial) y se dividió entre datos de la población económicamente activa por sector productivo.

La mayor demanda per cápita por sector se presenta en el sector primario; para el 2000 había un consumo de 3,865 m³/hab/año y en el 2010 aumentó un 56% alcanzando los 8,800 m³/hab/año. El sector secundario únicamente incrementó su consumo del recurso hídrico en un 6%, siendo para el 2000 1,602 m³/hab/año y para el 2010 1,705 m³/hab/año. Por el contrario el sector terciario presenta un incremento del 72%, aunque sus volúmenes son muy inferiores a los de los otros dos sectores (Figura 7.2).

Figura 7.2. Uso del agua per cápita por sector productivo en la Península de Yucatán.

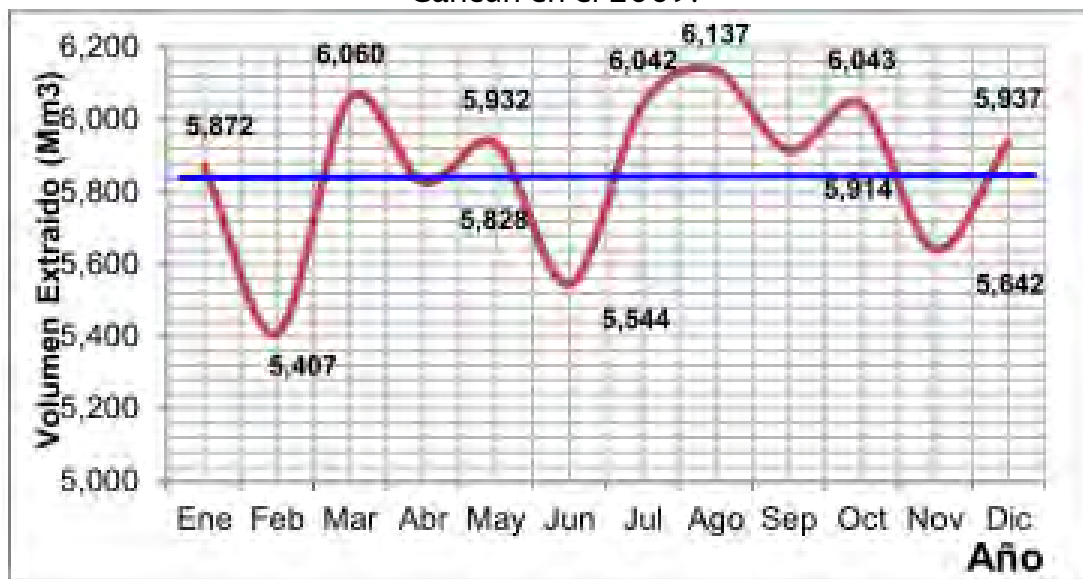


Fuente: Elaboración propia, datos del INEGI de los censos 2000 y 2010a y de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, (INEGI, 2010b).

7.5 Periodos de máxima demanda (horaria diaria y mensual)

Los únicos datos disponibles sobre los periodos de máxima demanda mensual para la Península de Yucatán son para el municipio de Cancún, Quintana Roo. En este municipio se evaluó la fluctuación mensual de la demanda de agua a lo largo del año 2009. Se observó que el volumen total extraído para la zona hotelera fue de 72,144 hm³ que equivale a un gasto medio anual de 2,286 litros por segundo. Los meses con mayor consumo resultaron ser marzo, julio, agosto y octubre, lo que coincide con los periodos vacacionales de semana santa y verano. En octubre se incrementa el consumo debido al arribo de turismo internacional (Figura 7.3) (IMTA, 2011).

Figura 7.3. Distribución del volumen mensual extraído para abastecer la ciudad de Cancún en el 2009.



Fuente: Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán. IMTA, 2011.

7.6 Análisis global de la información recopilada y generada

En México, similar a lo que pasa en muchos países del mundo, el problema de escasez del agua se ha ido agravando en las décadas recientes, al grado que las demandas por el recurso surgen a tasas crecientes, esto se debe al incremento poblacional del país, la cual se ha cuadruplicado en los últimos 55 años y al uso ineficiente del agua en todas las actividades, como por ejemplo el riego del sector agrícola o en el uso doméstico. El país presenta un desequilibrio entre la disponibilidad del agua y su demanda, ya que a lo largo del país existen estados donde se utiliza un bajo porcentaje del agua total disponible y en otros, se utiliza más del 100% (CONAGUA, 2011d). A nivel nacional, el mayor incremento poblacional y económico se ha dado en zonas con menor disponibilidad de agua, por ejemplo en la región norte y centro del país donde se concentra el 77% de la población únicamente hay un 31% de la disponibilidad nacional, en contraste, en la región sureste donde habita el 23% de la población hay una disponibilidad nacional del recurso del 69% (CONAGUA, 2008a).

Para la Península de Yucatán la disponibilidad natural media per cápita del recurso para el 2010 está estimada en 7 138 (m³ /hab/año) sin embargo dicha disponibilidad sufrirá un decremento conforme aumente la población, considerando los incrementos poblacionales similares a lo observado en los últimos 10 años y consumiendo la misma cantidad de agua per cápita la disponibilidad media natural disminuirá en un 9% para el 2020 (IMTA, 2011).

El incremento del uso del agua que existe en los diferentes sectores que componen la categoría agropecuario (Figura 7.1), puede deberse al incremento de las perforación o habilitación de más pozos para la agricultura por parte de las autoridades federales y estatales (Graniel y García-Gil, 2013), sin embargo cabe destacar que del año 2001 al 2002 hubo una disminución del 5% en los sectores agrícola y múltiples. El uso en el sector agrícola en la Península es significativamente menor en comparación con el resto del país, ya que su producción representa únicamente el 1.1% de la producción total nacional (CONAGUA, 2011c). Dos de los principales problemas que presentan debido al uso del recurso hídrico por sector agrícola, son: 1) la demanda de grandes cantidades de agua para la producción y 2) existe un gran desperdicio del recurso porque muchos sistemas empleados para el riego poseen fugas o su eficiencia es baja; sin embargo no hay registros oficiales de dicho déficit.

El aumento en la categoría abastecimiento público se debe principalmente a la creciente poblacional que se ha dado en la Península lo cual conlleva una demanda exponencial de servicios públicos básicos como el suministro y tratamiento del agua, redes de drenaje, suministro de electricidad, etc. La presencia de pocos cuerpos de agua superficiales en la Península de Yucatán limita los usos destinados para el sector industrial, en específico para la generación de energía hidroeléctrica (IMTA, 2011).

Otra de las razones del incremento en el uso del agua en el sector primario entre los años 2000 y 2010 (Figura 7.2) puede deberse a un aumento en la producción de aves (carne y huevo) en el estado de Campeche el cual fue del 40%, y a un incremento del 16% en la apicultura para el estado de Yucatán (SIAP, 2011a).

El aumento del 70% en el uso del agua del sector terciario entre los años 2000 y 2010 puede atribuirse al incremento de la actividad turística y hotelera, principalmente en los estados de Quintana Roo y Yucatán, ya que se reconocen como atractivos turísticos nacional e internacional. Para Yucatán en el año 2000 se registraron 1, 332,128 turistas, (INEGI, 2001c); en el 2005: 1, 426,874 (INEGI, 2006c) y para el 2010: 1, 574, 932 (INEGI, 2011c). En el estado de Campeche, en el 2000 se registraron 992,417 turistas (INEGI, 2001a); para el 2005: 1,153, 966 (INEGI, 2006a) y para el 2010: 1, 212,580 (INEGI, 2011a). El mayor incremento se dio en Quintana Roo ya que en el año 2000 arribaron 5, 002,847 turistas (INEGI, 2001b); en el año 2005 6, 112,670 (INEGI, 2006b) y para el 2010: 8,606, 936 (INEGI, 2011b). Debido a que las actividades turísticas se polarizan en las zonas costeras de la Península de Yucatán, se ha ocasionado que el 70% de la población viva en el litoral, lo que aumentará en un futuro no muy lejano la presión hídrica que actualmente es considerada escasa para la región (CONAGUA, 2010).

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DE LA OFERTA

8.1 Antecedentes

Por la importancia del agua como un recurso que puede ser limitante para el desarrollo económico y social de los países, en los últimos años se han intensificado los estudios para cuantificar la disponibilidad del líquido.

Existen diversas formas para estimar la disponibilidad de agua de un país o región, pero la precisión y el realismo del valor calculado dependen mucho de la información con que se cuente. Una aproximación muy gruesa es la precipitación total. Es importante resaltar que las cifras que se reportan como agua disponible no sólo comprenden el líquido disponible para uso humano, sino también el necesario para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos (ríos y lagos) (CONAGUA, 2011a).

La disponibilidad del agua comúnmente se evalúa en términos del volumen de agua por habitante. Si consideramos la cifra de la proyección de población a nivel nacional para 2004 (105.9 millones de habitantes), la disponibilidad natural de agua para ese año fue de 4 482 m³ anuales por habitante, volumen que correspondió a una categoría de disponibilidad baja, cercana a los 5 000 m³ por habitante por año, que es el límite de disponibilidad media (SEMARNAT, 2005).

Para poner en contexto esta cifra, en México 1910 la disponibilidad promedio era de 31,000 m³ por habitante, para 1950 ya sólo era de un poco más de 18,000 m³ y en 1970 había caído por debajo de los 10,000 m³. Cabe señalar que esta reducción se explica fundamentalmente por el crecimiento de la población y no por una disminución de la cantidad de lluvia recibida por el país en esos años (SEMARNAT, 2005).

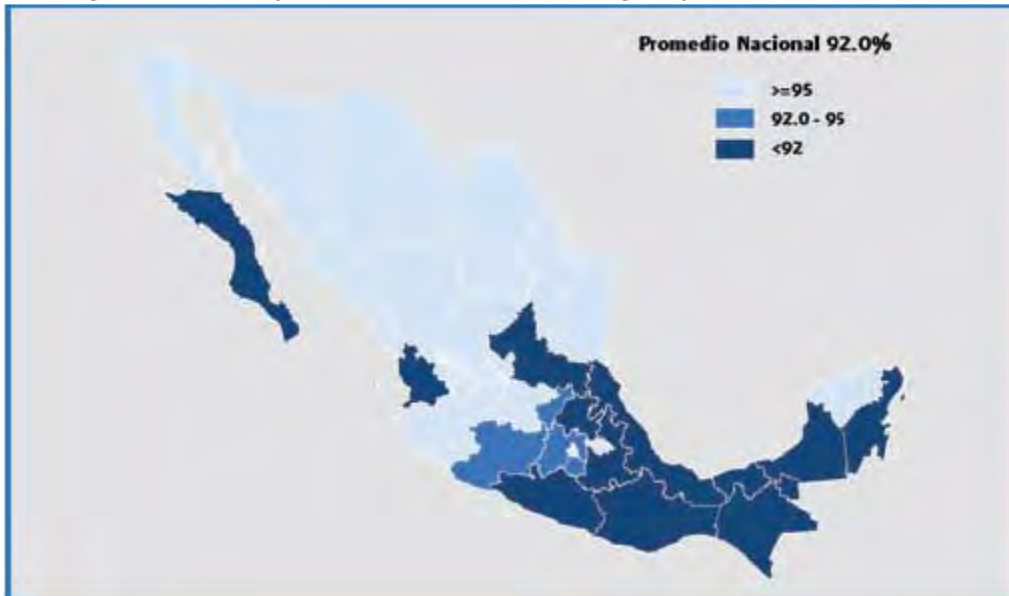
En un contexto mundial, la disponibilidad de agua por habitante en México en la actualidad es mucho menor que la de países como Canadá (91,567 m³/hab/año), Estados Unidos (8,906 m³/hab/año), Brasil (32,256 m³/hab/año) y en general toda América del Sur, y es ligeramente superior al promedio de los países europeos (PNUMA, 2002).

8.2 Estado y capacidad de producción de plantas potabilizadoras

Según datos de la CONAGUA (2012c), en la Península de Yucatán únicamente existen dos plantas potabilizadoras de agua, ambas del tipo “clarificación convencional” ubicadas en el estado de Campeche con una capacidad instalada de 25 litros por segundo (l/s) y un caudal potabilizado de 23 l/s. Una de las plantas potabilizadoras se encuentra en el municipio de Xpujil y es operada por el municipio; la segunda se encuentra en el municipio de Palizada y opera a partir de agua obtenida del río Palizada (CONAGUA, 2011a).

A nivel nacional destacan Aguascalientes, el D.F. y Coahuila con valores superiores al 98% de cobertura de agua potable, superando la media nacional que es de 92%. Los estados de Campeche y Quintana Roo se encuentran en el lugar 23 y 25 con el 90.6 y 88.9 respectivamente (CONAGUA, 2013b).

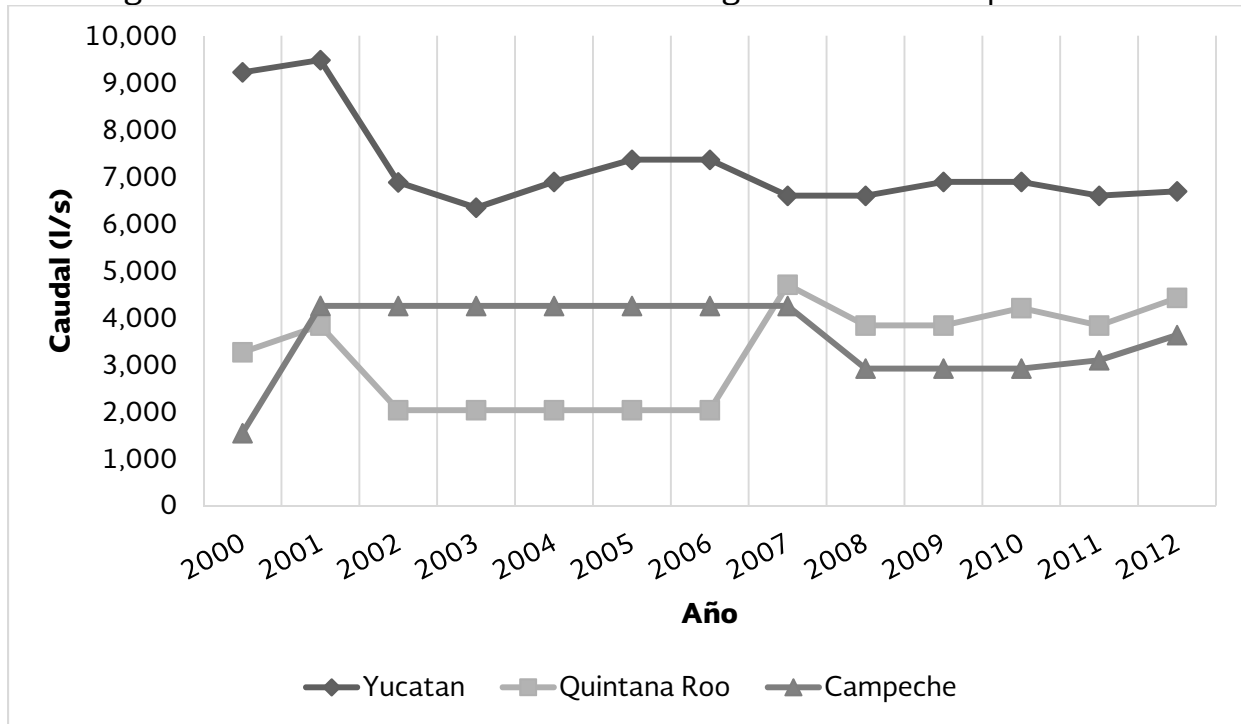
Figura 8.1. Mapa de la cobertura de agua potable en México.



Fuente: CONAGUA (2013b).

El estado de Campeche cuenta con un caudal suministrado para consumo humano de 3,628 l/s, de los cuales 3,606 l/s son desinfectados, representando el 99.4% de la cobertura. Para el estado de Quintana Roo el caudal suministrado es de 4,480 l/s, de los cuales 4,420 l/s son desinfectados, representando el 98.7% de la cobertura. Por último, el estado de Yucatán cuenta con un caudal de cobertura de 6,687 l/s, de los cuales 6,356 l/s son desinfectados, lo cual representa el 95% (CONAGUA, 2013b).

Figura 8.2. Evolución en el suministro de agua desinfectada por Estado.



Fuente: Modificado de SEMARNAT, 2012a.

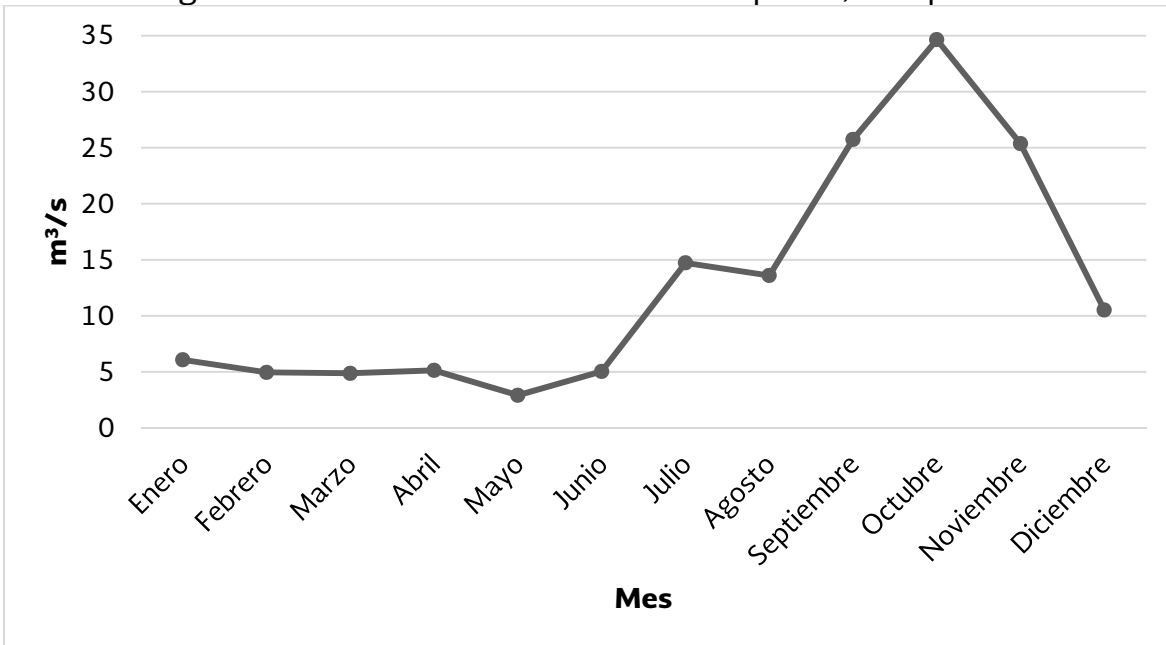
8.3 Volúmenes almacenados y extracciones

Según datos publicados por la CONAGUA (2012a) en el Atlas del Agua México, en la Península de Yucatán no existe ninguna presa para el almacenamiento. No obstante, existe aprovechamiento directo de cuerpos de agua superficiales, los principales ríos de la Península de Yucatán son el Candelaria, Champotón, Mamantel y Palizada, en el estado de Campeche, con un volumen de escurrimiento de 8740 m³/año (Bautista-Zúñiga, *et al.*, 2003).

De igual manera, existen cuerpos de agua salinos superficiales, producto de fallas y fracturas en bloque. El de mayor extensión es la Laguna de Bacalar localizada en el estado de Quintana Roo al Este y Norte de la Ciudad de Chetumal con una extensión de 30 kilómetros, además existen otros cuerpos de agua de menor tamaño como el Chanyoxche, Nohbec, Ocom, La Virtud, San Felipe y Paytoro.

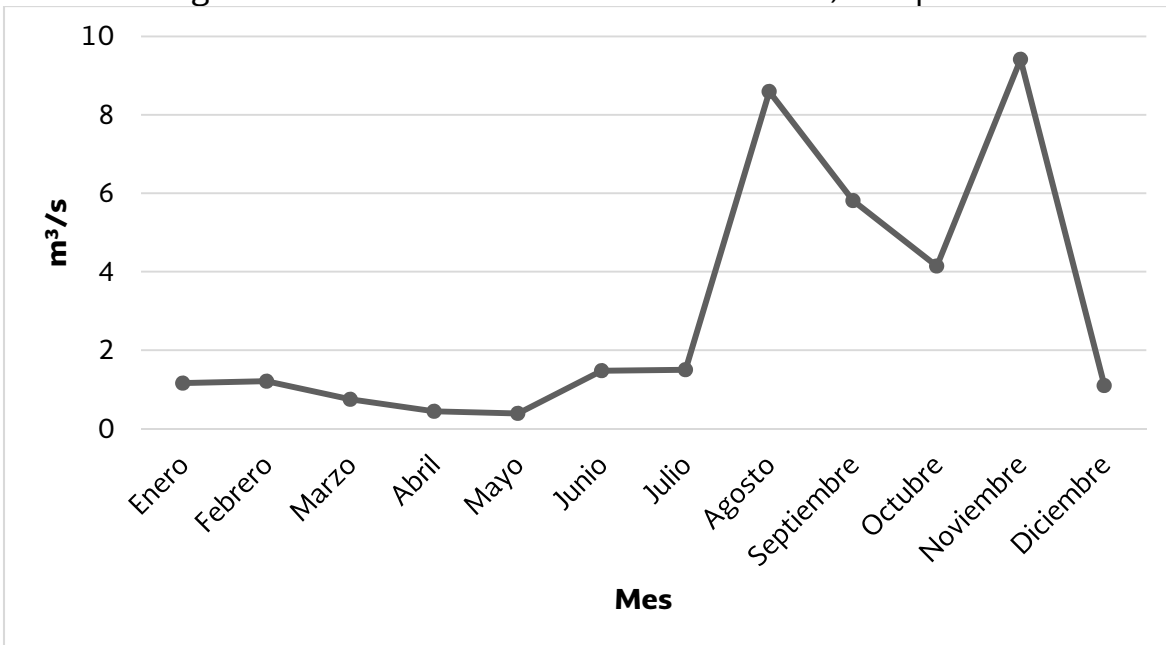
A continuación se presentan unas gráficas en la que se observa la variación en el gasto de tres de los principales ríos en el estado de Campeche: Champotón, Palizada y Mamantel. Los datos se obtuvieron del promedio del gasto mensual, durante el periodo comprendido entre 2008 y 2012.

Figura 8.3. Gasto medio anual Río Champotón, Campeche.



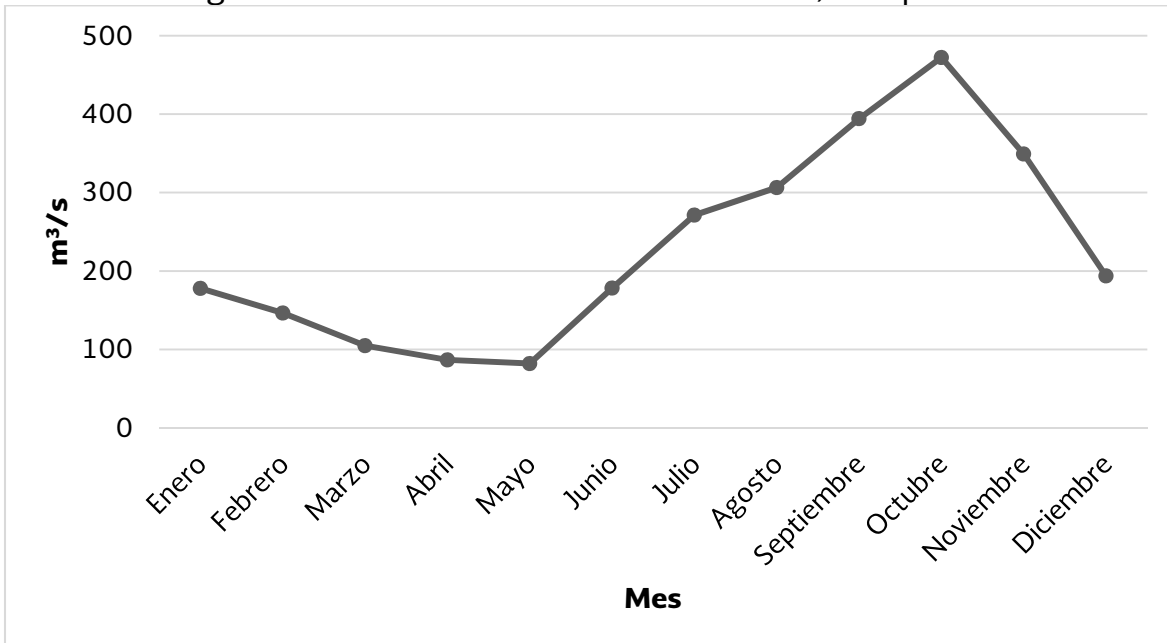
Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CONAGUA.

Figura 8.4. Gasto medio anual Río Mamantel, Campeche.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CONAGUA.

Figura 8.5. Gasto medio anual Río Palizada, Campeche.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CONAGUA.

En los tres casos se puede observar un comportamiento similar ya que durante la época de secas disminuye el gasto del río (m^3/s) y conforme va comenzando la temporada de lluvias durante los meses de julio-agosto, se incrementa gradualmente hasta llegar a su punto máximo en el mes de octubre, comenzando a disminuir durante el mes de noviembre.

8.4 Disponibilidad agua subterránea

Existen tres características que resultan fundamentales para la renovación del agua subterránea de la Península de Yucatán y propician que los escurrimientos sean nulos o de poco recorrido, la elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

La información existente y recabada acerca de las profundidades del nivel estático es escasa, debido a que no existe una red de pozos piloto con equipos especializados para determinar las medidas piezométricas que permitan conocer la evolución de los niveles del acuífero (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

Uno de los estudios realizados en este tema, fue hecho por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en 1984, el cual se basó en más de 1000 aprovechamientos censados en toda la Península de Yucatán. Basándonos en la información disponible es posible establecer que las menores profundidades del nivel

estático se ubican en la región costera, ya que por lo general son menores a los 10 metros (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

El anillo de cenotes es un conducto de alta permeabilidad, que capta agua subterránea procedente del Sur y la transporta hacia la costa; presenta un frente de intrusión salina a 110 km de la costa Norte, en esta región podemos encontrar profundidades que van de los 10 a 20 metros (Bautista *et al.*, 2003; Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

La planicie interior se encuentra sobre caliza permeable, una de sus características es la rápida infiltración del agua, permitiendo un movimiento lateral del agua subterránea, la cual forma un lente de agua dulce, menor a los 70 centímetros de espesor, flotando sobre una gran masa de agua marina (Bautista *et al.*, 2003). En esta zona el agua se encuentra a profundidades entre los 20 y 30 metros.

La región de Cerros y Valles, es de carbonatos de alta permeabilidad, que se refleja en los bajos gradientes de la tabla de agua (Bautista *et al.*, 2003), y es la zona en la que se reportan las mayores profundidades, las cuales llegan hasta los 200 metros, aunque por lo general varían entre los 70 y los 150 metros (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

En esta última región podemos encontrar los denominados “acuíferos colgados”, los cuales son independientes al acuífero regional, son de extensión muy local y se pueden identificar realizado análisis del agua, ya que es agua de reciente infiltración (Bautista *et al.*, 2003).

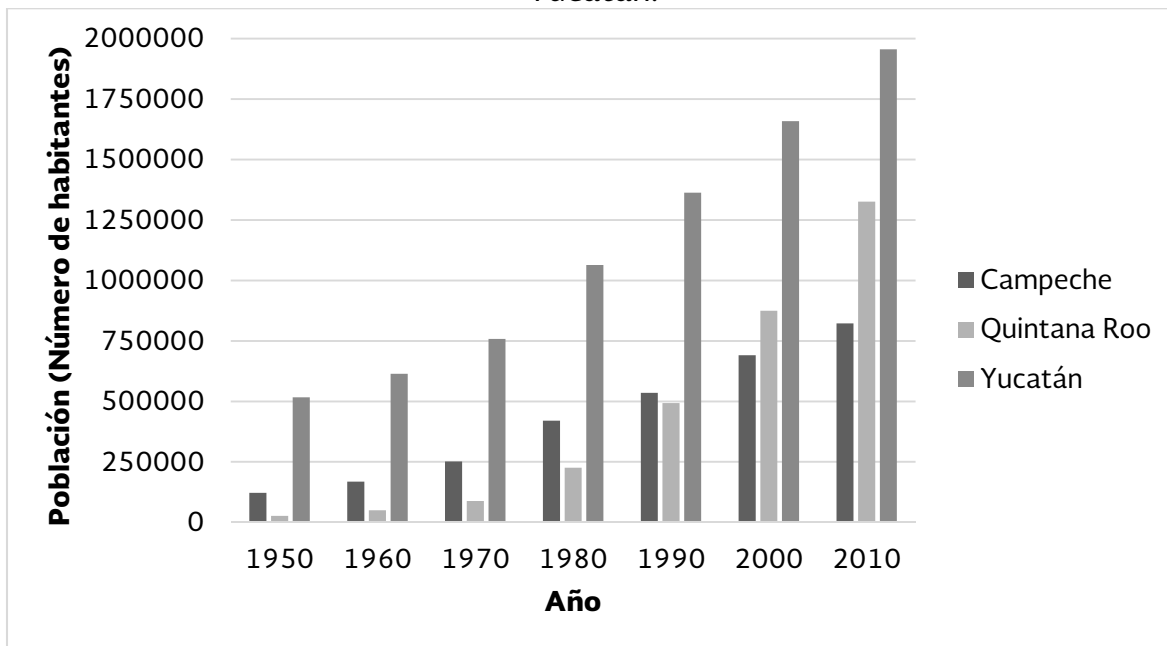
En el caso particular de la Isla de Cozumel, en el estado de Quintana Roo, se reporta que la superficie freática oscila a profundidades menores a los tres metros en la franja costera y de 3 a 5 metros en el resto de la isla (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

La CNA menciona valores de carga hidráulica menores a 2 metros en una franja de 15 a 40 kilómetros de ancho a partir del litoral, de 2 a 4 metros en la porción central de la Península y de 10 metros hacia la zona denominada Planicie Interior a 175 km de la costa. En la zona de cuencas escalonadas, en cambio la carga hidráulica se estima menor a dos metros dentro de una franja de 10 a 50 km., de 10 a 20 metros en la porción extrema de la Zona de Cerros y Valles y entre 20 y 30 metros en la porción más alta de esta misma región (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2000).

Según información publicada en el Atlas del Agua en México por la CONAGUA (2012a), existe una disponibilidad de agua natural media total de 29 596 millones de m³/año para la Península de Yucatán, lo cual representa el 6.40% del volumen total nacional. Tomando en cuenta que la población de los tres estados de la

Península de Yucatán para el año 2010 ascendía a 4.15 millones de habitantes (INEGI, 2010), se obtuvo la disponibilidad per cápita dividiendo el volumen total disponible entre el número total de habitantes y se estima que para la cuenca de la Península de Yucatán la disponibilidad de agua en m³ por habitante es de 7,138 al año.

Figura 8.6. Crecimiento histórico de la población en los 3 estados de la Península de Yucatán.

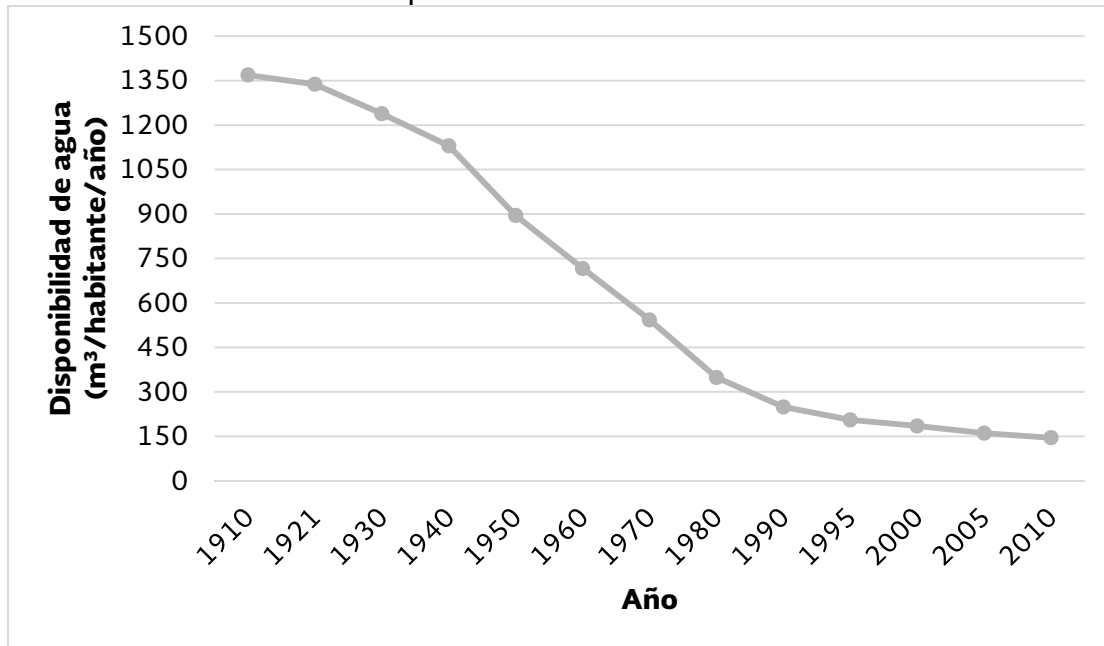


Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2010a).

En la Figura 8.6 se puede observar el crecimiento de la población de los tres estados de la Península de Yucatán en los últimos 60 años, es importante destacar que en el estado de Yucatán se concentra la mayor parte de la población. Para el año de 1990 la población de los estados de Campeche y Quintana Roo era similar, cercana a los 500 000 habitantes, ya para el año 2010, el estado de Quintana Roo ya rebasó al estado de Campeche en aproximadamente un millón de habitantes.

Asumiendo que la disponibilidad de agua media anual se mantuviera constante durante el paso de los años (596 millones de m³/año), es posible estimar junto con el incremento de la población como ha ido variando la disponibilidad per cápita del recurso. Haciendo este ejercicio, podemos observar una tendencia decreciente en la Figura 8.7, ya que para el año 1950 donde la población total de la Península de Yucatán era de aproximadamente 700 000 habitantes, la disponibilidad per cápita de agua era de casi 45,000 m³/habitante/año; hoy en día como ya se mencionó con anterioridad, la disponibilidad es de 7,138 m³/habitante/año.

Figura 8.7. Disponibilidad de agua per-cápita para la Península de Yucatán para el periodo 1910-2010.

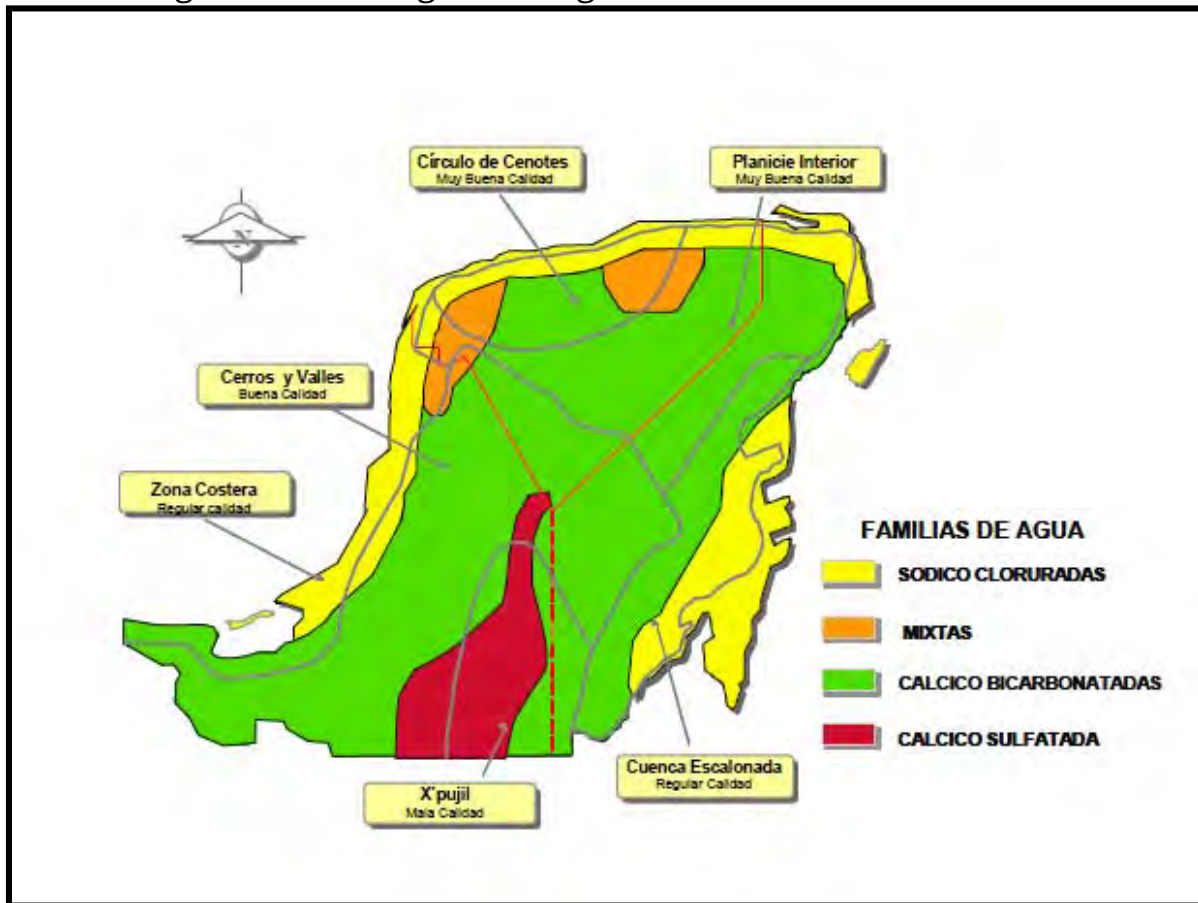


Fuente: Elaboración propia.

8.5 Calidad de agua

Bautista *et al.*, (2003) reportan que el agua de mejor calidad en la Península de Yucatán se ubica en la región determinada como Planicie interior y Circulo de Cenotes, siendo agua de muy buena calidad. En la región de Cuencas y Valles podemos encontrar agua de buena calidad, mientras que el agua de la zona costera y Cuencas escalonadas es de regular calidad. Finalmente en el área de Xpujil, se encuentran las aguas Cálculo sulfatadas que son de mala calidad.

Figura 8.8. Zonas geohidrológicas de la Península de Yucatán.



Fuente: CNA, 1996.

En un estudio realizado por Delgado (2010), en el estado de Yucatán se identificaron seis zonas de acuerdo a las características fisicoquímicas del agua destinada para riego, clasificándolas en aguas de buena calidad, de uso condicional y no recomendadas. A continuación se detallan las características de las seis zonas descritas en dicho estudio.

La primera zona se encuentra localizada en la parte nor-oriental del estado de Yucatán y son consideradas aguas no recomendadas para agricultura por su rango de cloruros de $4\text{--}18\text{mmol L}^{-1}$, ya que a pesar de que presentaron niveles bajos de sulfatos ($0\text{--}2.5\text{mmol L}^{-1}$), contiene altos niveles de sodio. Esta zona abarca 274 kilómetros cuadrados, lo cual corresponde al 7.4% del estado.

La zona II tampoco es recomendada para agricultura, ya que el agua presentó altos niveles de toxicidad para plantas ya que se registraron altas concentraciones de cloruros y sales, el rango de concentración de sulfatos fue de $0\text{--}5\text{mmol L}^{-1}$. Esta zona, corresponde al 10.8% del estado de Yucatán, abarcando 399 kilómetros cuadrados.

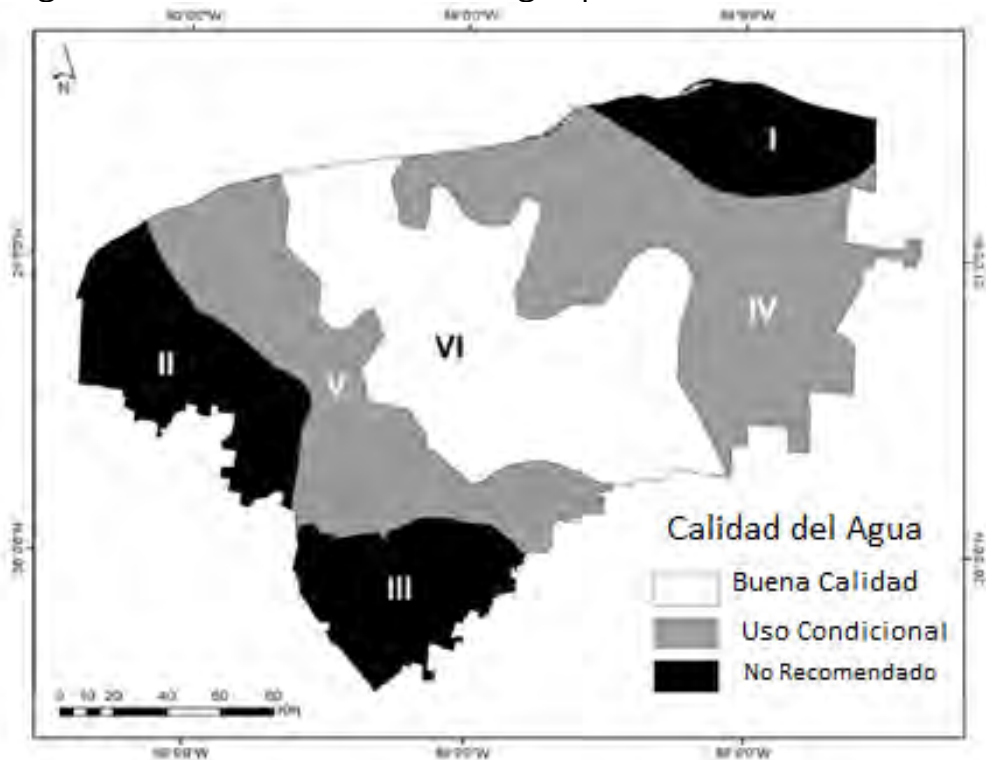
En la zona III, el agua no es recomendable debido a la conductividad eléctrica presentada, los valores de cloroides ($4\text{--}18\text{ mmol L}^{-1}$) y concentración de sulfatos ($2.6\text{--}7\text{ mmol L}^{-1}$), esta zona comprende 320.8 kilómetros cuadrados, lo cual corresponde al 8.7% del estado. En esta zona se registraron los mayores valores de sulfatos.

En la zona IV el agua no es recomendable para actividades agrícolas, pero su uso puede ser condicional, ya que presentó valores de cloroides de bajos a moderados y la concentración de sulfatos fue de $0\text{--}2.5\text{ mmol L}^{-1}$. Esta zona abarca 961.6 kilómetros cuadrados, lo que corresponde al 26.1% del territorio estatal.

En la zona V la calidad del agua es no recomendable, ya que, aunque presentó niveles bajos de cloroides, los niveles de sulfatos estuvieron entre los $0\text{--}2.5\text{ mmol L}^{-1}$ y los valores de SAR (relación de adsorción de sodio) fueron de $0.76\text{--}6.9$ (mmolc L^{-1}) 0.5 . Esta zona comprende 671 kilómetros cuadrados, es decir, el 18.2% del estado.

Finalmente en la zona VI se localiza el agua clasificada como de buena calidad, ya que presentó los menores valores de cloroides, sulfatos y SAR. Esta área ocupa una superficie de 1056.8 km^2 y corresponde al 28.7% del estado de Yucatán.

Figura 8.9. Niveles de calidad de agua para el estado de Yucatán.



Fuente: Delgado *et al.*, (2003)

8.6 Disponibilidad de agua tratada

Según el inventario nacional de plantas municipales potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales en operación, publicado por CONAGUA (2013b), en el estado de Campeche existe un total de 26 plantas municipales de tratamiento, con un capacidad instalada de 174.5 l/s y un caudal tratado de 147.3 l/s, lo cual representa el 7.8% de la cobertura de tratamiento. Las plantas de tratamiento que se encuentran en el estado de Campeche se presentan en la tabla 8.1.

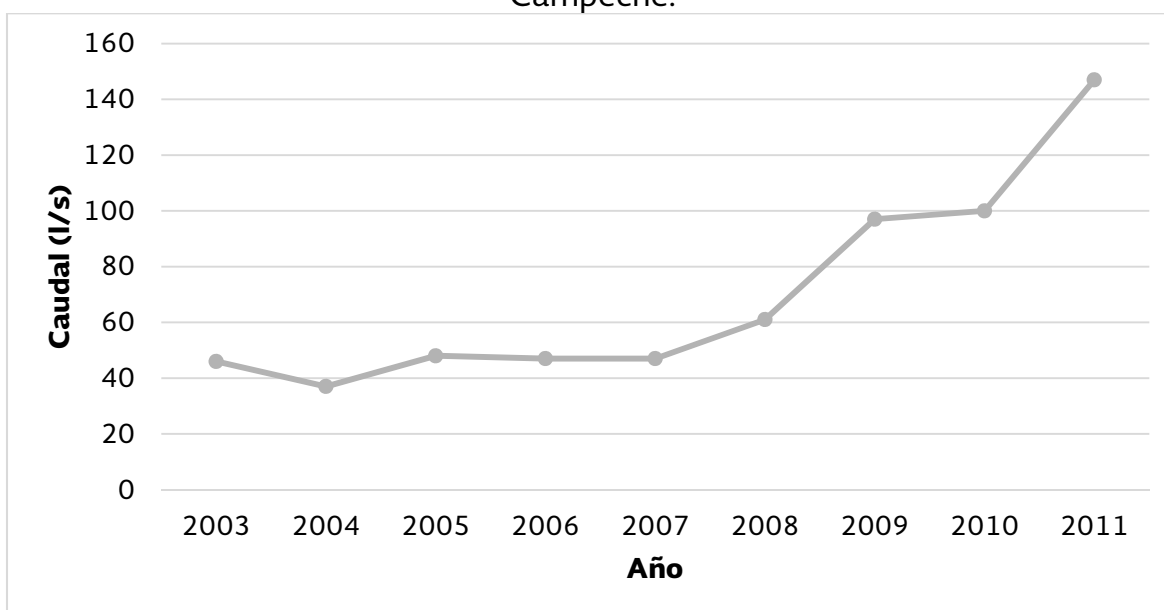
Tabla 8.1. Tipos de plantas de tratamiento y caudal tratado del estado de Campeche.

Tipo de planta	Número de plantas	Caudal tratado (l/s)
Lodos activados	22	121
Reactor enzimático	2	8
Primario avanzado	1	10
Otros	1	8
Total	26	147

Fuente: Modificado de CONAGUA (2013c).

En la Figura 8.10 se muestra la variación de los volúmenes de aguas residuales municipales tratadas para el estado de Campeche.

Figura 8.10. Volumen de aguas residuales municipales tratadas para el Estado de Campeche.



Fuente: Modificado de CONAGUA (2011a).

De igual manera, para el Estado de Quintana Roo existen un total de 35 plantas municipales de tratamiento, con un capacidad instalada de 2,350.5 l/s y un caudal tratado de 1,724.2 l/s, lo cual representa el 67.1% de la cobertura de tratamiento. Las plantas de tratamiento que se encuentran en esta entidad se clasifican entre los siguientes tipos presentados en la tabla 8.2.

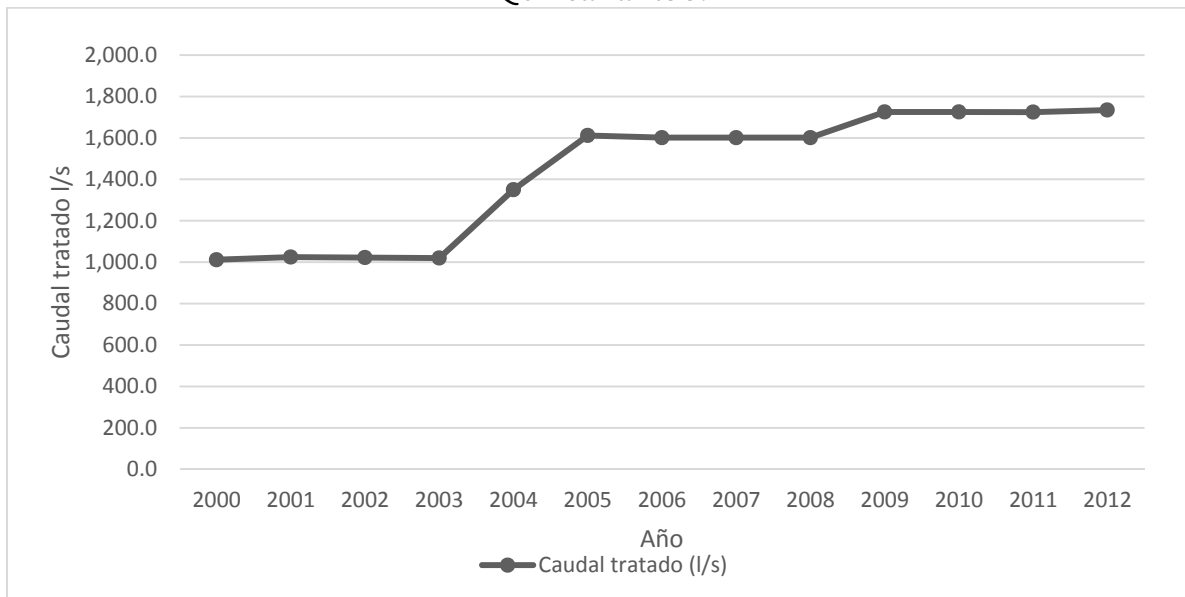
Tabla 8.2. Tipos de plantas de tratamiento y caudal tratado del Estado de Quintana Roo.

Tipo de planta	Número de plantas	Caudal tratado (l/s)
Dual	7	392
Lodos activados	24	1,199
Laguna de estabilización	1	3
Filtros biológicos	1	136
Otros	2	4
Total	35	1,724

Fuente: Modificado de CONAGUA (2012c).

En la Figura 8.11 se muestra la evolución de los volúmenes de aguas residuales municipales tratadas en el estado de Quintana Roo.

Figura 8.11. Volumen de aguas residuales municipales tratadas para el Estado de Quintana Roo.



Fuente: Modificado de CONAGUA (2012c).

Finalmente, el estado de Yucatán cuenta con un total de 28 plantas municipales de tratamiento, con un capacidad instalada de 491.4 l/s y un caudal tratado de 99.1 l/s, lo cual representa el 2.7% de la cobertura de tratamiento; las plantas de tratamiento que se encuentran en esta entidad se presentan en la tabla 8.3.

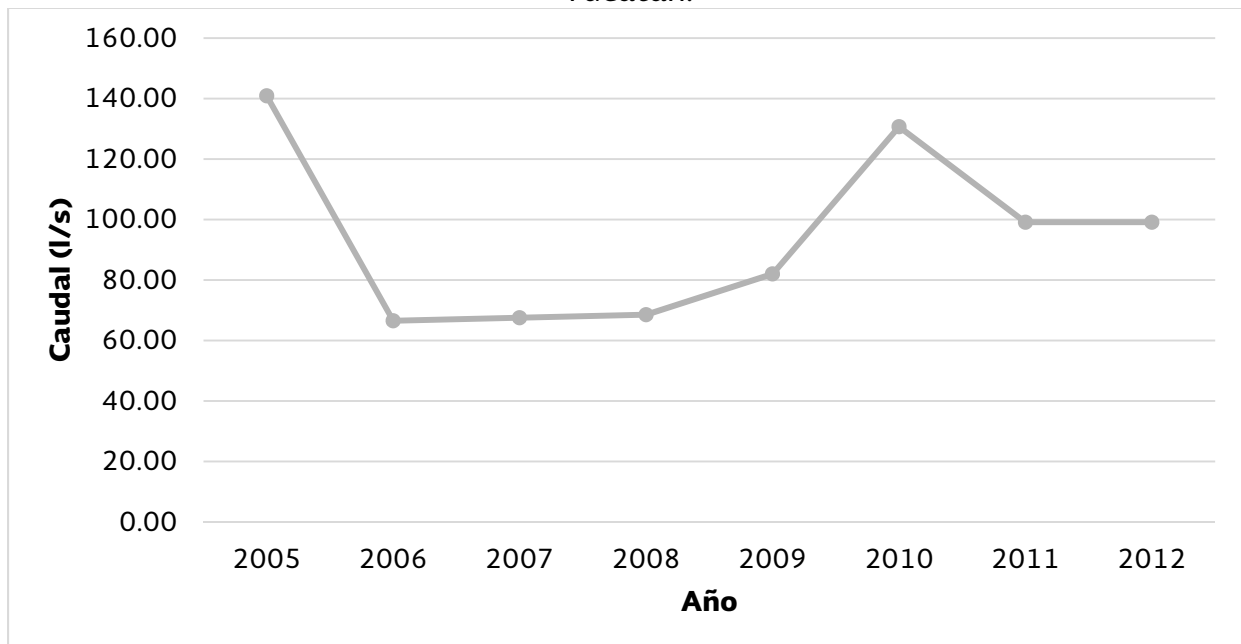
Tabla 8.3. Tipos de Plantas de Tratamiento y Caudal Tratado del Estado de Yucatán

Tipo de Planta	Número de plantas	Caudal tratado (l/s)
Lodos activados	18	71
Otros	10	28
Total	28	99

Fuente: Modificado de CONAGUA (2012c).

En la Figura 8.12 se muestra la variación de los volúmenes de aguas residuales municipales tratadas:

Figura 8.12. Volumen de aguas residuales municipales tratadas en el Estado de Yucatán.



Fuente: Modificado de CONAGUA (2011a).

CAPÍTULO 9. VULNERABILIDAD A LAS SEQUÍAS. IMPACTO HISTÓRICO DE LAS SEQUÍAS, MITIGACIÓN Y VALORACIÓN DE LAS ACCIONES REALIZADAS.

9.1 Introducción

La sequía es uno de los fenómenos meteorológicos que ocurre cada vez con mayor frecuencia en el mundo y es considerado uno de los fenómenos naturales que más daños económicos causan. Sin embargo, la magnitud, duración y severidad de una sequía se pueden considerar como relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas (García y Fuentes, 1999).

La sequía se presenta en forma lenta y es poco notoria, por lo que puede considerarse un fenómeno no violento, a diferencia de una inundación o un huracán, pero sus efectos negativos comienzan a desgastar a la agricultura, la ganadería y la industria al prolongarse la duración de la sequía (García-Prats, 2006). Este fenómeno puede llegar a afectar a amplias regiones y durar meses o inclusive años e históricamente se ha comprobado que es el fenómeno meteorológico que mayor daño económico causa a la humanidad (García-Jiménez *et al.*, 2007).

En términos generales, los efectos más desastrosos de una sequía se dejan sentir en el aspecto económico y social, ya que las enormes pérdidas en cosechas, animales, paro en la producción industrial, etc., ocasionan, entre otras cosas, reducción del poder adquisitivo de la población, migración obligada de la fuerza laboral hacia otras regiones menos afectadas, provocando un desequilibrio en la oferta-demanda de las fuentes de trabajo, retroceso en el nivel de vida y aspiraciones de la población afectada (García y Fuentes, 1999).

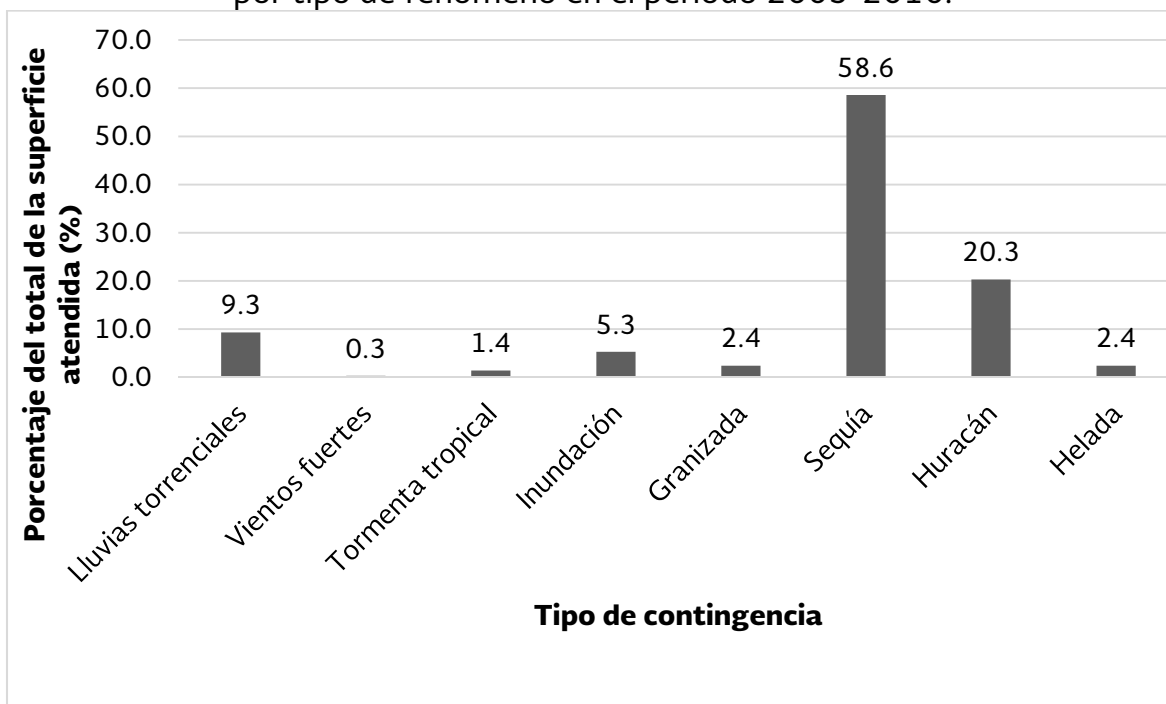
Debido a la frecuente recurrencia de desastres naturales de gran magnitud que afectaban principalmente a la población rural del país, en el año de 1995 se crea el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), el cual se estableció como el instrumento financiero del Gobierno Federal para atender los efectos de los desastres naturales mediante la asignación y transferencia de recursos a las entidades federales cuya capacidad de respuesta operativa y financiera fuese superada por la magnitud de los daños registrados (CENAPRED, 2010; SAGARPA, 2010).

En el periodo 1995-2002, se apoyó mediante el FONDEN a los productores afectados por fenómenos climatológicos extremos, destacándose que las mayores necesidades de apoyo se destinaron al fenómeno de la “sequía”, seguido por las contingencias provocadas por los “huracanes” y, en tercer término, al fenómeno de las “heladas” (DOF, 2003).

Posteriormente, siguiendo las disposiciones de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, artículo 129 y del PEF (03,04,05), a partir del 2003 el Gobierno Federal, con la participación de los gobiernos estatales, estableció el Programa del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC), a fin de apoyar a los productores de bajos ingresos de las áreas de temporal afectados (por estas contingencias climatológicas y que no contaran con un seguro contra este tipo de daños, con ello el FONDEN deja de atender las Contingencias Climatológicas del Sector Agropecuario (Figura 9.1) (SAGARPA, 2009).

En el 2008, el FAPRACC sufre una reestructuración en su forma de operar y adquiere el nombre de Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC), buscando una mayor agilidad y eficiencia en su operación y en la cobertura de la población atendida, es decir a la población rural de bajos ingresos (SAGARPA, 2010a).

Figura 9.1. Porcentaje de recursos totales otorgados por el FAPRACC/PACC vía apoyo directo para atender contingencias climatológicas en el sector agropecuario, por tipo de fenómeno en el periodo 2003-2010.



Fuente: Evaluación externa de resultados de PACC, 2010a con datos de SAGARPA.

9.2 Revisión y análisis de la información existente en relación con el impacto histórico de las sequías y medidas, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales

Históricamente, la sequía ha sido el fenómeno meteorológico que mayores pérdidas ha provocado en el sector agropecuario en todo el país, en particular en los estados del centro y norte. En estos estados la dependencia de agua a corrientes y cuerpos de agua superficiales y a embalses provoca que en ocasiones las sequías sean extremas haciendo el fenómeno más evidente. Para el caso de la Península de Yucatán al contar con un abasto casi ilimitado de agua subterránea y de fácil acceso, las épocas secas se mitigan sistemáticamente con la extracción de más agua del acuífero, quedando solo en riesgo el sector agrícola de temporal y aquellas poblaciones donde la calidad del agua del acuífero o su lejanía a la superficie hacen difícil el acceso al recurso.

El sector más afectado por la sequía es el agropecuario y de acuerdo con los datos nacionales oficiales de 2000 a 2010, las peores sequías han sido en 2005 y 2009, en donde se registró la mayor cantidad de productores afectados y áreas de cultivo dañadas (Tabla 9.1) (CENAPRED, 2012).

Un punto que resalta del impacto de la sequía, es que aunque no necesariamente afecte a las zonas más marginadas, sus efectos negativos son mayores en las poblaciones de escasos recursos. Esto pone de manifiesto la necesidad de dirigir y/o mantener los recursos para la prevención y la mitigación de los daños a los más marginados (CENAPRED 2010; CENAPRED 2012).

Tabla 9.1. Registro nacional de daños ocasionados en el sector agropecuario en la última década a consecuencia del fenómeno de la sequía.

Año	Productores afectados	Áreas de cultivo dañadas y/o pastizales (ha)	Total de daños (millones de pesos)
2010	44,730	289,034.0	2,869.3
2009^{b,c}	152,333	384,540.6	3,081.0
2008^b	40,021	102,194.6	142.5
2007^a	73,630	124,608.6	100.6
2006	8,464	19,730.6	75.2
2005^a	167,235	668,939.1	778.8
2004	24,878	63,898.4	147.0
2003	ND	806,421.0	630.0
2002	52,000	145,000.0	359.0
2001	ND	112,000.0	254.0
2000	ND	ND	0.57
Total	563,291	2,716,367	577,969.0

Nota: Registro de reportes de sequía en: a) Campeche; b) Yucatán; c) Quintana Roo. ND: No disponible. Fuente: Elaboración propia, con datos del CENAPRED e información del FAPRACC y PACC.

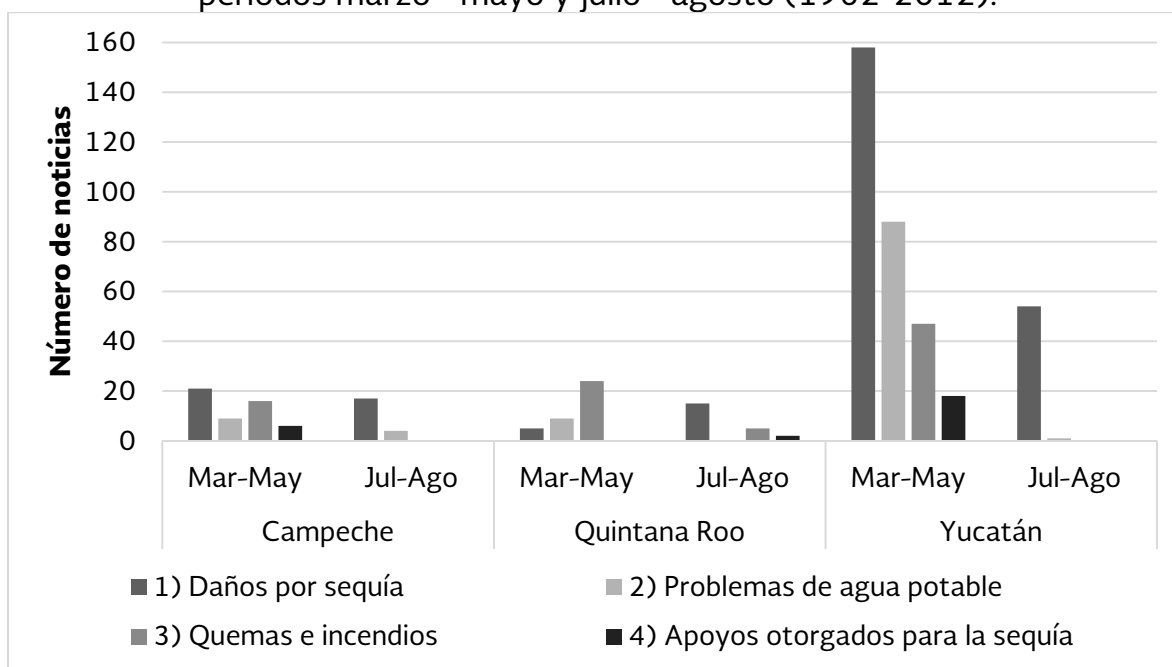
Adicional a la exploración de los datos oficiales, se realizó una revisión hemerográfica acerca de la información sobre los efectos producidos por la sequía en los diferentes municipios de los tres estados de la Península. Esta revisión se realizó en el diario de Yucatán de los años de 1962 al 2012, para los meses de marzo, abril, mayo, periodo de estiaje con mayor intensidad de sequía; y julio y agosto, meses en los cuales se agudiza la sequía intraestival, Las noticias encontradas fueron clasificadas en cuatro categorías: 1) Daños ocasionados por la sequía, 2) Problemas relacionados con el abasto de agua potable, 3) Quemadas e incendios y 4) Apoyos otorgados para la sequía.

A nivel peninsular y como resultado de la revisión de 50 años de los cinco meses antes mencionados, se encontró un total de 270 noticias relacionadas con daños ocasionados por la sequía; 111 relacionadas con el abasto de agua potable, 92 relacionadas con quemadas e incendios y 28 sobre apoyos otorgados para la sequía.

Se observó que el mayor número de noticias relacionadas a los daños por la sequía se registraron en el periodo marzo, abril y mayo, con un total de 184 para la Península, mientras que en el periodo julio y agosto, se encontró un total de 86.

Para el periodo de marzo, abril y mayo de los años de 1962 al 2012, se encontraron para el estado de Campeche 21 noticias relacionadas a la sequía, 9 relacionadas a problemas por suministro de agua potable, 16 noticias sobre quemas e incendios y 6 en relación a apoyos otorgados por daños de la sequía. Para Quintana Roo se encontraron 5, noticias para la categoría de daños por sequía, 9 problemas relacionados al agua potable y 24 sobre quemas e incendios. En el caso de Yucatán, se encontraron 158, 88 y 47 noticias respectivamente para las tres primeras categorías, además de 18 noticias relacionas con apoyos otorgados (Figura 9.2).

Figura 9.2. Frecuencia de noticias relacionadas a la sequía en la Península en los periodos marzo - mayo y julio - agosto (1962-2012).



Fuente: Elaboración propia, información de la revisión hemerográfica del Diario de Yucatán (1962-2012).

Los reportes de daños por la sequía en julio y agosto fueron 17 para Campeche, 15 para Quintana Roo, y 54 para Yucatán. En cuanto a las noticias de problemas de agua potable, se encontraron 4 para Campeche y 1 para Yucatán; y sobre apoyos otorgados para la sequía únicamente se encontraron 1 para Quintana Roo y 3 para Yucatán (Figura 9.2). En total, se hallaron en los 50 años de revisión hemerográfica de julio y agosto, 86 noticias para la categoría 1); 5 para las categorías 2) y 3); y 4 para la categoría 4).

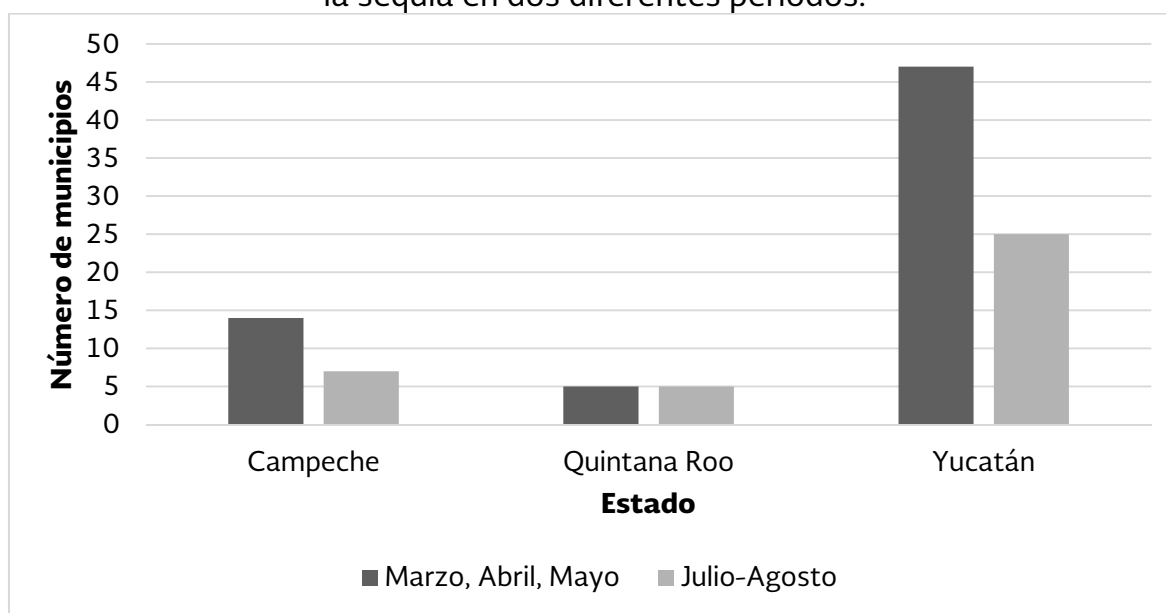
Cabe mencionar que los resultados reportados hasta ahora corresponden a la revisión del Diario de Yucatán, con lo que se explica la observación de un mayor número de noticias para este estado de la Península. Las revisiones de los otros dos

estados se realizará posteriormente y los resultados serán incluidos en la actualización de la Figura 9.2.

El total de municipios reportados oficialmente como afectados por la sequía atípica, impredecible y no recurrente en la Península fue de 96 en Yucatán entre 2008 y 2009; 1 y 6 en Campeche en 2004 y 2007 respectivamente, y 2 para Quintana Roo en 2004. Todos estos municipios recibieron apoyos del PACC (Yucatán) y del FAPRACC-FONAES (Campeche y Quintana Roo) (Figura 9.3).

Adicionalmente a los reportes oficiales, en la revisión hemerográfica de los meses marzo, abril y mayo de 1962 al 2012 se encontraron reportes sobre los diferentes municipios que resultaron afectados por la sequía. En total, se encontraron registros de daños por sequía en el sector agropecuario en 14 municipios de Campeche, 5 de Quintana Roo y 47 en Yucatán. En la revisión de los meses de julio y agosto del mismo periodo de años, se reportaron daños en 7 municipios de Campeche, los mismos 5 de Quintana Roo y 25 de Yucatán (Figura 9.3).

Figura 9.3. Número de municipios reportados en el diario local como afectados por la sequía en dos diferentes períodos.



Fuente: Elaboración propia, información de la revisión hemerográfica del Diario de Yucatán (1962-2012).

Aunque los registros bibliográficos presentan evidencia de episodios de sequía en la Península de Yucatán desde siglos pasados, es hasta el año 2004 cuando se presenta el primer reporte oficial de sequía para un estado de la Península de Yucatán. En total, de 2004 a 2012 se han realizado siete declaratorias oficiales de sequía publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF), 2 para Campeche (DOF, 2004a; DOF

2007), 2 para Quintana Roo (DOF, 2004b; DOF, 2004c) y 3 para Yucatán (DOF, 2008; DOF, 2009b, 2009c).

En el 2005 la sequía afectó el estado de Campeche, con una pérdida de áreas de cultivo de 9,905 ha, equivalente a 7.4 millones de pesos, es decir el 1.48% del total de hectáreas afectadas en todo el país (Tabla 9.2). En este mismo año, se reportó un total de 167,235 productores afectados y 668,939.1 ha de cultivo dañadas, equivalentes a 778.6 millones de pesos en pérdidas para el sector en toda la República (CENAPRED, 2006).

En el 2007, Campeche fue el segundo estado más afectado por la sequía en el país, reportando un total de 9,169 productores afectados y 23,955.02 hectáreas dañadas, reflejándose en un total de 19.72 millones de pesos en pérdidas, equivalente al 19.3% de los daños totales a nivel nacional (Tabla 9.2). Sobresale en este año el hecho de que las regiones más afectadas fueron la Sur y Sureste del país, cuando históricamente ha sido el Norte y la región Centro-Occidente las que registran el impacto de este fenómeno con más frecuencia (CENAPRED, 2009a).

Durante el 2008, continuaron los efectos negativos de la sequía en la región sureste de la república. En Yucatán se reportaron daños por 30.34 millones de pesos (21.3% del total nacional), 11,639 hectáreas dañadas y 11,238 productores afectados (Tabla 9.2) (CENAPRED, 2009b; SAGARPA, 2010a).

Tabla 9.2. Reporte de daños de la sequía por Estado.

Estado afectado	Año	Productores afectados	Áreas cultivo afectadas (has)	Unidades animales	Total en millones de pesos
Campeche	2005	9,905	ND	ND	7.4
Campeche	2007	9,169	23,955.02	ND	19.72
Yucatán	2008	11,238	11,639.10	ND	30.34
Yucatán	2009	1,482	ND	9,666	86.3
Quintana Roo	2009	18,354	7847.12	ND	7,082.408

ND: No definido. Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED, 2009b y SAGARPA, 2010a.

De la revisión de noticias en línea, se encontró un reporte de la Comisión Nacional del Agua publicado en abril de 2013, en la que se reporta que de los 1,456 municipios de la República Mexicana, 557 registran algún grado de sequía, es decir el 22.68% de los municipios.

Este mismo reporte también menciona que de esos 557 municipios, ubicados en 25 entidades, en cuatro municipios (dos de Tamaulipas y dos de Coahuila) se clasifica a la sequía como 'extrema'; y en otros 24 municipios se le clasifica como 'severa'.

El reporte de CONAGUA también señala que en el país hay 101 municipios donde el tipo de sequía es 'moderada', en donde Campeche destaca en esta clasificación, con cuatro municipios, mientras los otros 426 se encuentran 'anormalmente secos', una condición que se presenta al inicio de una sequía. De igual manera, también se reportó que 37 municipios de Yucatán se encuentran en 'sequía moderada'. Mientras que Quintana Roo, es uno de los estados de la República con menos municipios afectados y que se encuentran en la clasificación de sequía 'anormalmente seca', con únicamente cuatro (Méndez, 2013).

De acuerdo a los reportes del Monitor de Sequía de América del Norte de finales de febrero de este año, la sequía en el país afectará directamente a la producción de alimentos tanto de carácter agrícola como ganadero, y hasta ese mes, ya afectaba a la mitad del territorio nacional. Por otra parte, la baja producción de alimentos impactará a corto plazo incrementando los precios de los mismos, lo que repercute en la canasta básica que consume la mayoría de la población.

Ante esta situación, menciona el reporte que el país tendrá que enfrentar por lo menos dos problemas, el primero: la sequía que afectará a las 15 millones de cabezas de ganado, así como amplias zonas agrícolas del país; el segundo problema: la escasez de alimentos y por consecuencia el impacto en el aumento de los precios de los alimentos, lo que agudiza la problemática de la pobreza alimentaria y por lo tanto el hambre, ante ello las políticas públicas en la materia son insuficientes para enfrentar tanto la sequía como la emergencia alimentaria (Código Mich, 2013).

En el ámbito ambiental, el principal problema relacionado con la sequía que es el impacto de las quemadas que se realizan durante el periodo de estiaje en la región, el cual se lleva a cabo como parte de la preparación de las tierras para el cultivo.

Del 2004 al 2012, se observó que el mayor número de incendios que sucedieron en la Península fueron en 2005, 2008 y 2009 con un total de 269, 354 y 336 eventos, respectivamente (Tabla 9.3). Una observación interesante es que fueron en estos mismos años donde se realizaron las declaratorias de contingencia climatológica por sequía en el diario oficial de la federación.

Tabla 9.3. Total de incendios y precipitación total anual histórica reportados por Estado durante de 2004 al 2012.

Año	Estado	Número incendios acumulados	Total de hectáreas afectadas	Total de incendios en la Península	Precipitación total anual histórica (mm)	Precipitación anual	Temperatura máxima (marzo, abril, mayo)	
2004	Campeche	23	2,583.00	121	1,225		40.9	
	Quintana Roo	57	448.25		1,087		35.5	
	Yucatán	41	2,739.50		1,039		37.7	
2005	Campeche	37	1,831.50	269	1,790		43.1	
	Quintana Roo	150	5,760.70		1,456		37.5	
	Yucatán	82	4,322.60		1,108		39.5	
2006	Campeche	20	2,655.00	251	1,534		42.5	
	Quintana Roo	142	53,618.50		1,132		35.7	
	Yucatán	89	9,389.00		891		39.3	
2007	Campeche	21	316.00	169	1,259		39.3	
	Quintana Roo	86	757.07		1,252		36.1	
	Yucatán	62	2,678.50		1,117		38.6	
2008	Campeche	42	1,087.00	354	1,556			
	Quintana Roo	212	17,830.00		1,207		35.5	
	Yucatán	100	5,592.40		899		38.5	
2009	Campeche	56	4,335.00	336	nd			
	Quintana Roo	226	42,350.00					36.1
	Yucatán	54	15,463.23					40.0
2010	Campeche	19	400.00	131	nd			
	Quintana Roo	78	5,738.50					
	Yucatán	34	3,463.40					39.4
2011	Campeche	34	4,747.80	227	nd			
	Quintana Roo	132	79,022.20					
	Yucatán	61	7,458.00					39.9
2012	Campeche	6	407.73	78	nd			
	Quintana Roo	56	1,015.16					
	Yucatán	16	749.40					

Fuente: Elaboración propia, datos del reporte semanal de resultados de incendios forestales, CONAFOR, 2004-2006; El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida, SEMARNAT, 2010.

9.3 Declaratorias oficiales de sequía

Para la Península de Yucatán se publicaron en el Diario Oficial de la Federación 7 declaraciones de sequía atípica, impredecible y no recurrente. En el estado de Yucatán se declararon 3 periodos de sequías, y en Campeche y Quintana Roo, 2 en cada estado (Anexo 9.1).

De acuerdo a las definiciones de las reglas de operación del Programa del Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC), se considera como contingencia climatológica a la afectación en los activos productivos provocada por la ocurrencia de los siguientes fenómenos climatológicos extremos: sequía, helada, granizada, nevada, lluvia torrencial, inundación significativa, tornado y ciclón en sus diferentes manifestaciones; y como sequía atípica, impredecible y no recurrente al desbalance temporal de la disponibilidad hidráulica producido por la naturaleza, consistiendo en precipitaciones persistentes menores que el promedio, de frecuencia, duración y severidad incierta, ocurrencia impredecible y no recurrente (DOF, 2003).

Para saber si la sequía es atípica, impredecible y no recurrente se deberá utilizar la información cuantitativa y cualitativa disponible, las medias históricas del fenómeno de la región en cuestión, así como las desviaciones estándares respectivas, determinándose como indicio de imprevisibilidad, una diferencia mayor a una desviación estándar de los valores medios observados, y de no recurrencia a que esta situación no se hubiese presentado en siete o más veces en los últimos diez años (DOF, 2003).

9.4 Medidas implementadas en situaciones de sequía

En general, las medidas implementadas para combatir la sequía han resultado en aportación de recursos económicos a los productores, los cuales han surgido de la colaboración entre la federación y los gobiernos estatales. De igual manera, se tienen reportes de apoyos otorgados en existencia, ya sea de alimento, suplementos o equipo adicional (bebederos, comederos, bombas aspersoras, etc.); así como de descuentos en la adquisición de materia prima. Todas estas medidas son aplicadas conforme los efectos negativos de la sequía incrementan y repercuten en los diferentes sectores, en particular en el agropecuario.

De la revisión hemerográfica se obtuvieron reportes de apoyos a la actividad ganadera durante el 2003 en Campeche, los cuales consistieron en 1,174 toneladas de melaza, 500 toneladas de sorgo, 3,000 pacas de esquilmo y bebederos para el ganado. En el caso de Quintana Roo, se encontró un único reporte de 1991 sobre una solicitud de apoyo al gobierno para desarrollar un programa emergente para sembrar 26,000 hectáreas de maíz y frijol.

En Yucatán, ante las serias dificultades que presentan los productores principalmente del oriente y sur del estado se puso en marcha el programa sequía 2003, con el cual se entregaron insumos al 50% menos de su valor. Durante el 2005 se encontraron noticias sobre la aportación de 29 toneladas de azúcar a 1,032 apicultores con más de 21,256 colmenas de abejas.

9.4.1 Seguros agrícolas

Para el sector agrícola, la sequía ha sido el principal fenómeno climatológico por el cual han sido indemnizados los productores del país, por lo que a lo largo de los años los programas implementados han destinado mayor cantidad de recursos para el pago de estas indemnizaciones, no obstante es importante señalar que la cultura de la prevención coadyuva a reducir los gastos que constituyen a enfrentar los daños causados por este fenómeno (SAGARPA, 2010a).

Durante el 2009, Campeche, Quintana Roo y Yucatán se incluyeron a la lista de las 29 entidades federativas que contrataron seguros agrícolas con apoyo del PACC, la superficie total asegurada en todo el país fue de 6 607,475.26 ha, e históricamente del 2003 al 2010 se han asegurado 27 130,776.72 en todo el territorio nacional (Tabla 9.4; Anexo 9.4). Sin embargo, en el caso del sector pecuario no se realizó ningún tipo de aseguramiento para las unidades animales de la Península de Yucatán, a pesar de que en la revisión hemerográfica se encontraron reportes de pérdidas o reses en peligro debido a los efectos de la sequía (SAGARPA, 2010b).

Del 2009 al 2010 se observa un incremento en la superficie agrícola asegurada, para Campeche, Quintana Roo y Yucatán de 5,620.54, 15,796.85 y 2,086.21 hectáreas (Ha) de un año al siguiente, respectivamente (Tabla 9.4 y 9.5).

Tabla 9.4. Superficie (ha) asegurada por estado en el periodo 2003-2010.

Entidad Federativa	2003-2008	2009	2010
Campeche	165,195.54	78,451.00	84,071.54
Quintana Roo	165,212.99	75,283.62	91,080.47
Yucatán	243,163.87	108,408.46	110,494.67
Total nacional	12,478,969.04	6,607,475.26	8,044,332.42

Fuente: SAGARPA, 2010b.

El incremento de la superficie asegurada en el país y en la Península de Yucatán ha venido aumentando gradualmente con el paso de los años, y esto puede deberse a diversas razones, entre las que se encuentran: la cobertura de aseguramiento contribuye a la potencialización de los recursos federales y estatales, además de que brinda protección financiera al gobierno federal y estatal en caso de la ocurrencia de algún fenómeno climatológico, y con la cobertura se da protección a gran cantidad

de productores de bajos recursos que viven principalmente en municipios de alta y muy alta marginación. (SAGARPA, 2010b).

De acuerdo a los registros oficiales relacionados con los daños provocados por la sequía en la Península, se tiene que en el 2008 los productores de maíz de Campeche aseguraron un total de 27,180 ha; Quintana Roo y Yucatán, aseguraron 50,352.5 ha y 56,467.3 ha de cultivos, respectivamente, entre los años 2008 y 2009 (Tabla 9.5).

Tabla 9.5 Hectáreas aseguradas por estado y monto de indemnización periodo 2004-2011.

Estado	Año	Hectáreas	UA	Monto Indemnización (pesos)
Campeche	2008	27,180.0	0	24,470,100.0
Quintana Roo	2008 / 2009	50,352.5	0	45,317,241.0
Yucatán	2008 / 2009	56,467.3	0	48,618,567.0
Total nacional		3,195,914.1	0	4,112,833,088.0

Has: Hectáreas. UA: Unidades Animal. Fuente: Elaboración propia, datos del Sistema de información para el seguimiento a la operación de los seguros agropecuarios catastróficos (SAGARPA, 2012a).

Los productores de maíz de Campeche recibieron una indemnización en el 2008 correspondiente a 21,273,300 millones de pesos (Tabla 9.6), en el caso de Quintana Roo y Yucatán, este monto ascendió a 33, 662, 718 y 33, 020, 730 millones de pesos, respectivamente, para ese mismo año (Tabla 9.6 y Anexo 9.2).

Tabla 9.6 Total de hectáreas dañadas por la sequía y pagos de indemnización para Campeche en 2008.

Municipio	Cultivo o especie	Hectáreas	Unidades Animal	Monto Indemnizado (pesos)
Calakmul	Maíz	3,880.0	0.0	3,492,000.0
Candelaria	Maíz	4,477.0	0.0	4,029,300.0
El Carmen	Maíz	6,380.0	0.0	5,742,000.0
Escárcega	Maíz	8,900.0	0.0	8,010,000.0
TOTAL		23,637.0	0.0	21,273,300.0

Fuente: Elaboración propia, datos del sistema de información para el seguimiento a la operación de los seguros agropecuarios catastróficos (SAGARPA, 2012b).

Durante el 2009 no se encontraron registros de indemnizaciones para Campeche, pero en el caso de Quintana Roo, se observó una disminución en el monto total pagado a los agricultores de la región, 18,350 en total, el cual fue de 7,062,408 millones de pesos (Tabla 9.7).

Tabla 9.7 Total de hectáreas dañadas por la sequía y pagos de indemnización para Quintana Roo.

Municipio	Cultivo o especie	Hectáreas	Unidades animal	Monto indemnizado (pesos)
2008				
Felipe Carrillo Puerto	Maíz	21,626.3	0.0	19,463,670.0
José María Morelos	Maíz	12,747.7	0.0	11,472,948.0
Tulum/Solidaridad	Maíz	3,029.0	0.0	2,726,100.0
TOTAL		37,403.0	0.0	33,662,718.0
2009				
José María Morelos	Maíz	3,470.9	0.0	3,123,765.0
Othón P. Blanco	Maíz	4,376.3	0.0	3,938,643.0
TOTAL		7,847.1	0.0	7,062,408.0

Fuente: Elaboración propia, datos del sistema de información para el seguimiento a la operación de los seguros agropecuarios catastróficos (SAGARPA, 2012c).

En el caso de Yucatán, en el 2009, también se observó una disminución en el monto total de indemnización pagado a 34,665 productores afectados, el cual se redujo a 15,597, 837 millones de pesos por daños provocados específicamente por la sequía (Anexo 9.3).

9.5 Revisión y análisis de la efectividad de las medidas implementadas contra la sequía.

Actualmente no se existe ningún mecanismo que permita la evaluación de la efectividad de las medidas implementadas contra la sequía. Sin embargo, la percepción de los usuarios suele ser encontrada, ya que a pesar de la aportación de apoyos ante estas contingencias, estos señalan que los recursos suelen ser insuficientes o inoportunos.

9.6 Vulnerabilidad a la sequía de la Cuenca Península de Yucatán

9.6.1 Factores relacionados con la vulnerabilidad

En términos generales, la vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es susceptible a efectos adversos. La vulnerabilidad está en función tres factores (IPCC, 2007):

1. Grado de exposición
2. Sensibilidad
3. Capacidad de adaptación

Para la realización del mapa de vulnerabilidad ante la sequía de la Cuenca Península de Yucatán, se utilizaron los valores normalizados a nivel municipal de los indicadores propuestos para cada uno de los factores. Para la normalización de los datos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Z_j \text{ normalizada} = \frac{Z_j - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}}$$

Grado de Exposición

El primer indicador de vulnerabilidad es su grado de exposición, que se interpreta como la relación entre la brecha hídrica al 2030 y la oferta sustentable; se toma de la sumatoria de dos sub-factores:

Factor 1a: Brecha hídrica

Factor 1b: Frecuencia de sequías

Los datos del Factor 1a (Brecha hídrica) para el cálculo del grado de exposición se obtuvieron del análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México (CONAGUA, 2012e), asignando el valor de cada célula de planeación a sus respectivos municipios.

El factor 1b (Frecuencia de sequías) se calculó a partir de las declaratorias de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) publicadas en el DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN 2004^a, 2004^b, 2004^c, 2007, 2008, 2009^a y 2009^b. Para la Península de Yucatán se han reportado siete declaratorias, el número máximo de veces que un municipio pudo haber sido reportado con sequía (7 veces) se normalizó entre las veces en que cada municipio de la Península fue declarado en contingencia.

Sensibilidad

Este componente evalúa el grado de afectación ante las sequías, en otras palabras la magnitud del daño en caso de una sequía. Para la determinación de este factos, se utilizó la normalización de 4 subfactores:

Factor 2a: Población

Factor 2b: Valor Agregado Censal Bruto (VABC)

Factor 2c: Superficie Cultivada por Municipio

Factor 2d: Índice de Marginación

Para determinar los valores del factor 2a se utilizó el número de habitantes por municipio de acuerdo al Censo Poblacional (INEGI, 2010a) y partiendo de la hipótesis de que las regiones con mayor actividad comercial e industrial se ven seriamente afectadas ante las sequías, se consideró el Valor agregado censal bruto (VABC) como un segundo factor. El VABC resulta de restar a la producción bruta total, el importe de los insumos totales y se le llama bruto por que a este valor agregado no se le han deducido las asignaciones efectuadas por la depreciación de los activos fijos. Estos datos se obtuvieron de la calculadora censal del INEGI con valores del 2008 para cada uno de los municipios de la Península.

Asimismo, dado que las actividades agrícolas se encuentran estrechamente relacionadas con la demanda de agua, el tercer factor considerado fue la superficie cultivada por municipio (INEGI, 2010a).

Por último se utilizó el Índice de Marginación por municipio (CONAPO, 2010) ya que la desigualdad social y de las carencias que padece la población pueden también ser factores que determinen una mayor vulnerabilidad ante la sequía.

Capacidad de Adaptación

Este componente se refiere a la resiliencia de la región ante condiciones de aridez, es decir al potencial de adaptarse al estrés impuesto por las sequías. Para el cálculo de este factor se tomaron en cuenta 2 subfactores:

Factor 3a: Altitud

Factor 3b: Calidad del Agua

La altitud de los municipios (obtenida del INEGI), está relacionada directamente con la profundidad del acuífero, por lo que municipios con mayor altitud pueden tener menor capacidad de adaptación ante una sequía (p.e. mayores problemas para extraer más agua del acuífero).

Por otro lado la calidad de agua restringe su uso y ante una sequía no está disponible sin un tratamiento de potabilización, por lo que acuíferos con mala calidad del agua disminuyen la capacidad de adaptación de los municipios. Esta variable se obtuvo del mapa de familias de agua de la CONAGUA (Acosta, 2009). A cada categoría se le asignó un valor y a cada municipio se le asoció un valor igual a la categoría dominante o en su defecto el promedio de las tres categorías dominantes.

Una vez calculados los valores normalizados para cada una de las variables elegidas, se calculó la suma pesada para cada uno de los municipios, esto consiste en promediar los valores normalizados de todas las variables para cada uno de los municipios. Este nuevo valor de cada municipio, se normaliza nuevamente y se obtiene el coeficiente de vulnerabilidad. Para determinar el grado de vulnerabilidad se utilizaron los intervalos del coeficiente de vulnerabilidad que se muestran en el tabla 9.8.

Tabla 9.8 Intervalos del Coeficiente de Vulnerabilidad

Categoría	Valor mínimo	Valor máximo
Muy Alta	0.80001	1.00000
Alta	0.60001	0.80000
Media	0.40001	0.60000
Baja	0.20001	0.40000
Muy Baja	0.00000	0.20000

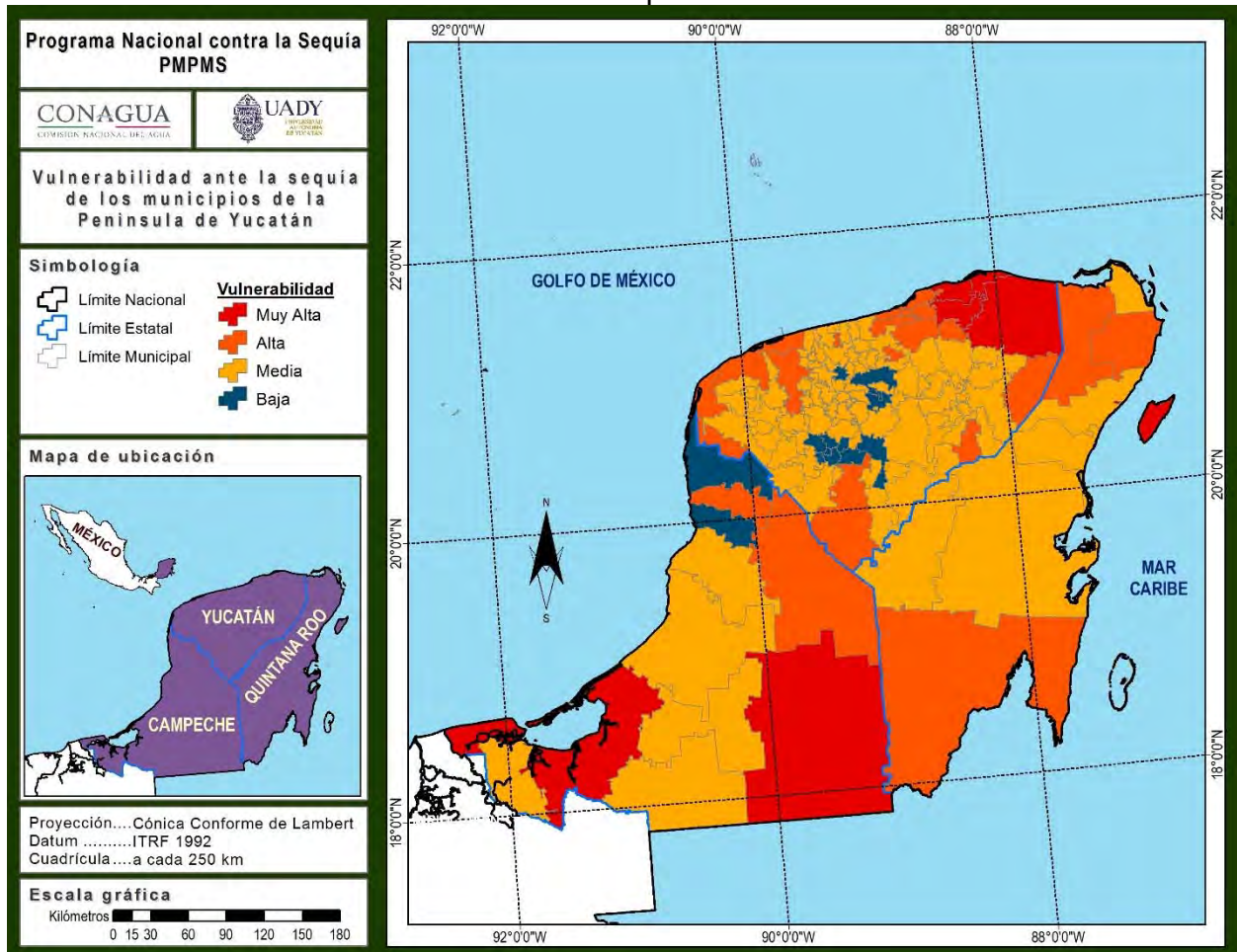
Fuente: Elaboración propia

9.6.2 Generación del mapa

Para generar el mapa de Vulnerabilidad de la región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán, se tomó el archivo correspondiente a la capa de la Península de Yucatán con los municipios, y se le asignó un sistema de referencia. (Data management/Projections and transformations/Define projections/geográficas) y se emplearon los intervalos del coeficiente de vulnerabilidad a la sequía de cada una de las categorías. Para la generación de este mapa no se consideraron los municipios de Bacalar y Tulum debido a su reciente creación como municipios y por lo tanto no existe suficiente información a nivel municipal de cada una de las variables evaluadas.

Tomando en cuenta las variables previamente descritas para el cálculo del grado de vulnerabilidad, ninguno de los 125 municipios que conforman la Península de Yucatán presentan un nivel muy bajo de vulnerabilidad. Los municipios que presentan un nivel bajo de vulnerabilidad son: Calkiní y Tenabo en el estado de Campeche; Cacalchén, Cantamayec, Chacsinkin, Chapab, Chumayel, Dzan, Izamal, Kantunil, Mama, Maní y Teabo en el estado de Yucatán (Figura 9.4).

Figura 9.4 Mapa de vulnerabilidad ante la sequía de la Península de Yucatán a nivel municipal.



Fuente: Elaboración propia

En el estado de Campeche, los municipios que presentan un nivel medio de vulnerabilidad son: Campeche, Candelaria, Champotón, Escárcega y Palizada; Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres y José María Morelos en el estado de Quintana Roo; y los municipios de Abalá, Acanceh, Akil, Baca, Bokobá, Calotmul, Cansahacab, Cenotillo, Chankom, Chichimilá, Chicxulub Pueblo, Chikinzonot, Chocholá, Conkal, Cuncunul, Cuzamá, Dzemul, Dzidzantún, Dzitás, Espita, Hocabá, Hoctún, Homún, Huhí, Ixil, Kanasín, Kaua, Kinchil, Kopomá, Maxcanú, Mayapán, Mocochoá, Motul, Muna, Muxupib, Opichén, Oxkutzcab, Peto, Quintana Roo, Sacalum, Samahil, Sanahcat, Santa Elena, Seyé, Sinanché, Sotuta, Sudzal, Suma, Thadziú, Tahmek, Tecoh, Tekal de Venegas, Tekantó, Tekit, Tekom, Telchac Puerto, Telchac Puerto, Temax, Temozón, Tepakan, Tetiz, Teya, Ticul, Timucuy, Tinum, Tixkokob, Tixmehuac, Tixpéhuac, Tunkás, Tzucacab, Uayma, Ucú, Umán, Valladolid, Xocchel, Yaxcabá, Yaxcucul y Yobaín en el estado de Yucatán.

Con un alto grado de vulnerabilidad a la sequía podemos identificar los municipios de Hecelchakán y Hopelchén en el estado de Campeche; Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo y para el estado de Yucatán Buctzotz, Celestún, Chemax, Dzilam Bravo, Dzilam Gonzáles, Dzoncahuich, Halachó, Hunucmá, Mérida, Progreso, Sucilá, Tekax, Telchac Pueblo y Tixcacalcupul.

Finalmente los municipios que presentan un muy alto grado de vulnerabilidad son Calakmul y Carmen en Campeche; Cozumel en Quintana Roo y Panabá, Río Lagartos, San Felipe y Tizimín en Yucatán.

En la Tabla 9.9 de resumen se muestra el número total de municipios por estado que presentan cada uno de los 5 intervalos de vulnerabilidad a la sequía (Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta), descritos en esta metodología.

Tabla 9.9 Número de municipios que presentan cada uno de los cinco intervalos de vulnerabilidad a la sequía

Estado	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Campeche	0	2	5	2	2
Quintana Roo	0	0	4	3	1
Yucatán	0	11	77	14	4
Total	0	13	86	19	7

Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración que la Península de Yucatán cuenta con 139, 897.43 Km² de superficie y la superficie que abarca cada municipio (INEGI 2010a), se determinó que el 0% de la superficie Península de Yucatán tiene un grado de vulnerabilidad muy bajo; el 4% (5,398.71 Km²) un grado bajo ante la sequía; el 48% (67,832.27 Km²) un grado medio; el 25% (35,338.71 Km²) un grado alto y finalmente el 22% (31,327.74 Km²) presenta un grado muy alto de vulnerabilidad.

A nivel estatal, Campeche cuenta con una superficie de 57,924.35 Km², realizando el análisis, es posible calcular el porcentaje de la superficie estatal que presenta cada uno de los grados de vulnerabilidad; en este estado, el total de superficie con un grado de vulnerabilidad bajo corresponde al 5.8% (3,382.85 Km²); el 38.93% (22,552.16 Km²) presenta un grado medio de vulnerabilidad; el 15.97% (9,251.57 Km²) un grado alto de vulnerabilidad y el restante 39.25% (14,117 Km²) presenta un grado muy alto de vulnerabilidad.

El estado de Quintana Roo posee una superficie total de 42,360.97 Km²; esta entidad no presenta municipios con niveles muy bajo y bajo de vulnerabilidad ante la sequía, el 55.41% (23,473.51 Km²) presenta un grado de vulnerabilidad medio; el

36.58% (15,496.32 Km²) un grado alto de vulnerabilidad y por último el 8% (3,391.14 Km²) un grado muy alto de vulnerabilidad.

Finalmente en el caso de Yucatán, el cual cuenta con un total de superficie de 39,612.11 Km², el 5% de la superficie cuenta con un grado bajo de vulnerabilidad, el 55% (23473.51 Km²) presenta un grado medio; el 26.73% (5,198.83 Km²) un grado alto de vulnerabilidad y el 13.12% restante (5,198.83 Km²) un grado muy alto de vulnerabilidad.

9.7 Vulnerabilidad de los Sistemas de abastecimiento del Recurso Hídrico de la Cuenca de la Península de Yucatán

Para la realización de esta sección únicamente se cuentan con los datos de los volúmenes totales de agua concesionados para usos consuntivos a nivel estatal (Tabla 9.10) y la capacidad de producción de las plantas potabilizadoras de los municipios de Mérida y Valladolid, ambos en Yucatán (Tablas 9.11 a 9.14).

Tabla 9.10 Volúmenes totales concesionados para usos consuntivos a nivel Estatal (millones de m³) en el periodo (2007-2013).

Estado	2006	2007	2009	2010	2011	2012	2013
Campeche	601.1	619.0	657.4	745.2	ND	943.4	1,494.9
Quintana Roo	387.1	459.8	611.7	791.9	ND	873.0	901.5
Yucatán	1056.1	1102.7	1156.1	1248.0	ND	1536.9	1,717.4
Total	2,044.3	2,181.5	2,425.2	2,785.1	2,843.8	3,353.3	4,113.8

ND= dato no disponible; Año 2008: ND.

Fuente: CONAGUA 2007b, 2008b, 2010, 2011b, 2012b, 2013a, 2014

En la tabla 9.12 se muestra la capacidad de producción para el año de 2006 de las plantas potabilizadoras de Mérida con una capacidad de 2.8 (m³/s) durante un promedio de bombeo de 19.2 horas diarias. El bombeo de agua se realiza de manera constante todos los días del año y tomando en cuenta el total de la población de Mérida (799,248 habitantes) como una constante, es posible el cálculo de indicadores como los m³ per cápita ya sea por día o por mes. Para el año 2006 el promedio de consumo de agua por mes fue de 7.37 m³, lo cual equivale a 7,370 litros; mientras que el consumo per cápita diario fue de 0.24 m³, lo cual equivale a 240 litros de agua consumida.

Tabla 9.11 Capacidad de Producción de las Plantas Potabilizadoras de Mérida. Año 2006.

Mérida 2006							
Mes	HPB	CT (m³/s)	Días	PT (m³)	Habitantes	m³/ cápita/ mes	m³/ cápita/ día
Enero	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
Febrero	19.2	2.8	28	5,419,008	799,248	6.78	0.24
Marzo	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
Abril	19.2	2.8	30	5,806,080	799,248	7.26	0.24
Mayo	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
Junio	19.2	2.8	30	5,806,080	799,248	7.26	0.24
Julio	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
Agosto	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
Septiembre	19.2	2.8	30	5,806,080	799,248	7.26	0.24
Octubre	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
Noviembre	19.2	2.8	30	5,806,080	799,248	7.26	0.24
Diciembre	19.2	2.8	31	5,999,616	799,248	7.51	0.24
PROMEDIOS				5,886,720	799,248	7.37	0.24

HPB= Horas Promedio de Bombeo; CT= Capacidad Total; PT= Producción Total

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONAGUA.

La tabla 9.13 corresponde a la capacidad de producción de las plantas potabilizadoras de Mérida para el año 2012. Para este año el consumo promedio mensual per cápita fue de 8.44 m³, lo cual equivale a 8,440 litros de agua. Mientras que el consumo diario per cápita fue de 0.28 m³, cifra que equivale a 280 litros de agua.

Tabla 9.12 Capacidad de producción de las Plantas Potabilizadoras de Mérida. Año 2012.

Mérida 2012							
Mes	HPB	CT (m³/s)	Días	PT (m³)	Habitantes	m³/cápita/mes	m³/cápita/día
Enero	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
Febrero	19.00	3.37	28	6,246,084.24	797,842	7.83	0.28
Marzo	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
Abril	19.00	3.37	30	6,636,902.40	797,842	8.32	0.28
Mayo	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
Junio	19.00	3.37	30	6,636,902.40	797,842	8.32	0.28
Julio	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
Agosto	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
Septiembre	19.00	3.37	30	6,636,902.40	797,842	8.32	0.28
Octubre	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
Noviembre	19.00	3.37	30	6,636,902.40	797,842	8.32	0.28
Diciembre	19.00	3.37	31	6,858,132.48	797,842	8.60	0.28
PROMEDIOS				6,733,385.10	797,842	8.44	0.28

HPB= Horas Promedio de Bombeo; CT= Capacidad Total; PT= Producción Total

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONAGUA.

En la tabla 9.14 se muestra la capacidad de producción de las plantas potabilizadoras del municipio de Valladolid, Yucatán, para el año 2006. En este año el consumo promedio per cápita mensual fue de 3.72 m³, lo cual equivale a 3,720 litros de agua, mientras que el consumo promedio diario fue de 0.12, cifra que equivale a 120 litros.

Tabla 9.13 Capacidad de producción de las Plantas Potabilizadoras de Valladolid, Yucatán. Año 2006.

Valladolid 2006							
Mes	HPB	CT (m³/s)	Días	PT (m³)	Habitantes	m³/cápita/mes	m³/cápita/día
Enero	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
Febrero	11.4	0.367	28	163,175	47,637	3.425	0.12
Marzo	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
Abril	11.4	0.367	30	174,830	47,637	3.670	0.12
Mayo	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
Junio	11.4	0.367	30	174,830	47,637	3.670	0.12
Julio	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
Agosto	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
Septiembre	11.4	0.367	30	174,830	47,637	3.670	0.12
Octubre	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
Noviembre	11.4	0.367	30	174,830	47,637	3.670	0.12
Diciembre	11.4	0.367	31	180,658	47,637	3.792	0.12
PROMEDIOS				177,258	47,637	3.721	0.12

HPB= Horas Promedio de Bombeo; CT= Capacidad Total; PT= Producción Total
 Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONAGUA.

En la tabla 9.15 se muestra la capacidad de las plantas potabilizadoras del Municipio de Valladolid, Yucatán para el año de 2012. Para este año el consumo promedio mensual per cápita del recurso hídrico fue 8.70 m³, cantidad que equivale a 8,700 litros; mientras que el consumo diario fue de 0.28 m³, cifra que equivale a 280 litros.

Tabla 9.14 Capacidad de producción de las Plantas Potabilizadoras de Valladolid.
Año 2012.

Valladolid 2012							
Mes	HPB	CT (m³/s)	Días	PT (m³)	Habitantes	m³/ cápita/ mes	m³/ cápita/ día
Enero	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
Febrero	11.88	0.312	28	451,483.20	56,319	8.02	0.28
Marzo	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
Abril	11.88	0.312	30	483,732.00	56,319	8.59	0.28
Mayo	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
Junio	11.88	0.312	30	483,732.00	56,319	8.59	0.28
Julio	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
Agosto	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
Septiembre	11.88	0.312	30	483,732.00	56,319	8.59	0.28
Octubre	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
Noviembre	11.88	0.312	30	483,732.00	56,319	8.59	0.28
Diciembre	11.88	0.312	31	499,856.40	56,319	8.88	0.28
PROMEDIOS				490,450.50	56,319	8.70	0.28

HPB= Horas Promedio de Bombeo; CT= Capacidad Total; PT= Producción Total
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONAGUA.

En ambos casos se puede notar una tendencia creciente en el consumo de agua. En el caso del municipio de Mérida el consumo en metros cúbicos diarios por persona fue de 0.24, mientras que para el año de 2012 se incrementó a 0.28. Tomando en cuenta estas cifras se obtiene que el consumo/per cápita/anual para el caso del municipio de Mérida fue de 7.37, mientras que para el año 2012 esta cifra se incrementó a 8.44 m³.

Para el caso de Valladolid el comportamiento fue similar, ya que para el año 2006, el consumo en m³ diarios por persona fue de 0.12, incrementándose a 0.28 para el año 2012. Mientras que el consumo de agua per cápita anual pasó de 3.72 m³ en el año 2006 a 8.70 m³ para el año 2012.

Con estas cifras podemos observar que en el caso de estos municipios hay una tendencia creciente en el consumo del recurso hídrico, ya que el consumo per cápita se ha incrementado en estos seis años en un 22%. Siendo el caso de Valladolid más alarmante, ya que en el mismo lapso de tiempo el incremento en el consumo de agua/per cápita/anual fue del 127%.

Según datos de la OMS la cantidad de agua recomendada para cubrir las necesidades diarias es de 80 litros, para el caso del Municipio de Mérida el consumo diario de agua

para el año 2012 fue de 0.28 m³, lo cual equivale a 280 litros diarios, misma cifra que se alcanzó para el Municipio de Valladolid en el mismo año.

Según la FAO (1995) los estándares internacionales mencionan que el consumo anual de agua de los municipios debe oscilar en valores cercanos a 61 m³ per cápita. Con la información obtenida se puede estimar que el consumo per cápita anual de Mérida para el año de 2006 fue de 88.38 m³ per cápita y para el año 2012 esta cifra se incrementó a 101.27 m³ per cápita. En el caso de Valladolid el consumo de agua anual para 2006 fue de 44.65 metros cúbicos per cápita, mientras que para el año 2012 se incrementó a 104.50 m³ per cápita.

Anexos

Anexo 9.1. Reportes de contingencias climatológicas por sequía publicados en el Diario Oficial de la Federación

Estado	Periodo de sequía/ Publicación en el DOF	Municipios afectados	Apoyo
Yucatán	1o. de julio al 31 de agosto de 2008 / 16 de diciembre de 2008	Abalá, Acanceh, Akil, Bokobá, Buctzotz, Cacalchen, Cantamayec, Celestún, Chacsinkin, Chankom, Chapab, Chikindzonot, Chumayel, Cuzamá, Dzan, Dzoncauich, Hocabá, Homún, Huhí, Hunucmá, Kinchil, Mayapán, Motul, Muxupip, Opichén, Oxkutzcab, Panabá, Río Lagartos, Sacalúm, Samahil, Santa Elena, Sanahacat, Seyé, Sotuta, Suma, Tahmek, Tecoh, Tekax, Tekit, Tekóm, Temax, Tetíz, Ticul, Timucuy, Tixcacalcupul, Tixkokob, Tixméuac, Tixpéual y Tizimín	PACC: \$10,475,215.6 5 mdp
Yucatán	1 de junio al 31 de julio de 2009 / 27 de octubre de 2009	Akil, Buctzotz, Calotmul, Cenotillo, Cuncunul, Chankom, Chemax, Chichimilá, Chikindzonot, Dzitás, Dzoncauich, Espita, Hoctún, Kaua, Oxkutzcab, Panabá, Quintana Roo, Río Lagartos, San Felipe, Sucilá, Tahmek, Tekax, Tekom, Temozón, Tinum, Tixcacalcupul, Tizimín, Uayma, Valladolid y Xocchel	PACC
Yucatán	1o. de mayo al 31 de agosto de 2009 / 24 de noviembre de 2009	Abalá, Acanceh, Akil, Baca, Buctzotz, Calotmul, Celestún, Cenotillo, Conkal, Cuncunul, Cuzamá, Chacsinkín, Chankom, Chapab, Chemax, Chichimilá, Chikindzonot, Chicxulub Pueblo, Dzemul, Dzilam González, Dzitás, Dzoncauich, Espita, Halachó,	PACC: \$4,348,790 mdp

		Hocabá, Hoctún, Homún, Huhí, Hunucmá, Ixil, Kanasín, Kaua, Kopomá, Maní, Maxcanú, Mocochoá, Motul, Muna, Opichén, Oxkutzcab, Panabá, Peto, Progreso, Quintana Roo, Río Lagartos, Sacalúm, San Felipe, Sanahacat, Santa Elena, Seyé, Sinanché, Sotuta, Sucilá, Tahdziú, Tahmek, Tecoh, Tekal de Venegas, Tekax, Tekit, Tekom, Telchac Pueblo, Telchac Puerto, Temax, Temozón, Ticul, Timucuy, Tinum, Tixcacalcupul, Tixkokob, Tixpéhual, Tizimín, Tunkás, Tzucacab, Uayma, Ucu, Valladolid, Xocchel, Yaxcabá, Yaxkukul y Yobaín	
Campeche	del 1 de junio al 30 de septiembre de 2004 / 23 de noviembre de 2004	Calakmul	FAPRACC/ FONDEN: \$7,428,750 mdp
Campeche	mayo, junio, julio y septiembre de 2007 / 16 de octubre de 2007	Tenabo, Escárcega, Hopelchén, Candelaria, Carmen y Palizada	FAPRACC/ FONDEN: \$665,896 mdp
Quintana Roo	Agosto de 2004 / 15 de septiembre de 2004	Felipe Carrillo Puerto	FAPRACC/ FONDEN
Quintana Roo	junio y noviembre de 2004 / 14 de diciembre de 2004	José María Morelos	FAPRACC/ FONDEN

Fuente: Elaboración propia, datos del Padrón Preliminar de Beneficiarios del Programa de Atención a Contingencias Climatológicas 2004, 2007, 2008, 2009.

Anexo 9.2. Total de hectáreas dañadas por la sequía y pagos de indemnización para Yucatán en 2008.

Municipio	Cultivo o Especie	Hectáreas	Unidades Animal	Monto Indemnizado (pesos)
Bokobá	Maíz	285.0	0	230,850
Buctzotz	Maíz	192.0	0	155,520
Cacalchén	Maíz	108.0	0	87,480
Cuncunul	Maíz	561.0	0	504,900
Cuzamá	Maíz	198.0	0	160,380
Chacsinkín	Maíz	727.0	0	588,870
Chikindzonot	Maíz	3,921.0	0	3,176,010
Chumayel	Maíz	884.4	0	795,960
Dzoncauich	Maíz	1,200.0	0	972,000
Hocabá	Maíz	294.0	0	238,140
Homún	Maíz	257.0	0	208,170
Huhí	Maíz	473.0	0	383,130
Kinchil	Maíz	631.0	0	511,110
Motul	Maíz	1,016.0	0	640,080
Oxkutzcab	Maíz	3,049.1	0	2,744,199
Peto	Maíz	4,947.0	0	4,452,255
Seyé	Maíz	250.0	0	202,500
Sotuta	Maíz	1,688.2	0	1,519,353
Suma	Maíz	120.0	0	97,200
Tahdziú	Maíz	1,248.0	0	1,123,200
Tahmek	Maíz	250.0	0	202,500
Teabo	Maíz	964.3	0	867,870
Tekit	Maíz	442.0	0	358,020
Temax	Maíz	1,419.0	0	1,149,390
Tetíz	Maíz	168.0	0	136,080
Ticul	Maíz	701.5	0	631,314
Tixcaltucupul	Maíz	1,129.0	0	914,490
Tixkokob	Maíz	143.0	0	90,090
Tixpéhual	Maíz	138.0	0	86,940
Tizimín	Maíz	8,512.0	0	6,894,720
Tzucacab	Maíz	3,220.0	0	2,898,009
Total		39,136.4	0	33,020,730

Fuente: Sistema de información para el seguimiento a la operación de los seguros agropecuarios catastróficos (SAGARPA, 2012c).

Anexo 9.3. Total de hectáreas dañadas por la sequía y pagos de indemnización para Yucatán en 2009.

Municipio	Cultivo o Especie	Hectáreas	Unidades Animal	Monto Indemnizado (\$)
Acanceh	Maíz	49.0	0.0	44,100.0
Buctzotz	Maíz	99.0	0.0	89,100.0
Cansahcab	Maíz	273.0	0.0	245,700.0
Cantamayec	Maíz	180.0	0.0	162,000.0
Cenotillo	Maíz	754.0	0.0	678,600.0
Chankom	Maíz	250.0	0.0	225,000.0
Chemax	Maíz	3,599.5	0.0	3,239,550.0
Chichmilá	Maíz	120.0	0.0	108,000.0
Chikindzonot	Maíz	173.0	0.0	155,700.0
Dzilam De Bravo	Maíz	100.0	0.0	90,000.0
Espita	Maíz	50.0	0.0	45,000.0
Hoctún	Maíz	8.0	0.0	7,200.0
Homún	Maíz	46.0	0.0	41,400.0
Izamal	Maíz	707.0	0.0	636,300.0
Kaua	Maíz	122.0	0.0	109,800.0
Kinchil	Maíz	250.0	0.0	225,000.0
Maní	Maíz	240.0	0.0	216,000.0
Muna	Maíz	1,708.0	0.0	1,537,200.0
Seyé	Maíz	18.0	0.0	16,200.0
Teabo	Maíz	964.3	0.0	867,870.0
Tekit	Maíz	439.0	0.0	395,100.0
Temax	Maíz	25.0	0.0	22,500.0
Temozón	Maíz	1,000.0	0.0	900,000.0
Tinum	Maíz	896.0	0.0	806,400.0
Tixcacalcupul	Maíz	998.0	0.0	898,200.0
Tizimín	Maíz	677.0	0.0	609,300.0
Uayma	Maíz	266.0	0.0	239,400.0
Valladolid	Maíz	2,657.0	0.0	2,391,300.0
Yaxcabá	Maíz	662.1	0.0	595,917.0
Total		17,330.9	0.0	15,597,837.0

Fuente: Sistema de información para el seguimiento a la operación de los seguros agropecuarios catastróficos (SAGARPA, 2012e).

Anexo 9.4. Montos de Apoyos otorgados.

Componente de apoyo	Unidad de medida	Cantidad máxima de apoyo	Monto unitario
A. Actividad Agrícola I. Cultivos Anuales II. Cultivos Perennes III. Plantaciones de Frutales(1)	Pesos/Ha a Pesos/Ha a Pesos/Ha a	Hasta 5 Ha/Productor Hasta 5 Ha/Productor Hasta 5 Ha/Productor	750 pesos/Ha 750 pesos/Ha Hasta 5mil pesos/Ha
B. Actividad Pecuaria(2)	Unidad Animal (U.A.)	Hasta 25 cabezas de ganado mayor o equivalentes	360 pesos/U.A. 800 pesos/U.A.

Fuente: Reglas de Operación del Programa del Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC), 2003.

Componente de apoyo	Monto de apoyo			
	2002	2003	2004	2005
A. Actividad Agrícola				
I. Cultivos Anuales (\$/Ha)	348	361	750	800
II. Cultivos Perennes (\$/Ha)	391	406	750	800
III. Plantaciones de Frutales (\$/Ha)	391	De 3,000 a	Hasta 5,000	Hasta
Nopal	348	5,000	Hasta 5,000	5,000
Café	970	361 1006	Hasta 5,000	Hasta 5,000 Hasta 5,000
B. Actividad Pecuaria				
Sequía (\$/U.A)	244	253	360	380
Resto de fenómenos	244	253	800	850

Fuente: FAPRACC 2005.

CAPÍTULO 10. INDICADORES DE SEQUÍA

10.1 Introducción

Con el fin de comparar, definir y monitorear las características de la sequía, se han propuesto una variedad de índices, los cuales están relacionados con el análisis de una o más variables meteorológicas tales como: la precipitación, humedad relativa, temperatura máxima y mínimas, etc. La complejidad de los índices es muy diversa, desde los más simples que hacen uso de la precipitación media anual o mensual, hasta los más complejos en los que se integran otras variables como la evaporación, temperatura máxima, humedad en el suelo o evapotranspiración (OMM, 2006). La selección de los índices a utilizar depende mucho de la zona geográfica, ya que dependiendo de la región pueden ser más crítico que otro; además la disponibilidad de la información necesaria para determinarlos es un factor de vital importancia en la elección del índice a utilizar.

Para el caso de la Península de Yucatán se sugiere utilizar el monitor de sequía creado en 2002 el cuál emplea los índices más utilizados para determinar el grado de sequía de los países de América del Norte (Tabla 10.1). Los índices empleados son:

Índice de precipitación estándar (SPI) por sus siglas en inglés (Standard Precipitation Index) el cual representa el número de desviaciones estándar que cada uno de los registros evaluados se desvía del promedio histórico (OMM, 2006; USDM, 2013).

Índice de sequía de Palmer (PDSI) es empleado como un indicador que señala el déficit de humedad. Este índice refleja la estimación de la humedad normal y para su cálculo se toman en cuenta variables como los promedios mensuales de evapotranspiración, recarga subterránea, escurrimiento y la pérdida de agua en el suelo (Alley, 1984; USDM, 2013).

Índice de humedad del suelo que toma en cuenta la precipitación y la temperatura, ya que no existe una red amplia de monitoreo de humedad del suelo. Con estas dos variables el modelo realiza el cálculo de la humedad del suelo, la evaporación y la escorrentía. Por otra parte la evaporación potencial es calculada a partir de las temperaturas registradas (USDM, 2013).

Índice de suministro de agua superficial (SWSI), el cual fue creado para complementar el índice de Palmer, ya que este no fue diseñado para terrenos montañosos. Este índice incluye variables como la capa de nieve, el depósito de almacenamiento, los caudales semanales (Weekly streamflow), precipitación, principalmente. Lo importante a considerar para este índice es que es necesario realizar su cálculo para cada cuenca hidrográfica (USDM, 2013).

Índice de humedad de cultivos es un derivado del índice de Palmer, y refleja el suministro de humedad a corto plazo en las principales regiones agrícolas. Su objetivo es identificar posibles fenómenos de sequía agrícola, por lo cual no tiene la intención de evaluar sequías a largo plazo (USDAM, 2013).

10.2 Indicadores de sequía

En la tabla 10.1 se muestran los indicadores de sequía que son monitoreados, y de igual manera se proponen otros que de importancia a los que actualmente no se les da seguimiento.

En la tabla 10.2 se enumeran tanto las variables que son necesarias para el cálculo de los índices, así como a las que no se les da seguimiento actualmente o no se miden directamente, pero que son de importancia debido a las características de la región.

Tabla 10.1. Índices empleados para el monitoreo de sequía en el Programa de Medidas Prerrentivas y de Mitigación de la Sequía.

Índices de Sequía	Utilizado actualmente	Nuevo	Indicadores Clave para desarrollar acciones	Periodo crítico o clave	Observaciones
Índice de precipitación Estándar (SPI).	X		X	Todo el año	A través del MSAN
Índice de sequía de Palmer (PDSI)	X		X	Todo el año	A través del MSAN
Weekly Streamflow (USGS)	X		X	Todo el año	A través del MSAN
Soil Moisture Model (CPC)	X		X	Todo el año	A través del MSAN
Índice de suministro de agua superficial (SWSI)	X		X	Todo el año	A través del MSAN
Índice de humedad de cultivos	X		X	Todo el año	A través del MSAN. Únicamente es empleado sequía del tipo agrícola.

MSAN=Monitor de Sequía de América del Norte. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.2. Variables para el cálculo de los índices de sequía e instituciones que las monitorean.

Variables relacionadas con los índices de Sequía	Monitoreado actualmente	Nuevo	Variables clave para desarrollar acciones	Periodo crítico o clave	Observaciones
Precipitación	X		X	Marzo-Mayo, Julio-Agosto	A través de la CONAGUA.
Escurrimientos		X	X	Marzo-Mayo, Julio-Agosto	
Caudales de ríos	X		X	Todo el Año	A través de la CONAGUA.
Humedad del Suelo		X	X	Marzo-Mayo, Julio-Agosto	
Evaporación	X		X	Marzo-Mayo, Julio-Agosto	A través de la CONAGUA.
Evapotranspiración	X		X	Marzo-Mayo, Julio-Agosto	Puntualmente a través del INIFAP
Niveles piezométricos (recarga del Acuífero)	X	X	X	Todo el Año	No existe una red de monitoreo. Los datos que existen son aislados.
Temperatura máxima	X		X	Todo el Año	A través de la CONAGUA.
Temperatura mínima	X		X	Todo el Año	A través de la CONAGUA.
Temperatura promedio	X		X	Todo el Año	A través de la CONAGUA.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 11. ETAPAS DE SEQUÍA

11.1 Introducción

La sequía es un fenómeno natural en el que la disminución en la disponibilidad de agua afecta a diversos sectores, estos impactos pueden verse desde el punto de vista económico, ambiental o social. Para poder prever y realizar planes de prevención y mitigación es importante medir los riesgos e impactos de la sequía, los cuales pueden ser evaluados mediante el monitoreo de los rangos de intensidad de esta misma. Para efectos del programa se han establecido cinco etapas de intensidad de la sequía de acuerdo a los estándares internacionales: Anormalmente seco (D0), Sequía moderada (D1), Sequía severa (D2), Sequía extrema (D3) y Sequía excepcional (D4).

11.2 Etapas de la sequía

La primera etapa (Anormalmente seco, D0) consiste en una condición ambiental en la que la humedad disminuye. En esta etapa es posible que debido a la poca humedad en el ambiente se retrase la siembra de algunos cultivos anuales, limita el crecimiento de cultivos o pastos, se incrementa el riesgo a la presencia de incendios, y si se prolonga esta etapa, es decir que exista un déficit persistente de agua, ocasionaría que los pastos para ganadería y algunos cultivos ya no se recuperen. En esta etapa se presenta una reducción en la oferta de agua de 5 a 10% respecto a la demanda. El objetivo para esta etapa es estar alerta, monitorear de manera periódica los indicadores que detonan el progreso de la sequía, y la implementación de mecanismos de información y alerta a la sociedad, para que empiecen a prepararse ante un posible evento de sequía.

En la etapa de sequía moderada (D1), se presentan daños más visibles a algunos cultivos y pastos ganaderos, existe un alto riesgo de incendios y empieza a haber un problema de escasez de agua debido a que los niveles de arroyos, embalses y pozos disminuyen. La disponibilidad de agua en esta etapa se reduce del 10 al 20%. El objetivo para esta etapa es continuar con el monitoreo de los indicadores de manera más frecuente que en la etapa anterior, reforzar las acciones de alerta a la población, y se empiezan a realizar acciones de mitigación en zonas críticas o vulnerables.

La siguiente etapa es sequía severa (D2), en esta etapa existen pérdidas de cultivos y pastos, se afectan otras actividades productivas y existe un alto riesgo de incendios, la escasez de agua es común. El déficit en la disponibilidad de agua es del 20 al 35% con respecto a la demanda. El objetivo para esta etapa es continuar con el monitoreo de indicadores, continuar con la divulgación de información de medidas de contingencia, mayores restricciones para el uso del agua en zonas críticas, y empezar a tomar decisiones en el resto de las zonas de la Cuenca.

En la etapa de sequía extraordinaria (D3) la pérdida de cultivos y pastos es mayor, de igual manera la afectación a otras actividades productivas se intensifica, mayor riesgo de incendios. En esta etapa el déficit de agua se encuentra entre el 35 y 50% con respecto a la demanda. El objetivo en esta etapa es la reducción en el uso de agua en un 20%, así como restricciones más rigurosas.

La última etapa es la sequía excepcional (D4) en la que se presentan grandes pérdidas generalizadas de cultivos y existe escasez de agua en embalses, arroyos y pozos. Existe un déficit de agua de más del 50% respecto a la demanda. En esta etapa es importante racionar el agua para uso y consumo humano.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes rangos del índice de precipitación estándar (SPI), para cada una de las etapas de severidad de sequía. En la tabla 11.4 se identifican las metas que se esperan alcanzar en cada una de las etapas de la intensidad de la sequía identificadas.

Tabla 11.1. 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 Extraordinaria	-2.00 a -2.49
D4	Sequía Excepcional	-2.50 o menor

Fuente: Modificado de Giddings et al., (2005).

11.3 Factores iniciales y metas

Tabla 11.2. Etapas de sequía, factor inicial y meta o respuesta esperada.

Etapa	Factor Inicial	Meta
Anormalmente Seco	<p>Época de secas: Retraso de la temporada de lluvias</p> <p>Época de la canícula: Más de diez días sin lluvia.</p>	Informar a los municipios más vulnerables del riesgo de que se presente una sequía.
Sequía Moderada	<p>Época de secas: Disminución en la germinación de los cultivos de temporal. Aumento en la cantidad de agua requerida para el abasto humano y agropecuario</p> <p>Época de la canícula: Comienzan signos de marchitez en cultivos, parques y jardines.</p>	<p>“El 100% de la población debe de estar notificada de que se está presentando un fenómeno de sequía”</p> <p>“Reducción de un 15% de consumo de agua en municipios menos vulnerables”</p>

	Comienza pérdida de flores y frutos, disminución de calidad de los productos pecuarios, disminución de rendimientos.	“Aumento de la oferta de agua en concordancia con el aumento de la demanda”
Sequía Severa	<p>Época de secas: Pérdida total de la primera siembra (necesidad de resembrar).</p> <p>Época de la canícula: Comienza pérdida de cultivos vulnerables a la sequía. Comienza pérdida de colmenas de productores sin fuente de agua cercana. Aumento en la cantidad de agua requerida para el abasto humano y agropecuario</p>	<p>“Aumento de la oferta de agua en concordancia con el aumento de la demanda”</p> <p>“Reducción del consumo de agua en un 20% en sectores menos vulnerables”</p> <p>“Apoyos agropecuarios para reactivar los procesos productivos”</p>
Sequía extraordinaria	<p>Época de secas: Comienza pérdida de cultivos menos vulnerables a la sequía. Inicia disminución de agua de los reservorios superficiales (jagueyes naturales y artificiales, haltunes, etc.).</p> <p>Época de la canícula: Pérdida de cultivos vulnerables. Pérdida de colmenas generalizada Comienza pérdida de cabezas de ganado</p>	<p>“Aumento de la oferta de agua en concordancia con el aumento de la demanda”</p> <p>“Abastecer la cantidad mínima requerida del recurso hídrico para los sectores menos vulnerables”</p> <p>“Reducción del consumo de agua en un 30% en sectores menos vulnerables”</p>
Sequía Excepcional	<p>Época de secas: Comienza déficit de agua potable. Disminución significativa del caudal de agua en ríos. Pérdidas masivas de cultivos, colmenas y cabezas de ganado.</p> <p>Época de la canícula: Pérdidas masivas de cultivos, colmenas y cabezas de ganado.</p>	<p>“Aumento de la oferta de agua en concordancia con el aumento de la demanda”</p> <p>“Abastecer la cantidad mínima requerida a todos los sectores”</p>

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 12. MONITOREO DE LA SEQUÍA

12.1 Introducción

Las características particulares de la sequía hacen que éste fenómeno difiera en varios aspectos con otros fenómenos naturales. En primer lugar es muy difícil determinar el momento preciso en el que está comenzando una sequía o definir los criterios para determinar que ha terminado (OMM, 2013). Otro factor que influye es que los efectos de las sequías no son del tipo estructural y el área afectada por este fenómeno es de mayor extensión, que la afectada por otros fenómenos naturales como sismos, huracanes, crecidas de ríos, etc. Debido a la variabilidad severidad, intensidad y duración, es difícil emplear una definición exacta y universalmente aceptada, ya que las sequías que se dan en América del Norte son muy diferentes a las que se dan en Europa, Australia, China o Brasil (OMM, 2013).

Debido al fuerte impacto que tiene este fenómeno sobre las actividades humanas, principalmente la agricultura, varios países están avanzando en el desarrollo de sistemas de vigilancia y alerta temprana de la sequía, tales son el caso de China, Australia y Brasil (OMM, 2013).

En la región, México participa en el Sistema de Alerta Temprana de Centroamérica (SATCA), el cual es un esfuerzo en conjunto y nos brinda información meteorológica como el clima actual y tiene un sistema de alertamiento para fenómenos naturales como Sequías, Tsunamis, El Niño y la Niña, Inundaciones, Sismos y Erupciones Volcánicas (SATCA, 2013).

Otro sistema de alerta en el que participa México es el Monitor de Sequías de América del Norte, como ya se mencionó en el capítulo anterior, este monitor usa como base al Monitor de Sequías de Estados Unidos (USDAM) (NADM, 2013).

En esta sección se describe la metodología sugerida para el monitoreo de la sequía en la Península de Yucatán.

12.2 Metodología para el Monitoreo de la Sequía para el PMPMS

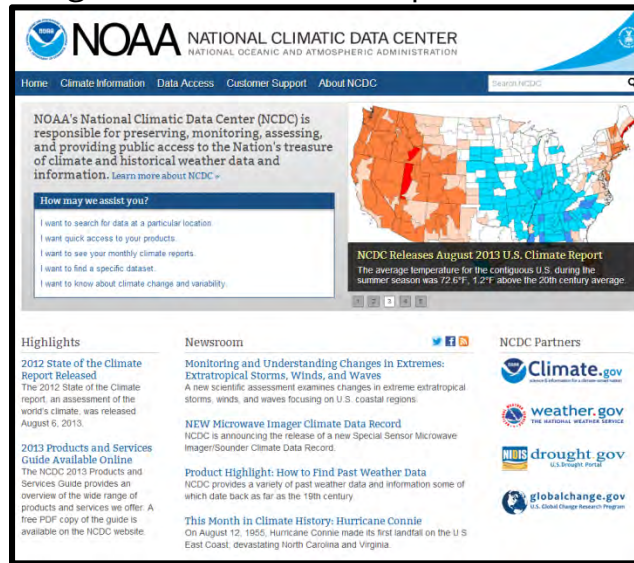
En esta sección se describe la metodología sugerida para el monitoreo de la sequía para la Cuenca de la Península de Yucatán.

1) Se calcula el índice de precipitación estándar para los municipios de la Península de Yucatán en la primera semana de cada mes. Este índice se calculará a partir de los datos de precipitación de estaciones previamente seleccionadas por su cantidad y calidad de datos (mínimo 30 años de datos) (Anexo 1). Con esta información la segunda semana se genera un mapa y una lista de municipios en riesgo de sequía.

2) Se obtiene el mapa de sequías generado por el monitor de sequías de América del Norte. Este mapa se elabora la segunda semana de cada mes, con la información

correspondiente del mes inmediato anterior. Esta información es publicada en su página oficial durante la tercera semana de cada mes (Figura 11.1).

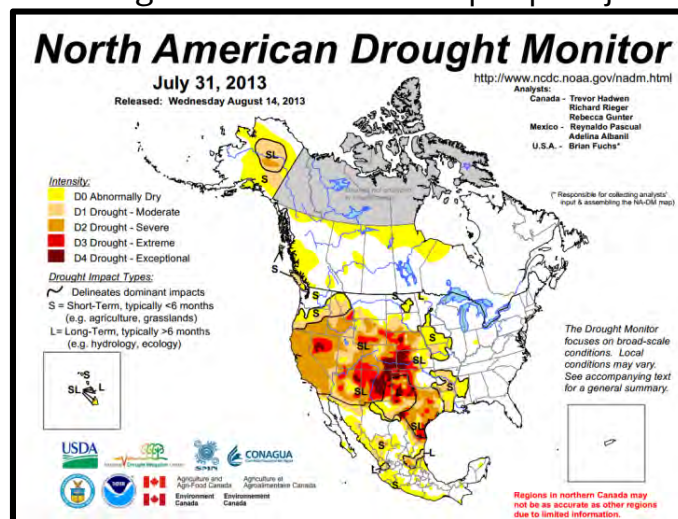
Figura 11.1. Página del Monitor de Sequías de América del Norte.



Fuente: NCDC, 2013.

En la Figura 11.2 se observa un ejemplo de los mapas publicados por el monitor de sequía de América del Norte, estos mapas son descargados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Figura 11.2. Imagen del monitor de sequía para julio de 2013.



Fuente: <http://www.drought.gov/drought/>.

3) Se publica la lista de municipios con sequía por cada estado, considerando aquellos municipios determinados por el monitor de sequía así como aquellos con un SPI < a - 0.5 y que no estén incluidos en el mapa del monitor de sequía.

Anexos

Anexo 12.1. Estaciones Climatológicas seleccionadas para el cálculo del SPI.

Estado de Campeche	Estado de Quintana Roo	Estado de Yucatán
Becal	Adolfo López	Abalá
Bolonchen	Chetumal Observatorio	Acanche
Calkiní	Dziuché	Akil
Campeche Centro	Ideal	Becanchén
Campeche Observatorio	Inia	Buctzotz
Candelaria	Kantunilkin	Celestún
Ciudad del Carmen	La Presumida	Chancenote
Champotón	Lázaro Cárdenas	Chanchimila
Chicbul	Leona Vicario	Chemax
Dzibalchén	Limonés	Chicxulub
Edzaná	Nicolás Bravo	Dzan
Escárcega	Pucté	Dzilam de Bravo
Hecelchacán	Señor	Dzitas
Hool	Sergio Butrón	Holcá
Hopelchén	Solferino	Izamal
Isla Aguada	Tulum	Kinchil
Isla Arena	Vallehermoso	Loche
Iturbide	Victoria	Mérida Observatorio
Mammantel		Mocochá
Monclova		Motul
Palizada		Muna Centro
Pocyaxum		Muna CIAPY
Sabancuy		Oxkutzcab
Santa Cristina		Peto
Sihochac		Progreso Observatorio
Silvituk		Río Lagartos
Tinum		Santa Elena
Xcupli		Sisal
Zoh Laguna		Sotuta
		Tabi
		Teabo
		Tekax Centro
		Tekax Unidad
		Telchac Puerto
		Telchaquillo
		Ticul
		Tixmehuac
		Tzucacab

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 13. MEDIDAS PARA ATENDER LA SEQUÍA

13.1 Efecto e impacto de las diversas estrategias en los diferentes sectores

En esta sección se presentan las estrategias obtenidas de los talleres de trabajo y se señala con una 'X' al o los sectores que pueden resultar afectados por la sequía. Así mismo, de acuerdo a la guía para la formulación de PMPMS, en esta sección deben considerarse los costos y los beneficios específicos que acarrea una sequía, en base a las estrategias de mitigación y respuesta, pero debido a que no se cuentan con los datos económicos y financieros suficientes para incluir esta parte cuantitativa, se realizó únicamente un análisis cualitativo.

Siguiendo la guía para la formulación de PMPMS, todas las estrategias fueron clasificadas en dos categorías: aquellas que puedan ser implementadas antes de llegar la sequía (corto plazo) o aquellas que puedan ser aplicadas cuando ya está presente (largo plazo).

Tabla 13.1. Medidas para los sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
CORTO PLAZO										
1. Reúso de las aguas entre sectores	X	X	X							
2. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	X	X	X		X	X	X		X	
3. Automatización de riego nocturno (monitoreo, suministro)	X	X	X						X	
4. Modificar el calendario de quemas con base en las condiciones climatológicas	X		X							
5. Suministro de suplementos alimenticios para ganado		X								
6. Tarifas eléctricas subsidiadas para el sector agropecuario. Apoyo en el trámite. Ajustar las tarifas al consumo de energía.	X	X								

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
7. Disminuir los hatos ganaderos durante el periodo de sequía -disminuir número de animales por productor		X								
8. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	X	X	X		X	X	X	X	X	X
LARGO PLAZO										
1. Estudio de riesgo hidrometeorológico y planes de adaptación de cambio climático	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Fortalecer programas de innovación tecnológica que apoyen a empresas (agropecuarias, etc.) en adquirir equipos ahorradores de agua	X	X								
3. Modificar la normatividad del uso de las aguas nacionales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Regularizar las descargas clandestinas de aguas residuales y promover el uso de la misma para el riego de áreas verdes	X	X	X						X	
5. Creación de un comité interinstitucional evaluador de proyectos agropecuarios (aprobados y por aprobar), silvícolas.	X	X	X	X						
6. Buscar alternativas ecológicas como las ecotécnicas de sistemas de riego y reúso de agua	X	X	X							
7. Programa de biodigestores en pequeñas granjas porcícolas de los ejidos para evitar contaminación del manto freático, además de		X							X	

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
las que ya se han aprobado para grandes productores (ej. Programa de FIRCO para productores con más de 6mil animales en Yucatán).										
8. Promover sistemas de riego soportados por fuentes de energía renovable	X	X	X							X
9. Reactivar unidades de producción abandonadas que ya cuentan con infraestructura de riego	X	X	X							
10. Medir el caudal y el volumen empleado para el riego	X	X							X	
11. Rediseño de los potreros, teniendo consideración en su ubicación y en la menor extensión para eficientizar riego.		X							X	
12. Construcción de obras de captación de agua de lluvia para abrevaderos / construcción de cisternas		X							X	
13. Promover el establecimiento de sistemas de riego que cubran eficientemente las necesidades de cada sistema productivo	X		X						X	X
14. Promover el uso de sistemas de captación de agua de lluvia.		X							X	
15. Fomentar el estudio del efecto de la sequía sobre la flora y fauna de la región	X	X	X							
16. Difundir el programa contra incendios y aplicar la normatividad en la materia	X	X	X							
17. Crear cultura del uso «adecuado» y manejo del fuego basado en los ajustes	X	X	X							

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
oportunos y pertinentes del calendario de quemas - considerar condiciones climatológicas para realizar la quema										
18. Fomentar la implementación de humedales artificiales en unidades ganaderas para mayor aprovechamiento del agua.		X							X	
19. Incrementar programas de reforestación y conservación de zonas de recarga			X							
20. Adecuar los programas de reforestación en base a temporada de lluvias y asegurar la efectividad del programa.	X		X							
21. Regular la deforestación de acuerdo con el uso del suelo especificado en el ordenamiento ecológico territorial	X	X	X							
22. Establecer un programa de combate a incendios	X	X	X							
23. Promover esquemas y programas para pago de servicios ambientales	X	X	X						X	
24. Programas de restauración de suelos y reforestación con especies multipropósito en terrenos agropecuarios abandonados o de bajo rendimiento		X	X							
25. Implementar el uso de especies nativas resistentes a la sequía en los sistemas de producción	X	X	X							
26. Implementar técnicas de labranza cero y	X									

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
mecanizados para reducir las quemadas agrícolas										
27. Rotación de cultivos considerando los ciclos PV y OI	X		X							
28. Promover el uso de productos agrícolas de origen orgánico para prevenir la contaminación de mantos freáticos	X	X							X	
29. Conservación de suelos por aplicación de materia orgánica para disminuir la evaporación	X								X	
30. Generar apoyo e invertir en agricultura protegida (casas sombra).	X									
31. Fondos suficientes y eficientes para apoyar a los afectados en el campo, con esquemas menos complejos de acceso y elegibilidad	X	X	X							
32. Ampliación de infraestructura hidroagrícola y apoyos para modernización de sistemas de riegos eficientes	X	X	X						X	
33. Aseguramiento del gobierno contra la sequía (bienes y productos)	X	X	X	X						X
34. Mejorar la difusión, accesibilidad y coordinación de los programas de apoyo relacionados con la sequía.	X	X	X							
35. Apoyos económicos a productores para contratar seguros agro-ganaderos que respondan o cubran pérdidas	X	X	X							
36. Identificar asistencia estatal o federal a los	X	X	X							

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
diferentes sectores en caso de sequía										
37. Coordinación y alineación entre las diferentes dependencias y programas que proporcionan apoyos contra la sequía.	X	X	X						X	X
38. Difusión de los apoyos que existen para organizaciones civiles dirigidos a la mitigación de la sequía y cuidado del agua	X	X	X	X						
39. Promover la agricultura orgánica con el fin de no contaminar el agua con sustancias que se utilizan en la agricultura		X								
40. Tecnificación de granjas (avícolas, porcinas, etc.) para reducir mortandad por efectos de calor		X								
41. Educación para el uso del agua en el sector agropecuario	X	X	X	X					X	
42. Reorganizar los sistemas productivos agropecuarios de acuerdo al potencial productivo del suelo e intensidad de la sequía.	X	X								
43. Implementar el uso de sistemas emergentes de producción de alimento durante el periodo de sequías para el ramo ganadero		X								
44. Establecer un programa local de sensibilización e información sobre medidas de atención a la sequía dirigido a las autoridades de los tres niveles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
45. Vincular los espacios de cultura del agua, incluyendo perspectivas y situaciones de sequía, con los subgrupos de educación ambiental dentro de los órganos auxiliares del Consejo cuenca									X	
46. Capacitación a los productores para crear cultura sobre el aprovechamiento, uso y conservación del agua en épocas de sequía	X	X	X						X	
47. Desarrollar campañas de capacitación y promoción sobre manejo del agua y preservación de suelos (MAPS para el sector hidroagrícola)	X	X	X						X	
48. Crear cultura en el uso de agua, con énfasis en la sequía de manera incluyente -comunidades maya hablantes-	X	X							X	
49. Mejorar el programa de combate contra incendios que provean herramientas para hacer un uso adecuado y manejo del fuego	X	X	X							
50. Fomentar la participación de asociaciones civiles en la sensibilización hacia la sequía										
51. Generar información sobre áreas y poblaciones vulnerables a la sequía	X	X	X						X	
52. Reforzar las atribuciones de la Unidad Estatal de Protección Civil para facilitar las reacciones en caso de incendios	X									

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción Forestal	Pérdidas en Producción Pesquera	Economía en General				Suministro de Agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de Energía		
53. Creación de un grupo de monitoreo a la sequía que alerte a la población en caso que sea necesario	X	X	X	X						

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.2. Medidas para los sectores: Investigación y academia.

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción forestal	Pérdida en producción pesquera	Economía en general				Suministro de agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de energía		
CORTO PLAZO										
1. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	X	X	X		X	X	X		X	
2. Promover la utilización de agua pluvial cosechada en las zonas rurales.	X	X	X				X		X	
3. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía.	X	X	X		X	X	X	X	X	X
LARGO PLAZO										
1. Estudio de riesgo hidrometeorológico y planes de adaptación de cambio climático	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Modificar la normatividad del uso de las aguas nacionales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Planes de adaptación de cambio climático	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Fomentar el estudio del efecto de la sequía sobre la flora y fauna de la región	X	X	X							
5. Fomentar la investigación sobre el cambio climático y su relación con la sequía	X	X	X					X	X	
6. Fomentar la investigación sobre el flujo hidrológico de los humedales para su conservación									X	
7. Establecer un programa local de sensibilización e información sobre medidas de atención a la sequía dirigido a las autoridades de los tres niveles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8. Monitoreo de puntos de calor	X	X	X						X	
9. Generar información sobre áreas y poblaciones vulnerables a la sequía	X	X	X						X	

10. Reforzar las atribuciones de la Unidad Estatal de Protección Civil para facilitar las reacciones en caso de incendios	X									
11. Modernizar y ampliar la red de estaciones meteorológicas para proporcionar pronósticos de sequía en tiempo y forma	X	X	X				X		X	
12. Medir radiación solar para determinar la intensidad de la sequía.	X	X	X						X	
13. Accesibilidad de información meteorológica en tiempo real	X	X	X		X	X	X		X	

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.3. Medidas para los sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.

Estrategia	Sector afectado									
	Agricultura	Ganadería	Producción forestal	Pérdida en producción pesquera	Economía en general				Suministro de agua	Financiero
					Industria	Comercio	Servicios	Generación de energía		
CORTO PLAZO										
1. Adecuar operaciones para mejorar la eficacia y distribución del abastecimiento									X	
2. Eliminar o reducir el riego de jardines y parques.							X		X	
3. Mantener los surtidores de agua de bebederos públicos							X		X	
4. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	X	X	X		X	X	X		X	
5. Priorizar el uso del agua entre los diferentes usos domésticos para reducir el consumo									X	
6. Reducción en la frecuencia del servicio de lavado y secado de sábanas y toallas en hoteles.							X			
7. Modificar el calendario de quemas con base en las condiciones climatológicas	X		X							
8. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	X	X	X		X	X	X	X	X	X
LARGO PLAZO										
1. Construir nueva infraestructura para diversificar las fuentes de abastecimiento							X		X	
2. Fomentar la participación de asociaciones civiles para aumentar los suministros de agua									X	
3. Realizar auditorías de los sistemas de distribución de agua y de los sistemas de riego	X	X					X		X	

4. Disminución de fugas de agua en casas, sistemas de distribución e infraestructura de riego	X	X	X		X	X	X		X	
5. Verificación de medidores: Reemplazar medidores inexactos, calibración e instalación.	X	X	X		X	X	X	X	X	
6. Cambiar la política de operación de las extracciones de agua para optimizar la eficacia	X	X	X		X	X	X		X	
7. Mejorar la eficiencia de las instalaciones de tratamiento de agua					X		X		X	
8. Apoyar el desarrollo de programas de conservación de agua local					X	X	X		X	
9. Crear infraestructura adecuada y suficiente que cumpla con la normatividad vigente para mejorar la eficiencia en la distribución y abasto del agua.	X	X	X		X	X	X		X	X
10. Promover incentivos (descuentos) por buen uso del agua	X	X			X	X	X		X	
11. Investigar y difundir la disponibilidad y el comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico a nivel de cuenca y subcuenca para conocer la disponibilidad y promover su uso racional	X	X			X	X	X		X	
12. Estudio de riesgo hidrometeorológico y planes de adaptación de cambio climático	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13. Elaboración y aplicación de leyes relacionadas con el consumo de agua en los diferentes sectores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14. Generalizar el uso de medidores de agua para poder establecer rangos de consumo y cobrar tarifas	X	X	X		X	X	X	X	X	

justas para cada uno de los sectores										
15. Evaluar los efectos de la sequía y la calidad del agua del acuífero sobre la salud		X			X		X		X	
16. Implementar uso de calentadores solares u otras ecotecnologías para hacer más eficiente el uso de agua								X	X	
17. Promover instalación de dispositivos eficientes de agua					X	X	X		X	
18. Proveer medidores acústicos para ayudar a los consumidores a identificar fugas en tuberías					X	X	X		X	
19. Desarrollar red de drenaje para la colección de agua pluvial en la ciudad para el riego de jardines									X	
20. Establecer reservas de agua contra la sequía para diferentes sectores	X	X	X		X	X	X		X	
21. Ampliar y modernizar redes piezométricas									X	
22. Identificar los problemas potenciales causados por descargas de aguas residuales al acuífero en zonas cercanas a las zonas de extracción					X				X	
23. Mayor investigación y monitoreo sobre la calidad del agua					X	X	X		X	
24. Creación de un sistema de alcantarillado integral para toda la ciudad con una planta tratadora de aguas negras y de desechos.									X	
25. Identificar zonas de recarga hidrológica y diseñar planes de manejo y operación en estas zonas.									X	
26. Contar con información cartográfica en línea sobre el comportamiento acuífero									X	

27. Cuantificar volumen de recarga del acuífero por estado									X	
28. Determinar intrusión salina en la cuenca									X	
29. Modificar la normatividad del uso de las aguas nacionales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30. Regularizar las descargas clandestinas de aguas residuales y promover el uso de la misma para el riego de áreas verdes							X		X	
31. Mantener los cauces de ríos y escorrentías y evitar su desvío	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32. Promover el uso de dispositivos eficientes o ahorradores de agua (WC, mingitorios, etc.)					X	X	X			
33. Implementación de plantas de tratamiento a nivel de fraccionamiento/colonia.							X		X	
34. Incrementar superficies de áreas verdes con especies de poca demanda hídrica en zonas residenciales							X		X	
35. Aplicar políticas de ahorro de agua en la instalación de nuevas plantas (procesos y espacios)					X	X	X	X	X	
36. Promover la conversión de sistemas de enfriamiento industrial al uso de torres de enfriamiento					X					
37. Programa de biodigestores en pequeñas granjas porcícolas de los ejidos para evitar contaminación del manto freático, además de las que ya se han aprobado para grandes productores (ej. Programa de FIRCO para productores con más de 6mil animales en Yucatán).		X							X	
38. Uso de biodigestores para el manejo de aguas		X					X		X	

residuales y excretas humanas y animales										
39. Proponer programas de empleo temporal para conservación, rehabilitación y mejora de la infraestructura hídrica	X	X							X	
40. Medir el caudal y el volumen empleado para el riego	X	X							X	
41. Construcción de obras de captación de agua de lluvia para abrevaderos / construcción de cisternas		X							X	
42. Promover el establecimiento de sistemas de riego que cubran eficientemente las necesidades de cada sistema productivo.	X		X						X	X
43. Promover el uso de sistemas de captación de agua de lluvia.		X							X	
44. Fomentar el estudio del efecto de la sequía sobre la flora y fauna de la región	X	X	X							
45. Fomentar la investigación sobre el cambio climático y su relación con la sequía	X	X	X					X	X	
46. Fomentar la investigación sobre el flujo hidrológico de los humedales para su conservación									X	
47. Restablecer y conservar los flujos hidrológicos en los humedales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48. Difundir el programa contra incendios y aplicar la normatividad en la materia	X	X	X							
49. Crear cultura del uso «adecuado» y manejo del fuego basado en los ajustes oportunos y pertinentes del calendario de quemas - considerar condiciones climatológicas para realizar la quema	X	X	X							

50. Fomentar la implementación de humedales artificiales en unidades ganaderas para mayor aprovechamiento del agua.		X							X	
51. Uso de especies vegetales nativas con consumo mínimo de agua.						X			X	
52. Incrementar programas de reforestación y conservación de zonas de recarga.			X							
53. Saneamiento de aguadas y cenotes									X	
54. Adecuar los programas de reforestación en base a temporada de lluvias y asegurar la efectividad del programa.	X		X							
55. Regular la deforestación de acuerdo con el uso del suelo especificado en el ordenamiento ecológico territorial	X	X	X							
56. Establecer un programa de combate a incendios	X	X	X							
57. Promover esquemas y programas para pago de servicios ambientales	X	X	X						X	
58. Programas de restauración de suelos y reforestación con especies multipropósito en terrenos agropecuarios abandonados o de bajo rendimiento		X	X							
59. Implementar el uso de especies nativas resistentes a la sequía en los sistemas de producción	X	X	X							
60. Implementar técnicas de labranza cero y mecanizados para reducir las quemadas agrícolas	X									
61. Rotación de cultivos considerando los ciclos PV y OI	X		X							

62. Promover el uso de productos agrícolas de origen orgánico para prevenir la contaminación de mantos freáticos	X	X							X	
63. Conservación de suelos por aplicación de materia orgánica para disminuir la evaporación	X								X	
64. Generar apoyo e invertir en agricultura protegida (casas sombra).	X									
65. Promover la agricultura orgánica con el fin de no contaminar el agua con sustancias que se utilizan en la agricultura	X	X	X							
66. Reorganizar los sistemas productivos agropecuarios de acuerdo al potencial productivo del suelo e intensidad de la sequía.	X	X							X	
67. Establecer un programa local de sensibilización e información sobre medidas de atención a la sequía dirigido a las autoridades de los tres niveles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
68. Vincular los espacios de cultura del agua, incluyendo perspectivas y situaciones de sequía, con los subgrupos de educación ambiental dentro de los órganos auxiliares del Consejo cuenca									X	
69. Desarrollar campañas públicas de educación con estrategias de manejo de la demanda a corto y largo plazo	X	X	X		X	X	X	X	X	
70. Capacitar al personal de los Organismos Operadores y del municipio sobre cómo ahorrar agua							X		X	
71. Monitorear la cantidad de vegetación que deforestan en los ejidos para la milpa	X	X	X							

72. Mejorar el programa de combate contra incendios que provean herramientas para hacer un uso adecuado y manejo del fuego	X	X	X							
73. Generar información sobre áreas y poblaciones vulnerables a la sequía	X	X	X						X	
74. Reforzar las atribuciones de la Unidad Estatal de Protección Civil para facilitar las reacciones en caso de incendios	X									
75. Establecer los niveles de autoridad y el proceso para la declaración de la sequía									X	
76. Desarrollar las etapas de la sequía, las variables de alerta y las metas de las respuestas esperadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
77. Evaluar los impactos de las sequías históricas										
78. Monitorear los indicadores de las sequías en cada sector	X	X	X	X			X		X	
79. Rastrear la percepción pública y la eficacia de las medidas contra la sequía										
80. Modernizar y ampliar la red de estaciones meteorológicas para proporcionar pronósticos de sequía en tiempo y forma.	X	X	X				X		X	
81. Medir radiación solar para determinar la intensidad de la sequía.	X	X	X						X	
82. Accesibilidad de información meteorológica en tiempo real	X	X	X		X	X	X		X	
83. Creación de un grupo de monitoreo a la sequía que alerte a la población en caso que sea necesario	X	X	X	X						

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

13.2 Medidas tácticas y estratégicas

Como se propone en la guía para la formulación de PMPMS, después de la evaluación de los efectos o impactos de las estrategias en los diferentes sectores, se identificó el tipo de medida a la que corresponde cada estrategia. Se mantuvo la misma clasificación de corto (mitigación) y largo plazo (acción o respuesta estratégica) para cada una, y se consideraron dos de los tres tipos de medidas presentadas en la guía: ‘táctica’ y ‘estratégica’; no se incluyó la categoría de ‘emergencia’ debido a que en la Península no se han tenido reportes de una sequía extrema que amerite dichas medidas

Las medidas ‘tácticas’ son actuaciones a corto plazo planificadas y validadas con anticipación en el marco del programa de sequía. Contemplan alternativas de suministro, cambios en el sistema de gestión, modificaciones en la demanda, puesta en marcha de programas de medición y de detección de fugas de agua, levantamiento de un censo de usuarios de agua industriales que se autoabastecen, para un posible uso de sus aguas para el suministro a la población, en caso de emergencia, entre otras

Las medidas ‘estratégicas’ son actuaciones a largo plazo de carácter institucional e infraestructura, es decir, las que incluyan la imposición de cambios en el uso excesivo de agua en las épocas de escasez, modificación de las instalaciones de plomería incluyendo iniciar un programa de sustitución de medidores de flujo, conversión a sistemas de riego por aspersión o de micro riego localizado/goteo y utilizar agua residual tratada en riego, además de otras acciones de este tipo.

Tabla 13.4. Medidas de corto plazo para los sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.

Estrategia:	ETAPAS					Tipo de medida	Institución sugerida
	Anormalmente seco	Sequía moderada	Sequía severa	Sequía extraordinaria	Excepcional		
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.							
1. Reúso de las aguas entre sectores (ya lo realiza la CONAGUA)	Identificación sectores (acuícola, agrícola) que puedan intercambiar agua. Determinar los volúmenes de	Determinar factibilidad y priorizar el intercambio del recurso entre los sectores	Autorizar el intercambio de agua entre los sectores. Considerando que el sector acuícola y porcícola pueden	Autorizar el intercambio de agua entre los sectores. Realizar este intercambio a conveniencia y practicidad de los usuarios.	Autorizar el intercambio de agua entre los sectores. Realizar este intercambio a conveniencia y practicidad de los usuarios.	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA

	agua producidos que podrían ser intercambiados.		proporcionar el recurso, pero este último no puede recibir.				
2. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos	Definir y difundir el plan de acción entre la población	Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas	Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato	Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA/ SEMARNAT/ SEDUMA/ SMAAS/ SEMA
3. Automatización de riego nocturno (monitoreo, suministro)	Ninguna	Voluntario	Obligatorio para las unidades con sistemas de riego automático	Obligatorio para todos los sistemas de producción con riego	Obligatorio para todos los sistemas de producción con riego	Táctica	SAGARPA
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.							
1. Modificar el calendario de quemas con base en las condiciones climatológicas.	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Prohibir las quemas en regiones de mayor riesgo.	Prohibir las quemas de forma generalizada.	Prohibir las quemas de forma generalizada.	Táctica	SAGARPA
Grupo de estrategias 3: Apoyos contra la sequía.							
1. Suministro de suplementos alimenticios para ganado.	Difusión de los apoyos para suplementos alimenticios. Identificación de posibles fuentes alternas de alimentación en época de sequía. Capacitar a los productores para elaborar silos. Identificación de fuentes alternas	Criterios de elegibilidad. Almacenamiento de fuentes alternas de alimento	Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 25% la fuente de alimento alterna con la convencional podrían ser silos.	Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 50% la fuente de alimento alterna con la convencional	Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en la mayor cantidad posible la fuente de alimento alterna con la convencional	Táctica	SAGARPA
2. Tarifas eléctricas subsidiadas para el sector agropecuario. Apoyo en el trámite. Realizar un convenio con CFE sobre lo consumido.	Mantener subsidios autorizados	Mantener subsidios autorizados	Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola	Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola	Subsidios de X% para todo el sector agropecuario	Táctica	SAGARPA/ CFE
Grupo de estrategias 4: Educación y capacitación para la sequía.							
1. Disminuir los hatos ganaderos durante el	Ninguna	Iniciar la disminución del	Disminuir el número de	Disminuir el número de animales de los	Disminuir el número de	Táctica	SAGARPA/ USUARIOS

periodo de sequía - disminuir número de animales por productor-		número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor	animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor	hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor	animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor		
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.							
1. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Táctica	CONAGUA/ Gobiernos municipales

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.5. Medidas de largo plazo para los sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.

Estrategias:	Acciones a realizar:	Tipo de medida	Institución sugerida
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.			
1. Estudio de riesgo hidrometeorológico y planes de adaptación de cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los datos de las variables hidroclimáticas. 2. Analizar los datos socio-económicos relevantes. 3. Modelar diferentes escenarios de riesgo a futuro. 	Estratégica	CONAGUA
2. Fortalecer programas de innovación tecnológica que apoyen a empresas (agropecuarias, etc.) en adquirir equipos ahorradores de agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar programas de innovación tecnológica. 2. Difundir e incentivar a empresas que incorporen estos equipos. 	Estratégica	SEMARNAT
3. Modificar la normatividad del uso de las aguas nacionales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los problemas derivados de la aplicación de la normatividad vigente. 2. Estudiar la factibilidad de realizar cambios sin generar conflictos de intereses. 3. Hacer los cambios pertinentes. 	Estratégica	CONAGUA/ PROFEPA
4. Regularizar las descargas clandestinas de aguas residuales y promover el uso de la misma para el riego de áreas verdes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicar principales fuentes de descargas residuales. 2. Implementar un plan de registro y seguimiento de los volúmenes de aguas residuales producidas. 3. Determinar la calidad de agua para valorar su posterior uso en el riego de áreas verdes. 	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
5. Creación de un comité interinstitucional evaluador de proyectos agropecuarios (aprobados y por aprobar), silvícolas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer un comité local que establezca reglas de operación de acuerdo a la región. 2. Darle seguimiento para verificar su efectividad 	Estratégica	SAGARPA
6. Buscar alternativas ecológicas como las ecotécnicas de sistemas de riego y reúso de agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer que ecotécnicas son potenciales para utilizarse en sistemas de riego y reúso de agua. 2. Hacer un estudio de factibilidad económica para evaluar su incorporación. 3. Monitorear su efectividad. 	Estratégica	SAGARPA/ INVESTIGACIÓN/ INIFAP
7. Programa de biodigestores en pequeñas granjas porcícolas de los ejidos para evitar contaminación del manto freático, además de las que ya se han aprobado para grandes productores (ej. Programa de FIRCO para productores con más de 6mil animales en Yucatán).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer estudio de factibilidad técnica. 2. Determinar costo-beneficio. 3. Establecer el carácter obligatorio 4. Seguir probando tecnologías que se ajusten a las necesidades de cada productor. 5. Dar mayor difusión de estas nuevas tecnologías 	Estratégica	SAGARPA
8. Promover sistemas de riego soportados por fuentes de energía renovable	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer un análisis del potencial de uso de las energías renovables para sistemas de riego. 2. Identificar los usuarios elegibles para el uso de fuentes renovables. 3. Gestión de recursos. 	Estratégica	SAGARPA
9. Reactivar unidades de producción abandonadas que ya cuentan con infraestructura de riego	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar unidades de producción abandonadas y las causas del abandono. 2. Seleccionar las áreas de producción abandonadas donde los usuarios quieran y sea factible reactivarlas. 	Estratégica	SAGARPA/ MUNICIPIOS

	3. Elaborar plan de apoyos para las unidades seleccionadas.		
10. Medir el caudal y el volumen empleado para el riego	1. Establecer la periodicidad de medición del caudal y llevar un registro oficial. 2. Evaluar y determinar el tipo de medidor que se ajuste a cada tipo de productor 3. Seguir la normatividad	Estratégica	CONAGUA
11. Rediseño de los potreros, teniendo consideración en su ubicación y en la menor extensión para eficientizar riego.	1. Difundir con los productores beneficios para eficientizar uso de agua en potreros de menor extensión. 2. Generar junto con los productores mejor rediseño de potreros para eficientizar riego e incentivar a los que se involucren. 3. Especial atención para productores que tengan sistemas extensivos de forraje	No estratégica	SAGARPA
12. Construcción de obras de captación de agua de lluvia para abrevaderos / construcción de cisternas	1. Identificar zonas potenciales para la construcción de obras de captación de agua de lluvia. 2. Identificar instituciones que puedan otorgar asesoría técnica y apoyos económicos para la realización de la obra. 3. Gestionar recursos e inicio de las obras.	Estratégica	SAGARPA
13. Promover el establecimiento de sistemas de riego que cubran eficientemente las necesidades de cada sistema productivo.	1. Conocer necesidades de riego de cada cultivo. 2. Identificar qué sistema de riego es adecuado para el cultivo, además de las condiciones de suelo y ambientales de la región. 3. Elaborar una guía para de cultivos y sistema de riego adecuados. 4. Difundir las guías entre los agricultores.	No estratégica	SAGARPA/ INIFAP
14. Promover el uso de sistemas de captación de agua de lluvia.	1. Identificar zonas potenciales para la construcción de obras de captación de agua de lluvia. 2. Identificar instituciones que puedan otorgar asesoría técnica y apoyos económicos para la realización de la obra. 3. Gestionar recursos e inicio de las obras. 4. Difundir beneficios de los sistemas de captación. 5. Dar mantenimiento a las obras realizadas.	Estratégica	CONAGUA/ CONAFOR (ya lo está realizando)
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.			
1. Fomentar el estudio del efecto de la sequía sobre la flora y fauna de la región	1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en estudiar efectos de la sequía sobre flora y fauna. 2. Crear un fondo para incentivar las investigaciones que evalúen los efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región.	Estratégica	SEMARNAT/ CONACYT
2. Difundir el programa contra incendios y aplicar la normatividad en la materia	1. Crear campañas entre productores para dar a conocer el programa contra incendios y la normatividad. 2. Verificar que se respete el calendario de quemas y aplicar sanciones para quien no lo haga.	Estratégica	CONAFOR
3. Crear cultura del uso «adecuado» y manejo del fuego basado en los ajustes oportunos y pertinentes del calendario de quemas, considerando condiciones climatológicas para realizarla quema	1. Campañas de capacitación para el manejo del fuego. 2. Monitoreo de las condiciones climatológicas para identificar zona de mayor riesgo de incendios. 3. Determinar los criterios de ajustes de los calendarios de quemas.	Estratégica	CONAFOR

4. Fomentar la implementación de humedales artificiales en unidades ganaderas para mayor aprovechamiento del agua.	1. Identificar zonas potenciales para la construcción de obras de captación de agua de lluvia. 2. Identificar instituciones que puedan otorgar asesoría técnica y apoyos económicos para la realización de la obra. 3. Gestionar recursos e inicio de las obras.	Estratégica	SAGARPA
5. Incrementar programas de reforestación y conservación de zonas de recarga.	Analizar los programas existentes de reforestación y su impacto sobre la conservación de las zonas de recarga. Evaluar la factibilidad del incremento de los programas. Gestionar recursos y difundir los programas.	Estratégica	CONAFOR
6. Adecuar los programas de reforestación en base a temporada de lluvias y asegurar la efectividad del programa.	Elaborar un listado de especies con potencial para la reforestación. Proporcionar y asegurar que las plántulas sean entregadas justo antes de la época de lluvias. Supervisión de la tasa de sobrevivencia de las especies reforestadas.	Estratégica	CONAFOR
7. Regular la deforestación de acuerdo con el uso del suelo especificado en el ordenamiento ecológico territorial	Informar a todos los productores acerca del uso potencial de su suelo de acuerdo al ordenamiento territorial. Establecer los criterios para regular la deforestación. Capacitar a los productores en el uso de técnicas de cultivo que no requieran "tumba".	Estratégica	CONAFOR
8. Establecer un programa de combate a incendios	Ya existe.		CONAFOR
9. Promover esquemas y programas para pago de servicios ambientales	Promover que la iniciativa privada pague un impuesto ambiental para que este sea destinado para el pago de servicios ambientales. Difundir el programa entre los productores de los diferentes sectores. Hacer accesible en trámite para que puedan recibir el pago.	Estratégica	CONAFOR
10. Programas de restauración de suelos y reforestación con especies multipropósito en terrenos agropecuarios abandonados o de bajo rendimiento	Hacer un listado con las especies multipropósitos con potencial de restauración. Identificar las áreas de suelos degradados. Promover el establecimiento de viveros para la producción de plántulas. Establecer el plan de solicitud y distribución de plantas para los productores.	Estratégica	SAGARPA/ CONAFOR
11. Implementar el uso de especies nativas resistentes a la sequía en los sistemas de producción	Hacer un listado con las especies nativas con baja demanda hídrica. Informar a los productores de los beneficios de usar especies nativas. Promover parcelas piloto demostrativas.	Estratégica	SAGARPA/ CONAFOR
12. Implementar técnicas de labranza cero y mecanizadas para reducir las quemadas agrícolas	Evaluar la factibilidad técnica de los diferentes sistemas de labranza para las diferentes regiones de la Península. Determinar costo-beneficio.	Estratégica	SAGARPA
13. Rotación de cultivos considerando los ciclos PV y OI	Difusión de los beneficios de la rotación de cultivos y capacitación. Incentivos para productores que utilicen la rotación de cultivos.	No estratégica	SAGARPA
14. Promover el uso de productos agrícolas de origen orgánico para prevenir la contaminación de mantos freáticos	Elaboración de una lista de productos orgánicos existentes que puedan sustituir a los agroquímicos. Evaluación de los productos orgánicos para conocer sus beneficios. Hacer estudio costo-beneficio.	Estratégica	SAGARPA/ SEMARNAT
15. Conservación de suelos por aplicación de materia orgánica para disminuir la evaporación	Identificar las fuentes de materia orgánica disponible para su uso. Difundir las técnicas de manejo y aplicación de la materia orgánica al suelo entre los productores.	No estratégica	SEMARNAT

16. Generar apoyo e invertir en agricultura protegida (casas sombra).	Hacer estudio de factibilidad técnica por región. Determinar costo-beneficio y cultivos pertinentes.	Estratégica	SAGARPA
Grupo de estrategias 3: Apoyos contra la sequía.			
1. Fondos suficientes y eficientes para apoyar a los afectados en el campo, con esquemas menos complejos de acceso y elegibilidad	1. Aumentar el número de apoyos otorgados a los diferentes sectores en caso de sequía. 2. Establecer procedimientos sencillos para el trámite de los fondos.	Estratégica	GOBIERNOS FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL
2. Ampliación de infraestructura hidroagrícola y apoyos para modernización de sistemas de riegos eficientes	1. Identificar las zonas donde se requiera la ampliación o modernización de la infraestructura hidroagrícola. 2. Priorizar la realización de las obras. 3. Gestionar recursos y ejecutar las obras.	Estratégica	SAGARPA
3. Aseguramiento del gobierno contra la sequía (bienes y productos)	1. Determinar los bienes y productos más vulnerables durante la sequía. 2. Que el gobierno genere seguros que compitan con las aseguradoras privadas existentes. 3. Difundir a los productores los lineamientos de los apoyos otorgados.	Estratégica	SAGARPA
4. Mejorar la difusión, accesibilidad y coordinación de los programas de apoyo relacionados con la sequía.	1. Mayor coordinación y comunicación entre las instituciones que otorgan apoyos durante la sequía. 2. Ampliar la difusión de los programas de apoyo mediante spots en prensa y radio.	Estratégica	SAGARPA
5. Apoyos económicos a productores para contratar seguros agro-ganaderos que respondan o cubran pérdidas	1. Analizar factibilidad económica. 2. Crear un fondo para el subsidio de la contratación de seguros. 3. Priorizar el recurso para productores con mayor riesgo de pérdida.	Estratégica	SAGARPA/ FORMENTO AGROPECUARIO DE CADA EDO.
6. Identificar asistencia estatal o federal a los diferentes sectores en caso de sequía	1. Crear una mayor difusión de los apoyos otorgados a los diferentes sectores.	Estratégica	
7. Coordinación y alineación entre las diferentes dependencias y programas que proporcionan apoyos contra la sequía.	1. Mayor comunicación y flujo de información entre instituciones federales y estatales. 2. Mejorar la difusión de la información, en específico, como y cuando acceder a dichos programas.	Estratégica	CONAGUA/ GOBIERNOS FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL
8. Difusión de los apoyos que existen para organizaciones civiles dirigidos a la mitigación de la sequía y cuidado del agua	1. Identificar programas activos. 2. Vinculación de apoyos con las actividades de las asociaciones civiles. 3. Emitir comunicados periódicamente de los apoyos que se están proporcionando.	Estratégica	GOBIERNOS FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL
Grupo de estrategias 4: Educación y capacitación para la sequía.			
1. Promover la agricultura orgánica con el fin de no contaminar el agua con sustancias que se utilizan en la agricultura	1. Realizar una campaña para informar a los productores sobre los beneficios de la agricultura orgánica. 2. Generar un mercado para los productos orgánicos.	Estratégica	SAGARPA/ INIFAP/ FOMENTO AGROPECUARIO
2. Tecnificación de granjas (avícolas, porcinas, etc.) para reducir mortandad por efectos de calor	1. Identificar la tasa de animales muertos por efecto del calor en granjas. 2. Revisión de la infraestructura de las granjas para determinar las posibles mejoras a realizar. 3. Determinar factibilidad técnica y gestión de recursos.	No estratégica	SAGARPA
3. Educación para el uso del agua en el sector agropecuario	1. Crear comités de conservación del agua al interior de los consejos de cuenca. 2. Capacitar a los productores acerca del uso eficiente del agua en sus sistemas productivos.	Estratégica	CONAGUA/ SAGARPA

4. Reorganizar los sistemas productivos agropecuarios de acuerdo al potencial productivo del suelo e intensidad de la sequía.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Concientizar a los productores sobre las técnicas de manejo del agua apropiadas a la región. 2. Incentivar el cultivo de especies mejor adaptadas a la condiciones de la región. 3. Respetar el uso potencial del suelo publicado en el ordenamiento ecológico. 	Estratégica	SAGARPA
5. Implementar el uso de sistemas emergentes de producción de alimento durante el periodo de sequías para el ramo ganadero	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar a los productores ganaderos ubicados en zonas vulnerables a la sequía. 2. Proporcionar capacitación acerca de cómo implementar sistemas de alimentación emergentes para la época de sequía (ej. Elaboración de silos). 3. Promover el intercambio (compra-venta) entre los productores de diversos sectores (ej. Citricultores-ovinocultores, productores de maíz-ganaderos). 4. Promover el almacenamiento de alimento para la época de sequía. 	Estratégica	SAGARPA
6. Establecer un programa local de sensibilización e información sobre medidas de atención a la sequía dirigido a las autoridades de los tres niveles	PRONACOSE.	Estratégica	CONAGUA
7. Vincular los espacios de cultura del agua, incluyendo perspectivas y situaciones de sequía, con los subgrupos de educación ambiental dentro de los órganos auxiliares del Consejo cuenca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los espacios del uso del agua y promover su trabajo conjunto. 2. Elaborar campañas de concientización (spots televisivos, publicaciones en periódicos, etc.) sobre la conservación-no desperdicio del agua en épocas de sequía. 	Estratégica	CONAGUA
8. Capacitación a los productores para crear cultura sobre el aprovechamiento, uso y conservación del agua en épocas de sequía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar folletos, panfletos y trípticos informativos, etc. específicos para cada sector y distribuirlos entre los usuarios. 2. Distribuir información sobre cómo pueden ahorrar agua con el riego. 3. Capacitar y proporcionar apoyos a los productores que soliciten asistencia sobre técnicas de ahorro de agua. 	Estratégica	CONAGUA
9. Desarrollar campañas de capacitación y promoción sobre manejo del agua y preservación de suelos (MAPS para el sector hidroagrícola	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ampliar, fortalecer y promover el programa MAPS. 2. Desarrollar programas con alcances similares al MAPS. 3. Difundir la disponibilidad de estos programas en las juntas con productores. 	Estratégica	CONAGUA/ CONAFOR
10. Crear cultura en el uso de agua, con énfasis en la sequía de manera incluyente - comunidades maya hablantes-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Difundir campañas de concientización (spots televisivos, publicaciones en periódicos, etc. en lengua maya) sobre la conservación y uso eficiente del agua con énfasis en la época de sequía. 	Estratégica	CONAGUA/ CDI/ SEDARI
11. Mejorar el programa de combate contra incendios que provean herramientas para hacer un uso adecuado y manejo del fuego	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar la efectividad del programa existente. 2. Mantener la difusión y la actualización del calendario de quemas. 3. Recalcar a los productores la importancia de las medidas de control de las quemas. 	Estratégica	CONAFOR
12. Fomentar la participación de asociaciones civiles en la sensibilización hacia la sequía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promover el contacto, coordinación e intercambio de información entre asociaciones civiles que puedan involucrarse en la difusión de la situación y efectos de la sequía. 2. Apoyar con boletines, folletos, trípticos informativos a las asociaciones que trabajen con comunidades rurales. 	Estratégica	GOBIERNOS FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.			

1. Generar información sobre áreas y poblaciones vulnerables a la sequía	1. Identificar las variables que hacen que una región sea vulnerable a la sequía. 2. Identificar las poblaciones vulnerables.	Estratégica	CONAGUA
2. Reforzar las atribuciones de la Unidad Estatal de Protección Civil para facilitar las reacciones en caso de incendios	1. Analizar las atribuciones de la unidad Estatal de Protección Civil en materia de incendios. 2. Cambiar las atribuciones de la unidad Estatal de Protección Civil en caso de ser necesario. 3. Determinar las acciones más efectivas y rápidas que podrían implementarse para mejorar la respuesta ante un incendio.	Estratégica	Gobiernos estatales
3. Creación de un grupo de monitoreo a la sequía que alerte a la población en caso que sea necesario	1. Identificar a los integrantes del grupo (perfiles, instituciones, etc.). 2. Capacitar al grupo acerca de cómo monitorear la sequía. 3. Establecer protocolos de alerta para la población.	Estratégica	CONAGUA/ MUNICIPIOS

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.6. Medidas de corto plazo para los sectores: Investigación y Academia.

Estrategia:	ETAPAS					Tipo de medida	Institución sugerida
	Anormalmente seco	Sequía moderada	Sequía severa	Sequía extraordinaria	Excepcional		
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.							
1. Promover la reutilización del agua en zonas con plantas de tratamiento (aguas tratadas, grises etc.)	Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos. Elaborar documentos de difusión (manuales, videos, etc.).	Definir y difundir el plan de acción entre la población.	Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas	Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato	Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA/ SEMARNAT/ SEDUMA/ SMAAS/ SEMA/ SEDESOL/ SSA
2. Promover la utilización de agua pluvial colectada en las zonas rurales.	Elaborar documentos de difusión (manuales, videos etc.)	Definir y difundir el plan de acción entre la población	Priorizar el uso de agua de lluvia para consumo humano, animal y cultivos seleccionados.	Priorizar el uso de agua de lluvia para uso humano y animal.	Priorizar el agua de lluvia para consumo humano	Táctica	SAGARPA/ CONAFOR
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.							
1. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía.	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Táctica	CONAGUA/ Gobiernos municipales

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.7. Medidas de largo para los sectores: Investigación y Academia.

Estrategias:	Acciones a realizar:	Tipo de medida	Instituciones sugeridas
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.			
1. Estudio de riesgo hidrometeorológico y planes de adaptación de cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los datos de las variables hidroclimáticas, niveles piezométricos y calidad del agua. 2. Analizar los datos socio-económicos relevantes. 3. Modelar diferentes escenarios de riesgo a futuro. 	Estratégica	CONAGUA
2. Modificar la normatividad del uso de las aguas nacionales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los problemas derivados de la aplicación de la normatividad vigente, con énfasis en el POETY 2. Estudiar la factibilidad de realizar cambios sin generar conflictos de intereses. 3. Hacer los cambios pertinentes a la normatividad, para propiciar el cambio de cultura de uso del agua. 	Estratégica	CONAGUA/ PROFEPA
3. Planes de adaptación de cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vincular el programa PRONACOSE con planes de adaptación de cambio climático y el plan rector. 2. Revisar y actualizar periódicamente las estrategias de plan de acción. 	Estratégica	CONAGUA
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.			
1. Fomentar el estudio del efecto de la sequía sobre la flora y fauna de la región	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en estudiar efectos de la sequía sobre flora y fauna. 2. Crear un fondo para incentivar las investigaciones que evalúen los efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región. 3. Monitoreo de las poblaciones de la flora y fauna por efecto de la sequía (especies indicadoras). 	Estratégica	SEMARNAT/ CONACYT
2. Fomentar la investigación sobre el cambio climático y su relación con la sequía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en hacer estos estudios. 2. Crear un fondo para incentivar la realización de estas investigaciones. 3. Enfocarse a los incendios y pérdidas de especies. 	Estratégica	CONAGUA/ SEDUMA/ SMAAS/SEMA/ CONACYT
3. Fomentar la investigación sobre el flujo hidrológico de los humedales para su conservación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en hacer estos estudios. 2. Crear un fondo para incentivar la realización de estas investigaciones. 	Estratégica	SEMARNAT/ CONACYT
Grupo de estrategias 4: Educación y capacitación para la sequía.			
1. Establecer un programa local de sensibilización e información sobre medidas de atención a la sequía dirigido a las autoridades de los tres niveles	PRONACOSE.	Estratégica	CONAGUA
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.			
1. Monitoreo de puntos de calor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener datos de puntos de calor (en CONABIO). 2. Determinar la distribución de estos puntos de calor y estimar riesgos de incendios. 	Estratégica	CONAGUA/ SMN/ SEMARNAT/ CONAFOR

2. Generar información sobre áreas y poblaciones vulnerables a la sequía	1. Identificar las variables que hacen que una región sea vulnerable a la sequía. 2. Identificar las poblaciones vulnerables.	Estratégica	CONAGUA
3. Reforzar las atribuciones de la Unidad Estatal de Protección Civil para facilitar las reacciones en caso de incendios	1. Analizar las atribuciones de la unidad Estatal de Protección Civil en materia de incendios. 2. Cambiar las atribuciones de la unidad Estatal de Protección Civil en caso de ser necesario. 3. Determinar las acciones más efectivas y rápidas que podrían implementarse para mejorar la respuesta ante un incendio.	Estratégica	Gobiernos estatales
4. Modernizar y ampliar la red de estaciones meteorológicas para proporcionar pronósticos de sequía en tiempo y forma.	1. Identificar zonas donde existan vacíos de información meteorológica. 2. Cambiar las estaciones meteorológicas tradicionales por estaciones automáticas con la capacidad de enviar los datos automáticamente a un centro operativo donde puedan ser incorporados fácilmente a un sitio web disponible para todo público.	Estratégica	CONAGUA
5. Medir radiación solar para determinar la intensidad de la sequía.	1. Incluir la medición de este parámetro en las unidades meteorológicas existentes. 2. Incorporar estos datos al conjunto de datos meteorológicos para el análisis de la sequía.	Estratégica	CONAGUA
6. Accesibilidad de información meteorológica en tiempo real	1. Actualizar la red de estaciones meteorológicas. 2. Actualizar el sitio web del Servicio Meteorológico Nacional para ofrecer la información meteorológica en tiempo real.	Estratégica	CONAGUA

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.8. Medidas de corto plazo para los sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.

Estrategia:	ETAPAS					Tipo de medida	Instituciones sugeridas
	Anormalmente seco	Sequía moderada	Sequía severa	Sequía extraordinaria	Excepcional		
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.							
1. Adecuar operaciones para mejorar la eficacia y distribución del abastecimiento	Ninguna(1h al día)	Preparar infraestructura para aumento de extracción de agua cruda	Aumento de la extracción de agua cruda en un 0%	Aumento de la extracción de agua cruda en un 5%	Aumento de la extracción de agua cruda en un 10%	Táctica	CONAGUA
2. Eliminar o reducir el riego de jardines y parques	Reducir el tiempo de riego de jardines y parques	Regar parques y jardines únicamente con aguas tratadas o de reúso	Suspender el riego de las áreas de pastos de jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de reúso	Suspender el riego de especies exóticas en jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de reúso	Suspender el riego de jardines y parques	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA
3. Mantener los surtidores de agua de bebederos públicos	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA
4. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.)	Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos	Definir y difundir el plan de acción entre la población	Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato	Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas.	Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA/ SEMARNAT/ SEDUMA/ SMAAS/ SEMA
5. Priorizar el uso del agua entre los diferentes usos domésticos para reducir el consumo	Reforzar campañas de sensibilización para el ahorro de agua ante una probable sequía. Verificación y corrección de fugas.	Reducir el agua de lavado. Difundir ideas para ahorro de agua, usar cubeta para disminuir consumo de agua	Reutilizar agua para regar plantas de ornato. Disminuir la frecuencia del baño y usar cubeta para disminuir consumo	Disminuir el uso del agua en cocina, usar trastes biodegradables. Usar cubeta para disminuir consumo de agua	Reducir actividad física para disminuir la frecuencia de baño. Priorizar el uso de agua para consumo	Táctica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA
6. Reducción en la frecuencia del servicio de lavado y secado de sábanas y toallas en hoteles.	Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivar a los que colaboren	Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivar a los que colaboren	Disminuir un 25% en la frecuencia del servicio del lavado	Disminuir un 50% en la frecuencia del servicio del lavado	Disminuir un 75% en la frecuencia del servicio del lavado	Táctica	Inversión privada
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.							

1. Modificar el calendario de quemas con base en las condiciones climatológicas.	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas	Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas	Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas	Táctica	SAGARPA/ Protección civil
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.							
1. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Táctica	CONAGUA/ Gobiernos municipales

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

Tabla 13.9. Medidas de largo plazo para los sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.

Estrategias:	Acciones a realizar:	Tipo de medida	Instituciones sugeridas
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.			
1. Construir nueva infraestructura para diversificar las fuentes de abastecimiento	1. Identificar lugares donde se requiera la nueva infraestructura. 2. Hacer estudio de factibilidad. 3. Hacer el estudio económico y gestionar recursos.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
2. Fomentar la participación de asociaciones civiles para aumentar los suministros de agua	1. Convocar a las Asociaciones civiles interesadas en colaborar. 2. Elaborar un plan de trabajo. 3. Gestionar recursos y calendarizar actividades a realizar.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
3. Realizar auditorías de los sistemas de distribución de agua y de los sistemas de riego	1. Hacer un plan de auditorías. 2. Realizar las auditorías y aplicar las sanciones correspondientes.	Estratégica	CONAGUA
4. Disminución de fugas de agua en casas, sistemas de distribución e infraestructura de riego	1. Verificación periódica de infraestructura. 2. Reparación de fugas. 3. Mantenimiento de la infraestructura.	No estratégica	CONAGUA
5. Verificación de medidores: Reemplazar medidores inexactos, calibración e instalación	1. Plan de instalación y verificación de medidores.	Estratégica	CONAGUA
6. Cambiar la política de operación de las extracciones de agua para optimizar la eficacia	1. Definir política adecuada de extracción de agua. 2. Adecuar la política actual. 3. Dar a conocer al público la nueva política.	Estratégica	CONAGUA
7. Mejorar la eficiencia de las instalaciones de tratamiento de agua	1. Evaluar el funcionamiento de las plantas de tratamiento. 2. Identificación de tecnologías aplicables para mejorar su eficiencia. 3. Plan de mejoramiento de las plantas de tratamiento de agua.	Estratégica	CONAGUA
8. Apoyar el desarrollo de programas de conservación de agua local	1. Identificar programas activos. 2. Campañas de promoción y capacitación para la conservación del agua local.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
9. Crear infraestructura adecuada y suficiente que cumpla con la normatividad vigente para mejorar la eficiencia en la distribución y abasto del agua.	1. Determinar la infraestructura con las características apropiadas. 2. Hacer el estudio económico y gestionar recursos.	Estratégica	CONAGUA
10. Promover incentivos (descuentos) por buen uso del agua.	1. Identificar usuarios con altos y bajos consumo de agua. 2. establecer los criterios para los incentivos. 3. Realizar la investigación pertinente.	Táctica	CONAGUA
11. Investigar y difundir la disponibilidad y el comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico a nivel de cuenca y subcuenca para conocer la disponibilidad y promover su uso racional	1. Revisar y organizar la información existente acerca del tema. 2. Determinar información faltante necesaria. 3. Emitir reportes para difundir la información obtenida.	Estratégica	CONAGUA
12. Estudio de riesgo hidrometeorológico y planes de adaptación de cambio climático	1. Analizar los datos de las variables hidroclimatológicas. 2. Analizar los datos socio-económicos relevantes. 3. Modelar diferentes escenarios de riesgo a futuro.	Estratégica	CONAGUA
13. Elaboración y aplicación de leyes relacionadas con el consumo de agua en los diferentes sectores	1. Análisis del consumo de agua de los diferentes sectores. 2. Revisión de la normatividad vigente.	Estratégica	CONAGUA

	3. Elaboración o adecuación de la normatividad.		
14. Generalizar el uso de medidores de agua para poder establecer rangos de consumo y cobrar tarifas justas para cada uno de los sectores	1. Identificación de usuarios sin medidor o con medidores descompuestos. 2. Establecer registros mensuales para conocer el consumo por sector y establecer las tarifas pertinentes.	Estratégica	CONAGUA
15. Evaluar los efectos de la sequía y la calidad del agua del acuífero sobre la salud	1. Coordinar actividades con la Secretaría de salud para identificar la incidencia de casos de enfermedades ocurrida en el periodo de sequía.	Estratégica	CONAGUA/ SS
16. Implementar uso de calentadores solares u otras ecotecnologías para hacer más eficiente el uso de agua	1. Hacer estudio piloto para definir el margen de ahorro de estas tecnologías.	No estratégica	SEMARNAT/ SMAAS/ SEDUMA/ SEMA
17. Promover instalación de dispositivos eficientes de agua	1. Identificación de dispositivos eficientes. 2. Desarrollar campañas de difusión sobre los beneficios de estos equipos.	No estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
18. Proveer medidores acústicos para ayudar a los consumidores a identificar fugas en tuberías	1. Hacer estudio de factibilidad. 2. Hacer el estudio económico y gestionar recursos en caso de ser viable.	No estratégica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA
19. Desarrollar red de drenaje para la colección de agua pluvial en la ciudad para el riego de jardines	1. Hacer estudio de factibilidad técnica. 2. Determinar costos y gestionar el recurso.	Estratégica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA
20. Establecer reservas de agua contra la sequía para diferentes sectores	1. Ubicar zonas vulnerables a la sequía. 2. Identificar sitios de reservas de agua estratégicamente localizados. 3. Plan de uso para el agua de estas reservas.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
21. Ampliar y modernizar redes piezométricas	1. Determinar la condición operacional de las redes piezométricas actuales. 2. Identificar zonas estratégicas para realizar mediciones piezométricas. 3. Análisis técnico para la ampliación de las redes.	Estratégica	CONAGUA
22. Identificar los problemas potenciales causados por descargas de aguas residuales al acuífero en zonas cercanas a las zonas de extracción	1. Ubicar zonas donde se realicen descargas residuales. 2. Determinar el nivel de contaminación de los cuerpos de agua donde se realizan las descargas y la gravedad. 3. Identificar afectaciones en el ecosistema.	Estratégica	SEMARNAT/ PROFEPA
23. Mayor investigación y monitoreo sobre la calidad del agua	1. Monitorear periódicamente la calidad del agua.	Estratégica	CONAGUA
24. Creación de un sistema de alcantarillado integral para toda la ciudad con una planta tratadora de aguas negras y de desechos.	1. Hacer estudio de factibilidad técnica. 2. Determinar costos y gestionar el recurso.	Estratégica	JAPAY/ CAPA/ SMAPA
25. Identificar zonas de recarga hidrológica y diseñar planes de manejo y operación en estas zonas.	1. Identificar las áreas de recarga más importantes. 2. Implementar un plan de manejo para estas áreas.	Estratégica	CONAGUA/ SEMARNAT
26. Contar con información cartográfica en línea sobre el comportamiento acuífero	1. Concentrar las bases de datos referentes al acuífero. 2. Realizar la cartografía. 3. Hacer disponible los mapas a través de un sitio WEB.	Estratégica	CONAGUA/ INEGI
27. Cuantificar volumen de recarga del acuífero por estado	1. Determinar las tasas de recarga del acuífero. 2. Modelar el volumen de agua de recarga para cada estado.	Estratégica	CONAGUA
28. Determinar intrusión salina en la cuenca	1. Identificar las áreas con mayor vulnerabilidad de la intrusión salina.	Estratégica	CONAGUA/ INVESTIGACIÓN

	2. Establecer puntos de Monitoreo estratégicos. 3. Medición y análisis de los datos (Conductividad eléctrica).		
29. Modificar la normatividad del uso de las aguas nacionales	1. Analizar los problemas derivados de la aplicación de la normatividad vigente. 2. Estudiar la factibilidad de realizar cambios sin generar conflictos de intereses. 3. Hacer los cambios pertinentes.	Estratégica	CONAGUA/ PROFEPA
30. Regularizar las descargas clandestinas de aguas residuales y promover el uso de la misma para el riego de áreas verdes	1. Ubicar principales fuentes de descargas residuales. 2. Implementar un plan de registro y seguimiento de los volúmenes de aguas residuales producidas. 3. Determinar la calidad de agua para valorar su posterior uso en el riego de áreas verdes.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
31. Mantener los cauces de ríos y escorrentías y evitar su desvío	1. Estudio del efecto de la modificación de los flujos naturales de agua sobre la vida del ecosistema. 2. Promover legislación en base a los resultados del estudio. 3. Vigilar que se cumpla la normatividad.	Estratégica	CONAGUA/ SEMARNAT/ SCT
32. Promover el uso de dispositivos eficientes o ahorradores de agua (WC, mingitorios, etc.)	1. Campañas de apoyo (económico o en especie) para usuarios que decidan utilizar estos dispositivos.	No estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
33. Implementación de plantas de tratamiento a nivel de fraccionamiento/colonia.	1. Hacer obligatorio la instalación de plantas de tratamiento en fraccionamientos nuevos. 2. Elaborar un estudio de factibilidad para los fraccionamientos y colonias que no poseen plantas de tratamiento. 3. Incentivar económicamente a los fraccionamientos que quieran implementar las plantas de tratamiento.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
34. Incrementar superficies de áreas verdes con especies de poca demanda hídrica en zonas residenciales	1. Identificar las especies de poca demanda hídrica. 2. Gestión de recursos para solventar los gastos de ejecución. 3. Realizar la sustitución de especies.	Estratégica	AYUNTAMIENTOS (Parques y jardines)
35. Aplicar políticas de ahorro de agua en la instalación de nuevas plantas (procesos y espacios)	1. Identificar las políticas de ahorro existentes en el sector. 2. Hacer obligatorio la instalación de las mismas.	Estratégica	CONAGUA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
36. Promover la conversión de sistemas de enfriamiento industrial al uso de torres de enfriamiento	1. Identificar las industrias con potencial para utilizar torres de enfriamiento. 2. Incentivar económicamente la conversión a torres de enfriamiento.	Estratégica	SEMARNAT
37. Programa de biodigestores en pequeñas granjas porcícolas de los ejidos para evitar contaminación del manto freático.	1. Hacer estudio de factibilidad técnica. 2. Determinar costo-beneficio.	Estratégica	SAGARPA
38. Uso de biodigestores para el manejo de aguas residuales y excretas humanas y animales	1. Hacer estudio de factibilidad técnica. 2. Determinar costo-beneficio. 3. Evaluar impacto social.	Estratégica	SAGARPA/ JAPAY/ CAPA/ SMAPA
39. Proponer programas de empleo temporal para conservación, rehabilitación y mejora de la infraestructura hídrica	1. Conocer las necesidades de cada zona en relación a la infraestructura hídrica. 2. Crear PETs específicos relacionados con las necesidades identificadas.	Estratégica	CONAGUA/ SAGARPA
40. Medir el caudal y el volumen empleado para el riego	1. Establecer la periodicidad de medición del caudal y llevar un registro oficial.	Estratégica	CONAGUA

41. Construcción de obras de captación de agua de lluvia para abrevaderos / construcción de cisternas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar zonas potenciales para la construcción de obras de captación de agua de lluvia. 2. Identificar instituciones que puedan otorgar asesoría técnica y apoyos económicos para la realización de la obra. 3. Gestionar recursos e inicio de las obras. 	Estratégica	SAGARPA
42. Promover el establecimiento de sistemas de riego que cubran eficientemente las necesidades de cada sistema productivo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer necesidades de riego de cada cultivo. 2. Identificar qué sistema de riego es adecuado para el cultivo y las condiciones de suelo y ambientales. 3. Elaborar una guía para de cultivos y sistema de riego adecuados. 4. Difundir las guías entre los agricultores. 	Estratégica	SAGARPA
43. Promover el uso de sistemas de captación de agua de lluvia.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar zonas potenciales para la construcción de obras de captación de agua de lluvia. 2. Identificar instituciones que puedan otorgar asesoría técnica y apoyos económicos para la realización de la obra. 3. Gestionar recursos e inicio de las obras. 4. Difundir beneficios de los sistemas de captación. 	Estratégica	CONAGUA
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.			
1. Fomentar el estudio del efecto de la sequía sobre la flora y fauna de la región	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en estudiar efectos de la sequía sobre flora y fauna. 2. Crear un fondo para incentivar las investigaciones que evalúen los efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región. 	Estratégica	SEMARNAT/ CONACYT
2. Fomentar la investigación sobre el cambio climático y su relación con la sequía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en hacer estos estudios. 2. Crear un fondo para incentivar la realización de estas investigaciones. 	Estratégica	CONAGUA/ SEDUMA/ SMAAS/SEMA/ CONACYT
3. Fomentar la investigación sobre el flujo hidrológico de los humedales para su conservación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una identificación de instituciones interesadas en hacer estos estudios. 2. Crear un fondo para incentivar la realización de estas investigaciones. 	Estratégica	SEMARNAT/ CONACYT
4. Restablecer y conservar los flujos hidrológicos en los humedales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar la problemática de los flujos hidrológicos de los humedales. 2. Crear un proyecto de reactivación de flujos. 3. Respetar los flujos hidrológicos de los humedales en la construcción de las carreteras. 	Estratégica	SEMARNAT
5. Difundir el programa contra incendios y aplicar la normatividad en la materia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear campañas entre productores para dar a conocer el programa contra incendios y la normatividad. 2. Verificar que se respete el calendario de quemas y aplicar sanciones para quien no lo haga. 	Estratégica	CONAFOR
6. Crear cultura del uso «adecuado» y manejo del fuego basado en los ajustes oportunos y pertinentes del calendario de quemas, considerando condiciones climatológicas para realizarla quema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Campañas de capacitación para el manejo del fuego. 2. Monitoreo de las condiciones climatológicas para identificar zona de mayor riesgo de incendios. 3. Determinar los criterios de ajustes de los calendarios de quemas. 	Estratégica	CONAFOR

7. Fomentar la implementación de humedales artificiales en unidades ganaderas para mayor aprovechamiento del agua.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar zonas potenciales para la construcción de obras de captación de agua de lluvia. 2. Identificar instituciones que puedan otorgar asesoría técnica y apoyos económicos para la realización de la obra. 3. Gestionar recursos e inicio de las obras. 	Estratégica	SAGARPA
8. Uso de especies vegetales nativas con consumo mínimo de agua.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las especies nativas con menor consumo de agua y potencial para ser usadas en parques y jardines. 2. Implementar plan de propagación de las especies y plan de incorporación y reemplazo. 	No estratégica	Ayuntamientos
9. Incrementar programas de reforestación y conservación de zonas de recarga.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los programas existentes de reforestación y su impacto sobre la conservación de las zonas de recarga. 2. Evaluar la factibilidad del incremento de los programas. 3. Gestionar recursos y difundir los programas. 	Estratégica	CONAFOR
10. Saneamiento de aguadas y cenotes	<p>Identificar el grado de contaminación de aguadas y cenotes. Identificar las técnicas adecuadas para la recuperación de la calidad de agua en cada caso. Priorizar el saneamiento de acuerdo a su grado de contaminación. Gestionar recursos y ejecutar el plan.</p>	Estratégica	SEMARNAT
11. Adecuar los programas de reforestación en base a temporada de lluvias y asegurar la efectividad del programa.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar un listado de especies con potencial para la reforestación. 2. Proporcionar y asegurar que las plántulas sean proporcionados justo antes de la época de lluvias. 3. Supervisión de la tasa de sobrevivencia de las especies reforestadas. 	Estratégica	CONAFOR
12. Regular la deforestación de acuerdo con el uso del suelo especificado en el ordenamiento ecológico territorial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informar a todos los productores acerca del uso potencial de su suelo de acuerdo al ordenamiento territorial. 2. Establecer los criterios para regular la deforestación. 3. Capacitar a los productores en el uso de técnicas de cultivo que no requieran "tumba". 	Estratégica	CONAFOR
Establecer un programa de combate a incendios	Ya existe.	Estratégica	CONAFOR
13. Promover esquemas y programas para pago de servicios ambientales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promover que la iniciativa privada pague un impuesto ambiental para que este sea destinado para el pago de servicios ambientales. 2. Difundir el programa entre los productores de los diferentes sectores. 3. Hacer accesible en trámite para que puedan recibir el pago. 	Estratégica	CONAFOR
14. Programas de restauración de suelos y reforestación con especies multipropósito en terrenos agropecuarios abandonados o de bajo rendimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer un listado con las especies multipropósito con potencial de restauración. 2. Identificar las áreas de suelos degradados. 3. Promover el establecimiento de viveros para la producción de plántulas. 4. Establecer el plan de solicitud y distribución de plantas para los productores. 	Estratégica	SAGARPA/ CONAFOR

15. Implementar el uso de especies nativas resistentes a la sequía en los sistemas de producción	1. Hacer un listado con las especies nativas con baja demanda hídrica. 2. Informar a los productores de los beneficios de usar especies nativas. 3. Promover parcelas piloto demostrativas.	No estratégica	SAGARPA/ CONAFOR
16. Implementar técnicas de labranza cero y mecanizados para reducir las quemas agrícolas	1. Evaluar la factibilidad técnica de los diferentes sistemas de labranza para las diferentes regiones de la Península. 2. Determinar costo-beneficio.	Estratégica	SAGARPA
17. Rotación de cultivos considerando los ciclos PV y OI	1. Difusión de los beneficios de la rotación de cultivos y capacitación. 2. Incentivos para productores que utilicen la rotación de cultivos.	No estratégica	SAGARPA
18. Promover el uso de productos agrícolas de origen orgánico para prevenir la contaminación de mantos freáticos	1. Elaboración de una lista de productos orgánicos existentes que puedan sustituir a los agroquímicos. 2. Evaluación de los productos orgánicos para conocer sus beneficios. 3. Hacer estudio costo-beneficio.	No estratégica	SAGARPA/ SEMARNAT
19. Conservación de suelos por aplicación de materia orgánica para disminuir la evaporación	1. Identificar las fuentes de materia orgánica disponible para su uso. 2. Difundir las técnicas de manejo y aplicación de la materia orgánica al suelo entre los productores.	No estratégica	SEMARNAT
20. Generar apoyo e invertir en agricultura protegida (casas sombra).	1. Hacer estudio de factibilidad técnica por región. 2. Determinar costo-beneficio y cultivos pertinentes.	Estratégica	SAGARPA
Grupo de estrategias 4: Educación y capacitación para la sequía.			
1. Promover la agricultura orgánica con el fin de no contaminar el agua con sustancias que se utilizan en la agricultura	1. Realizar una campaña para informar a los productores sobre los beneficios de la agricultura orgánica. 2. Generar un mercado para los productos orgánicos.	Estratégica	SAGARPA/ INAFAP/ FOMENTO AGROPECUARIO
2. Reorganizar los sistemas productivos agropecuarios de acuerdo al potencial productivo del suelo e intensidad de la sequía.	1. Concientizar a los productores sobre las técnicas de manejo del agua apropiadas a la región. 2. Incentivar el cultivo de especies mejor adaptadas a la condiciones de la región. 3. Respetar el uso potencial del suelo publicado en el ordenamiento ecológico.	Estratégica	SAGARPA
3. Establecer un programa local de sensibilización e información sobre medidas de atención a la sequía dirigido a las autoridades de los tres niveles	PRONACOSE.		CONAGUA
4. Vincular los espacios de cultura del agua, incluyendo perspectivas y situaciones de sequía, con los subgrupos de educación ambiental dentro de los órganos auxiliares del Consejo cuenca	1. Identificar los espacios del uso del agua y promover su trabajo conjunto. 2. Elaborar campañas de concientización (spots televisivos, publicaciones en periódicos, etc.) sobre la conservación-no desperdicio del agua en épocas de sequía.	Estratégica	CONAGUA
5. Desarrollar campañas públicas de educación con estrategias de manejo de la demanda a corto y largo plazo	PRONACOSE.		CONAGUA
6. Capacitar al personal de los Organismos Operadores y del municipio sobre cómo ahorrar agua	¿Quién capacita?	Táctica	CONAGUA

7. Monitorear la cantidad de vegetación que deforestan en los ejidos para la milpa	1. Determinar la factibilidad de la contabilización de las hectáreas tumbadas para milpa por cada ejidatario. 2. Realizar un censo anual de las ha empleadas para cultivo por cada uno de los ejidatarios. 3. Capacitar a los productores en técnicas de cultivo sin quema.	Estratégica	CONAFOR
8. Mejorar el programa de combate contra incendios que provean herramientas para hacer un uso adecuado y manejo del fuego	1. Evaluar la efectividad del programa existente. 2. Mantener la difusión y la actualización del calendario de quemas. 3. Recalcar a los productores la importancia de las medidas de control de las quemas.	Estratégica	CONAFOR
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.			
1. Generar información sobre áreas y poblaciones vulnerables a la sequía	1. Identificar las variables que hacen que una región sea vulnerable a la sequía. 2. Identificar las poblaciones vulnerables.	Estratégica	CONAGUA
2. Reforzar las atribuciones de la Unidad Estatal de Protección Civil para facilitar las reacciones en caso de incendios	1. Analizar las atribuciones de la unidad Estatal de Protección Civil en materia de incendios. 2. Cambiar las atribuciones de la unidad Estatal de Protección Civil en caso de ser necesario. 3. Determinar las acciones más efectivas y rápidas que podrían implementarse para mejorar la respuesta ante un incendio.	Estratégica	Gobiernos estatales
3. Establecer los niveles de autoridad y el proceso para la declaración de la sequía	PRONACOSE.		CONAGUA/ GOBIERNOS FEDERAL, ESTATAL Y MUNICIPAL
4. Desarrollar las etapas de la sequía, las variables de alerta y las metas de las respuestas esperadas	PRONACOSE.		CONAGUA
5. Evaluar los impactos de las sequías históricas	PRONACOSE.		CONAGUA
6. Monitorear los indicadores de las sequías en cada sector	PRONACOSE.		CONAGUA
7. Rastrear la percepción pública y la eficacia de las medidas contra la sequía	PRONACOSE.		CONAGUA
8. Modernizar y ampliar la red de estaciones meteorológicas para proporcionar pronósticos de sequía en tiempo y forma.	1. Identificar zonas donde existan vacíos de información meteorológica. 2. Cambiar las estaciones meteorológicas tradicionales por estaciones automáticas con la capacidad de enviar los datos automáticamente a un centro operativo donde puedan ser incorporados fácilmente a un sitio web disponible para todo público.	Estratégica	CONAGUA
9. Medir radiación solar para determinar la intensidad de la sequía.	1. Incluir la medición de este parámetro en las unidades meteorológicas existentes. 2. Incorporar estos datos al conjunto de datos meteorológicos para el análisis de la sequía.	Estratégica	CONAGUA
10. Accesibilidad de información meteorológica en tiempo real	1. Actualizar la red de estaciones meteorológicas.	Estratégica	CONAGUA

	2. Actualizar el sitio web del Servicio Meteorológico Nacional para ofrecer la información meteorológica en tiempo real.		
11. Creación de un grupo de monitoreo a la sequía que alerte a la población en caso que sea necesario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar a los integrantes del grupo (perfiles, instituciones, etc.). 2. Capacitar al grupo acerca de cómo monitorear la sequía. 3. Establecer protocolos de alerta para la población. 	Estratégica	CONAGUA/ MUNICIPIOS

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

CAPÍTULO 14. PROGRAMA DETALLADO (SECTOR, RESPONSABLE, PROPUESTAS DE ACCIÓN)

14.1 Introducción

En esta sección se incluyen las estrategias de corto plazo así como las diferentes acciones propuestas para cada una de las etapas de la sequía.

Los costos de actuar y de no actuar se refieren a las acciones probables que deberían de ser llevadas a cabo en cada una de las acciones dependiendo del estadio de la sequía. Para ello se analizó cada una, para ver si era llevada a cabo por parte de alguna institución federal o estatal y los posibles costos que implicaría llevarla a cabo.

14.2 Etapa “Anormalmente Seco”

Tabla 14.1. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘anormalmente seco’.

MITIGACIÓN DE SEQUÍA Y PROGRAMA DE RESPUESTA SEGÚN SU ETAPA.		
ETAPA: Anormalmente seco		
ASPECTOS A PRECISAR		
FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ INDICADORES CLAVES La reducción en la precipitación u oferta de agua es de 10 al 20% respecto a la precipitación o demanda media.
DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ETAPA: Anormalmente seco. ▪ INDICADOR CLAVE » % de lluvia ▪ La respuesta inmediata es una extracción mayor de agua del acuífero, vinculada con actividades de reducción voluntaria de consumo de agua y el monitoreo de las condiciones climatológicas para conocer si la sequía continuará.
MEDIDAS DE RESPUESTA (Aplicar en todos los niveles de la sequía)	OFERTA	
	DEMANDA	Sector agrícola, pecuario, DTT,
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre los posibles usos. 2. Monitorear diario las condiciones climatológicas. 3. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse para cada etapa. 4. Identificación sectores que puedan intercambiar agua, enfocándose

		Forestal, acuícola, Equidad y Género e Indígena	<p>principalmente a los sectores acuícola y agrícola.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Difusión de los apoyos para suplementos alimenticios para el sector X. 6. Identificación de posibles fuentes alternas de alimentación en época de sequía. 7. Mantener subsidios autorizados. 8. Capacitación a los productores para elaborar silos.
		Sector: Investigación/Academia	<ol style="list-style-type: none"> 9. Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos. Elaborar documentos de difusión (manuales, videos, etc.). 10. Elaborar documentos de difusión (manuales, videos etc.)
		Sector: Público, urbano, industrial, Servicios y ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 11. Campañas de sensibilización para el ahorro de agua ante una probable sequía. 12. Reducir el riego de agua utilizada en un X% para el riego de jardines y parques. 13. Verificación y corrección de fugas. 14. Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivarlos a que colaboren.

CAMPAÑA PÚBLICA	Comunes a todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emitir un boletín de alerta para la etapa con las acciones a realizar. ▪ Campaña publicitaria de lo que es la sequía, sus etapas y sistema de alerta. ▪ Campaña publicitaria de medidas de ahorro durante la sequía.
PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar campañas a nivel estatal y regional incluyendo información en lengua maya ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía.
OTROS ASPECTOS A CONTEMPLAR EN TODAS LAS ETAPAS		
EDUCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en los programas educativos información referente a la sequía, incluyendo la información que se está generando con el PRONACOSE. • Impulsar la "Cultura del Agua" en todos los niveles educativos dentro de un programa establecido por la SEP. • Reforzar los temas ambientales en materia de manejo de residuos, optimización del agua, ahorro de agua, reporte de las fugas de agua cuando las veas, cambio climático, cuidado del suelo, reforestación, en ciudades y zonas rurales. • Implementar “spots” dirigido a todo público para enseñar sobre las técnicas para el ahorro del agua y las tecnologías para su reúso. • Recobrar los fundamentos filosóficos del PRODERITH, el cual fue un programa educativo rural y de comunicación basado en la microcuenca, implementarlo en todos los niveles educativos. 	
INVESTIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un fondo CONACYT para apoyar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la sequía. • Hacer una investigación-inventario sobre la infraestructura del uso del agua con que cuenta cada municipio. • Investigar tecnologías para mejorar la calidad del agua para su reutilización con insumos de bajo costo, procesos prácticos de aplicación. • Acopio y sistematización de la información ya existente sobre el acuífero de la Península e identificar vacíos de información, así como mayor difusión de toda la información que se genera, principalmente a los tomadores de decisiones; La 	

	<p>información que se hace llegar a la población sea de forma coloquial para que se tome conciencia de la problemática actual.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el comportamiento del acuífero de la Península de Yucatán en las temporadas de lluvia y estiaje, definir los niveles de cambios en las estática del acuífero para que cada sector: agrícola, servicios y pecuario sepan el volumen aproximado que podrán extraer según su producción. • Mayor investigación de las especies forrajeras resistentes a la sequía y divulgación de esta información. • La deforestación actual en la Península de Yucatán. • Investigación sobre las técnicas prácticas para el tratado de aguas grises de traspatio. • Estudios de calidad biológica y química del agua de lluvia (del agua cosechada). • Modelación de los riesgos y vulnerabilidad a la sequía. • Mejorar el cálculo de los Índices de sequía a nivel regional • Efectos de la sequía en la calidad de agua y la prevalencia de enfermedades infecciosas y crónico-degenerativas por efecto de concentración de contaminantes en el recurso agua en la época de sequía. • Identificación de los impactos reales de la sequía por sector • Modelar escenarios de sequía relacionados con el cambio climático. • Efectos de la sobreexplotación del acuífero sobre intrusión salina. • Disminución del agua disponible del acuífero debido a la contaminación. • Efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región.
<p>COSTOS DE ACTUAR Y DE NO ACTUAR</p>	<p>1. Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre los usos.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Analizar a que sector va ir dirigida la información.*Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Habrà que considerar cuánto tiempo se mantendrá vigente dicho boletín (anualmente o por temporada). *Costos de implementar dicha campaña.</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> *Desinformación de los beneficios de usar fuentes alternativas de abastecimiento.</p>

2. Monitorear diario las condiciones climatológicas.

Costos de actuar: *Considerar si existe o no la infraestructura para realizar el monitoreo.*Considerar los gastos económicos que generaría la adquisición y mantenimiento de más infraestructura para realizar los monitoreos. * Factibilidad técnica.

Costos de no actuar: *Falta de información útil para monitorear la sequía.

3. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse para cada etapa.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

4. Identificación sectores que puedan intercambiar agua, enfocándose principalmente a los sectores acuícola y agrícola.

Costos de actuar: *Conocer la disponibilidad de agua para intercambiar por cada sector. *Que sectores pueden intercambiar, considerar la distancia entre los lugares que realicen el intercambio, la calidad del agua (grado de tratamiento de las aguas tratadas). *Disponibilidad de agua regenerada para una posterior reutilización. *Como se movilizará el agua (métodos y costos). *Llevar un registro del beneficio de haber movilizado el agua (hectáreas cosechadas o cabezas de ganado salvadas).

Costos de no actuar: *Pérdidas monetarias en cultivos o en el número de animales, dependiendo de la extensión del área cosechada o el número de animales de cada productor.

5. Difusión de los apoyos para suplementos alimenticios para el sector X.

Costos de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos la distribución.*Considerar por cuánto tiempo se les proporcionarán los suplementos.* Considerar los costos. *Considerar los costos del transporte.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida de peso en los animales no suplementados en época de sequía. *Mayor probabilidad de muerte en los animales no suplementados. *Mayor pérdida económica para los productores.

6. Identificación de posibles fuentes alternas de alimentación en época de sequía.

Costos de actuar: * Realizar un listado de especies forrajeras resistentes a la sequía. *Capacitación a los productores para elaborar su alimento alternativo. *Costos de dicha capacitación.*Cuánto tiempo será la capacitación.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida de peso en los animales no suplementados en época de sequía. * Mayor probabilidad de muerte en los animales no suplementados. *Mayor pérdida económica para el productor.

7. Mantener subsidios autorizados.

Costos de actuar: *Mantener actualizada las reglas de operación de dichos subsidios. Informar y facilitar a los productores sobre los trámites necesarios para acceder a éstos subsidios. Mayor difusión de los subsidios a la prima del seguro agropecuario, con cobertura de riesgos climatológicas como la sequía (agroasemex).

Costos de no actuar: Pérdida económica para aquellos productores que no reciban el subsidio.

8. Capacitación a los productores para elaborar silos.

Costos de actuar: *Ya se está realizando de manera exitosa, en el estado de Oaxaca, a través de la fundación Produce, el costo de dicha capacitación es \$ 985, 850.00 pesos, en el cual se han beneficiado 7 ejidos y 250 usuarios.

Costos de no actuar: *Una pérdida entre el 50 y 70% por los costos de producción.

9. Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos. Elaborar documentos de difusión (manuales, videos, etc.)

Costos de actuar: *Analizar a que sector va ir dirigida la información.*Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Habrá que considerar cuánto tiempo se mantendrá vigente dicho boletín (anualmente o por temporada). *Costos de implementar dicha campaña.

Costos de no actuar: Desinformación de los beneficios de usar fuentes alternativas de abastecimiento.

10. Elaborar documentos de difusión (manuales, videos etc.)

Costos de actuar: Ya se realiza, lo lleva a cabo CONAGUA, sin embargo hace falta mayor difusión. * *Analizar costos para llegar a más gente por otros medios de comunicación como los spots en televisión.

Costos de no actuar: Desinformación entre la población.

11. Campañas de sensibilización para el ahorro de agua ante una probable sequía.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Habrá que considerar cuánto tiempo se mantendrá vigente dicho boletín (anualmente o por temporada). *Costos de implementar dicha campaña. Costos de no actuar: * Desconocimiento de la problemática referente a la sequía. *Mayor derroche del recurso.

12. Reducir el riego de agua utilizada en un X% para el riego de jardines y parques.

	<p><u>Costos de actuar:</u> *Considerar fuentes alternas como por ejemplo el agua de lluvia o aguas tratadas. *Costos a futuro por rehabilitar o reemplazar las especies que se pierdan.</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> *Derroche del recurso.</p> <p>13. Verificación y corrección de fugas.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Listado de toda la infraestructura que presente fugas. *Mantenimiento constante de la infraestructura. *Sustitución de la infraestructura vieja. *Costos que generará dicho monitoreo. *Viabilidad técnica.</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> *Constante derroche del recurso.</p> <p>14. Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivarlos a que colaboren.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> Ya se lleva a cabo a través de la SEMARNAT, dentro del Acuerdo Nacional por el Turismo, se busca la promoción del desarrollo equilibrado sustentable, con el fin de que se actúe con conciencia y criterios de conservación del medio ambiente, de ahorro de energía y de preservación de las riquezas naturales, se realiza en 30 hoteles del caribe mexicano. * Considerar costos de incrementar mayor número de hoteles.</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> Desinformación y derroche del recurso.</p>
--	--

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.3 Etapa “Sequía Moderada”

Tabla 14.2. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía moderada’.

MITIGACIÓN DE SEQUÍA Y PROGRAMA DE RESPUESTA SEGÚN SU ETAPA. ETAPA: Sequía Moderada			
ASPECTOS A PRECISAR			
FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ INDICADORES CLAVES. La reducción en la precipitación u oferta de agua es de 10 al 20% respecto a la precipitación o demanda media. 	
DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ETAPA: Sequía moderada ▪ INDICADOR CLAVE » % de lluvia ▪ Algunas medidas son voluntarias pero otras ya son obligatorias C 	
MEDIDAS DE RESPUESTA (Aplicar en todos los niveles de la sequía)	OFERTA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar factibilidad y priorizar el intercambio del recurso entre los sectores. 2. Definir y difundir el plan de acción entre la población. 3. Monitorear diario las condiciones climatológicas. 4. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa. 	
	DEMANDA	Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.	<ol style="list-style-type: none"> 5. Mantener subsidios autorizados al pago de energía eléctrica para riego. 6. Definir criterios de elegibilidad para recibir apoyos para suplementos alimenticios. 7. Almacenamiento de fuentes alternas de alimento. 8. Iniciar la disminución de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.
		Investigación y Academia.	<ol style="list-style-type: none"> 9. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.
		Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.	<ol style="list-style-type: none"> 10. Preparar infraestructura para aumento de extracción de agua cruda. 11. Regar parques y jardines únicamente con aguas tratadas o de reúso.

			<p>12. Reducir el agua de lavado. Difundir ideas para ahorro de agua, usar cubeta para disminuir consumo de agua.</p> <p>13. Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivarlos q que colaboren.</p>
CAMPAÑA PÚBLICA	Comunes a todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emitir un boletín de alerta para la etapa con las acciones a realizar. ▪ Campaña publicitaria de lo que es la sequía, sus etapas y sistema de alerta. ▪ Campaña publicitaria de medidas de ahorro durante la sequía. 	
PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar campañas a nivel estatal y regional incluyendo información en lengua maya ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía.
OTROS ASPECTOS A CONTEMPLAR EN TODAS LAS ETAPAS			
EDUCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en los programas educativos información referente a la sequía, incluyendo la información que se está generando con el PRONACOSE. • Impulsar la "Cultura del Agua" en todos los niveles educativos dentro de un programa establecido por la SEP. • Reforzar los temas ambientales en materia de manejo de residuos, optimización del agua, ahorro de agua, reporte de las fugas de agua cuando las veas, cambio climático, cuidado del suelo, reforestación, en ciudades y zonas rurales. • Implementar "spots" dirigido a todo público para enseñar sobre las técnicas para el ahorro del agua y las tecnologías para su reúso. • Recobrar los fundamentos filosóficos del PRODERITH, el cual fue un programa educativo rural y de comunicación basado en la microcuenca, implementarlo en todos los niveles educativos. 		
INVESTIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un fondo CONACYT para apoyar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la sequía. • Hacer una investigación-inventario sobre la infraestructura del uso del agua con que cuenta cada municipio. • Investigar tecnologías que mejoren la calidad del agua para su reutilización con insumos de bajo costo, procesos prácticos de aplicación. • Acopio y sistematización de la información ya existente sobre el acuífero de la Península e identificar vacíos de información, así como mayor difusión de toda la información que se genera, principalmente a los tomadores de decisiones; La información que se hace llegar a la población sea de forma coloquial para que se tome conciencia de la problemática actual. • Determinar el comportamiento del acuífero de la Península de Yucatán en las temporadas de lluvia y estiaje, definir los niveles de cambios en las estática del acuífero para que cada sector: agrícola, servicios y pecuario sepan el volumen aproximado que podrán extraer según su producción. • Mayor investigación de las especies forrajeras resistentes a la sequía y divulgación de esta información. • La deforestación actual en la Península de Yucatán. • Mayor investigación sobre las técnicas prácticas para el tratado de aguas grises de traspatio. • Estudios de calidad biológica y química del agua de lluvia (del agua cosechada). • Modelación de los riesgos y vulnerabilidad a la sequía • Mejorar el cálculo de los Índices de sequía a nivel regional 		

	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos de la sequía en la calidad de agua y la prevalencia a enfermedades infecciosas y crónico-degenerativas por efecto de concentración de contaminantes en el recurso agua en la época de sequía. • Identificación de los impactos reales de la sequía por sector • Modelar escenarios de sequía relacionados con el cambio climático. • Efectos de la sobreexplotación del acuífero sobre intrusión salina. • Disminución del agua disponible del acuífero debido a la contaminación. • Efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región.
COSTOS DE ACTUAR Y DE NO ACTUAR	<p>1. Determinar factibilidad y priorizar el intercambio del recurso entre los sectores. <u>Costos de actuar:</u> *Conocer la disponibilidad de agua para intercambiar por cada sector. *Que sectores pueden intercambiar, considerar la distancia entre los lugares que realicen el intercambio, la calidad del agua, etc. *Como se movilizara el agua (métodos y costos). *Llevar un registro del beneficio de haber movilizado el agua (hectáreas cosechadas o cabezas de ganado salvadas). <u>Costos de no actuar:</u> *Pérdidas monetarias en cultivos o en el número de animales, cada perdida dependerá de la extensión del área cosechada o el número de animales de cada productor.</p> <p>2. Definir y difundir el plan de acción entre la población. <u>Costos de actuar:</u> *Analizar el medio por el cual se va a realizar la difusión. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Habrà que considerar cuánto tiempo se mantendrá vigente la difusión (anualmente o por temporada). <u>Costos de no actuar:</u> *Desconocimiento de la situación actual del problema.* Pérdidas económicas.</p> <p>3. Monitorear diario las condiciones climatológicas. <u>Costos de actuar:</u> *Considerar si existe o no la infraestructura para realizar el monitoreo.*Considerar los gastos económicos que generaría la adquisición y mantenimiento de más infraestructura para realizar los monitoreos. *Factibilidad técnica. <u>Costos de no actuar:</u> *Falta de información útil para monitorear la sequía.</p> <p>4. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa. <u>Costos de actuar:</u> *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer. <u>Costos de no actuar:</u> *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.</p> <p>5. Mantener subsidios autorizados al pago de energía eléctrica para riego. <u>Costos de actuar:</u> *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos el subsidio.*Considerar por cuánto tiempo se les proporcionará.* Considerar los montos que se otorgarán.</p>

Costos de no actuar: *Mayor pérdida económica en el sector agrícola.

6. Definir criterios de elegibilidad para recibir apoyos para suplementos alimenticios.

Costos de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos la distribución.* Dar prioridad a los productores de las zonas más vulnerables. *Considerar por cuánto tiempo se les proporcionarán los suplementos.*Considerar los costos.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida de peso en los animales no suplementados en época de sequía. * Mayor probabilidad de muerte en los animales no suplementados. *Mayor pérdida económica para los productores.

7. Almacenamiento de fuentes alternas de alimento.

Costos de actuar: *Identificación de las fuentes alternas de alimento. *Difusión a los productores de cómo llevar a cabo el almacenamiento en caso de ser materia orgánica para evitar su pronta descomposición.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida económica para los productores en caso de no tener alimento suficiente para sus animales.

8. Iniciar la disminución de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.

Costos de actuar: *En los lugares más vulnerables a la sequía, considerar la venta del mayor número de animales para evitar una elevada pérdida monetaria.

Costos de no actuar: *Mayores pérdidas monetarias por la muerte de animales o por los gastos en la suplementación.

9. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

10. Preparar infraestructura para aumento de extracción de agua cruda.

Costos de actuar: *Inventario de la infraestructura con que se cuenta. *Costos de inversión. *Análisis y cuantificación de riegos que conlleva dicha extracción.

Costos de no actuar: *Carencia del recurso en época de sequía.

11. Regar parques y jardines únicamente con aguas tratadas o de rehúso

Costos de actuar: *Ampliar el número de plantas de tratamiento para aumentar el volumen de aguas tratadas. *Constante mantenimiento de dichas plantas. *Considerar costos. *Factibilidad de transporte.

Costos de no actuar: *Derroche del recurso.

	<p>12. Reducir el agua de lavado. Difundir ideas para ahorro de agua, usar cubeta para disminuir consumo de agua.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Realizar concientización de la problemática con la sequía a los sectores que lleven a cabo la actividad, para que se realice un ahorro del recurso.*Registro del consumo que realizan por dicha actividad para corroborar si hay un verdadero ahorro. *Considerar fuentes alternas para llevar a cabo el servicio. Considerar los costos.</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> *Derroche del recurso, cuando se debe de priorizar para el consumo.</p> <p>13. Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivarlos q que colaboren.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> Ya se lleva a cabo a través de la SEMARNAT, dentro del Acuerdo Nacional por el Turismo, se busca la promoción del desarrollo equilibrado sustentable, con el fin de que se actúe con conciencia y criterios de conservación del medio ambiente, de ahorro de energía y de preservación de las riquezas naturales, se realiza en 30 hoteles del caribe mexicano. *Considerar costos de incrementar mayor número de hoteles.</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> Desinformación y derroche del recurso.</p>
--	--

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.4 Etapa “Sequía Severa”

Tabla 14.3. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía severa’.

MITIGACIÓN DE SEQUÍA Y PROGRAMA DE RESPUESTA SEGÚN SU ETAPA. ETAPA: Sequía Severa		
ASPECTOS A PRECISAR		
FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ INDICADORES CLAVES. La reducción en la precipitación u oferta de agua es de 10 al 20% respecto a la precipitación o demanda media.
DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ETAPA: Sequía Severa. ▪ INDICADOR CLAVE » % de lluvia ▪ Algunas medidas restrictivas obligatorias
MEDIDAS DE RESPUESTA (Aplicar en todos los niveles de la sequía)	OFERTA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autorizar el intercambio de agua entre los sectores acuícola y porcícola, considerando que el sector acuícola y porcícola pueden proporcionar el recurso, pero éste último no puede recibir. 2. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.
	DEMANDA	<p>Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Riego nocturno obligatorio para las unidades con sistemas de riego automático. 4. Prohibir las quemas en regiones de mayor riesgo. 5. Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 25% la fuente de alimento alterna con la convencional. 6. Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola.

			<p>7. Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.</p> <p>8. Priorizar el uso de agua de lluvia para consumo humano, animal y cultivos seleccionados.</p> <p>9. Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas.</p>
		Investigación y Academia.	10. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.
		Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.	<p>11. Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas.</p> <p>12. Aumento de la extracción de agua cruda en un 0%</p> <p>13. Suspender el riego de las áreas de pastos de jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de rehúso.</p> <p>14. Reutilizar agua para regar plantas de ornato.</p> <p>15. Disminuir la frecuencia del baño y usar una cubeta para disminuir consumo.</p> <p>16. Disminuir un 25% en la frecuencia del servicio del lavado.</p>
CAMPAÑA PÚBLICA	Comunes a todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emitir un boletín de alerta para la etapa con las acciones a realizar. ▪ Campaña publicitaria de lo que es la sequía, sus etapas y sistema de alerta. ▪ Campaña publicitaria de medidas de ahorro durante la sequía. 	

PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar campañas a nivel estatal y regional incluyendo información en lengua maya ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía.
OTROS ASPECTOS A CONTEMPLAR EN TODAS LAS ETAPAS	
EDUCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en los programas educativos información referente a la sequía, incluyendo la información que se está generando con el PRONACOSE. • Impulsar la "Cultura del Agua" en todos los niveles educativos dentro de un programa establecido por la SEP. • Reforzar los temas ambientales en materia de manejo de residuos, optimización del agua, ahorro de agua, reporte de las fugas de agua cuando las veas, cambio climático, cuidado del suelo, reforestación, en ciudades y zonas rurales. • Implementar "spots" dirigido a todo público para enseñar sobre las técnicas para el ahorro del agua y las tecnologías para su reúso. • Recobrar los fundamentos filosóficos del PRODERITH, el cual fue un programa educativo rural y de comunicación basado en la microcuenca, implementarlo en todos los niveles educativos.
INVESTIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un fondo CONACYT para apoyar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la sequía. • Hacer una investigación-inventario sobre la infraestructura del uso del agua con que cuenta cada municipio. • Investigar tecnologías que mejoren la calidad del agua para su reutilización con insumos de bajo costo, procesos prácticos de aplicación. • Acopio y sistematización de la información ya existente sobre el acuífero de la Península e identificar vacíos de información, así como mayor difusión de toda la información que se genera, principalmente a los tomadores de decisiones; La información que se hace llegar a la población sea de forma coloquial para que se tome conciencia de la problemática actual. • Determinar el comportamiento del acuífero de la Península de Yucatán en las temporadas de lluvia y estiaje, definir los niveles de cambios en las estática del acuífero para que cada sector: agrícola, servicios y pecuario sepan el volumen aproximado que podrán extraer según su producción.

	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor investigación de las especies forrajeras resistentes a la sequía y divulgación de esta información. • La deforestación actual en la Península de Yucatán. • Mayor investigación sobre las técnicas prácticas para el tratado de aguas grises de traspatio. • Estudios de calidad biológica y química del agua de lluvia (del agua cosechada). • Modelación de los riesgos y vulnerabilidad a la sequía • Mejorar el cálculo de los Índices de sequía a nivel regional • Efectos de la sequía en la calidad de agua y la prevalencia a enfermedades infecciosas y crónico degenerativas por efecto de concentración de contaminantes en el recurso agua en la época de sequía. • Identificación de los impactos reales de la sequía por sector • Modelar escenarios de sequía relacionados con el cambio climático. • Efectos de la sobreexplotación del acuífero sobre intrusión salina. • Disminución del agua disponible del acuífero debido a la contaminación. • Efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región.
<p>COSTOS DE ACTUAR Y DE NO ACTUAR</p>	<p>1. Autorizar el intercambio de agua entre los sectores acuícola y porcícola, considerando que éstos sectores pueden proporcionar el recurso.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Conocer la disponibilidad de agua para intercambiar por cada sector. *Conocer que sectores pueden intercambiar, este intercambio podría darse entre los sectores porcícola y acuícola, sin embargo se tendría que considerar la distancia entre los lugares que realicen el intercambio, la calidad del agua, etc. (debido a restricciones zoonosológicas el sector porcícola no puede recibir utilizar aguas residuales). *Como se movilizara el agua (métodos y costos). *Llevar un registro del beneficio de haber movilizado el agua (hectáreas cosechadas o cabezas de ganado salvadas).</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> *Desperdicio de agua.</p> <p>2. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.</p>

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

3. Riego nocturno obligatorio para las unidades con sistemas de riego automático.

Costos de actuar: *Registro del consumo total de los sistemas de producción que cuentan con sistema de riego. *Constante mantenimiento de los sistemas de riego para evitar desperdicio del recurso.

Costos de no actuar: *Pérdida en la calidad de los cultivos (peso y tamaño menor). *Pérdida total de la producción.

4. Prohibir las quemas en regiones de mayor riesgo.

Costos de actuar: *Hacer concientización continúa a los productores. *Registro actualizado de los incendios a consecuencia de las quemas, especialmente en las zonas más vulnerables a la sequía.

Costos de no actuar: *Altos costos por el uso del recurso para mitigar los incendios forestales.

5. Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 25% la fuente de alimento alterna con la convencional.

Costos de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos la distribución. *Considerar por cuánto tiempo se les proporcionarán los suplementos. * Considerar los costos. *Considerar los costos del transporte.* Realizar un listado de los

alimentos que puedan fungir como alternativo, podrían ser silos. *Capacitación a los productores para elaborar su alimento convencional.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida de peso en los animales no suplementados en época de sequía. *Mayor probabilidad de muerte en los animales no suplementados. *Mayor pérdida económica para los productores.

6. Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola.

Costos de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos el subsidio. *Considerar por cuánto tiempo se les proporcionará. * Considerar los montos que se otorgarán de acuerdo a las pérdidas.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida económica en ambos sectores.

7. Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.

Costos de actuar: * En los lugares más vulnerables a la sequía, considerar la venta del mayor número de animales para evitar una elevada pérdida monetaria.

Costos de no actuar: *Mayor probabilidad de pérdidas monetarias por la muerte de animales o por los gastos en la suplementación.

8. Priorizar el uso de agua de lluvia para consumo humano, animal y cultivos seleccionados.

Costos de actuar: *Concientización entre la población para la captación del recurso. *Realizar un listado de los cultivos más vulnerables a la sequía. *Para los cultivos seleccionados contemplar el traslado del agua.

Costos de no actuar: Desperdicio del recurso.

9. Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas.

Costos de actuar: *Participación del gobierno del estado y dependencias como CONAFOR, SEMARNAT y CONAGUA. *De acuerdo a los informes provenientes de la CONAGUA, analizar las zonas vulnerables a incendios en época de sequía. *Concientización en las comunidades para la aplicación de dicho reajuste.

Costos de no actuar: Mayor número de zonas afectadas por los incendios.

10. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

11. Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas.

Costos de actuar: *Ampliar el número de plantas de tratamiento para aumentar el volumen de aguas tratadas. *Constante mantenimiento de dichas plantas. *Considerar costos. *Como se transportará el agua de reúso.

Costos de no actuar: Mayor derroche del recurso.

12. Aumento de la extracción de agua cruda en un 0%

Costos de actuar: *Costos de inversión. *Análisis y cuantificación de riegos que conlleva dicha extracción.

Costos de no actuar: *Carencia del recurso en época de sequía.

	<p>13. Suspender el riego de las áreas de pastos de jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de rehúso. <u>Costos de actuar:</u> *Considerar fuentes alternas como por ejemplo el agua de lluvia o aguas tratadas. *Costos a futuro por rehabilitar o reemplazar las especies que se pierdan. <u>Costos de no actuar:</u> Derroche del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo.</p> <p>14. Reutilizar agua para regar plantas de ornato. <u>Costos de actuar:</u> *Ampliar el número de plantas de tratamiento para aumentar el volumen de aguas tratadas. *Constante mantenimiento de dichas plantas. *Considerar costos. *Factibilidad de transporte. <u>Costos de no actuar:</u> *Derroche del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo.</p> <p>15. Disminuir la frecuencia del baño y usar una cubeta para disminuir consumo. <u>Costos de actuar:</u> *Dosificar el uso del agua por baño, por ejemplo puede ser utilizando una cubeta por persona al día. *Considerar el uso de agua de lluvia. <u>Costos de no actuar:</u> Desperdicio del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo.</p> <p>16. Disminuir un 25% en la frecuencia del servicio del lavado. <u>Costos de actuar:</u> *Realizar concientización de la problemática con la sequía a los sectores que lleven a cabo la actividad, para que se realice un ahorro del recurso.*Registro del consumo que realizan por dicha actividad para corroborar si hay un verdadero ahorro. *Considerar fuentes alternas para llevar a cabo el servicio. Considerar los costos. <u>Costos de no actuar:</u> *Inconformidad por parte de los usuarios. *Derroche de agua, cuando se debe de priorizar para el consumo.</p>
--	---

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.5 Etapa “Sequía Extraordinaria”

Tabla 14.4. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía extraordinaria’.

MITIGACIÓN DE SEQUÍA Y PROGRAMA DE RESPUESTA SEGÚN SU ETAPA.		
ETAPA: Sequía Extraordinaria		
ASPECTOS A PRECISAR		
FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ INDICADORES CLAVES. La reducción en la precipitación u oferta de agua es de 10 al 20% respecto a la precipitación o demanda media.
DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ETAPA: Sequía extraordinaria ▪ INDICADOR CLAVE » % de lluvia ▪ Algunas medidas restrictivas obligatorias, aplicación de sanciones
MEDIDAS DE RESPUESTA (Aplicar en todos los niveles de la sequía)	OFERTA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autorizar el intercambio de agua entre los sectores, realizar este intercambio a conveniencia y practicidad de los usuarios. 2. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.
	DEMANDA	<p>Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Riego nocturno obligatorio para todos los sistemas de producción con riego. 4. Prohibir las quemas de forma generalizada. 5. Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 50% la fuente de alimento alterna con la convencional. 6. Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola.

			<p>7. Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.</p> <p>8. Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas.</p>
		Investigación y Academia.	<p>9. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.</p>
		Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.	<p>10. Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato.</p> <p>11. Aumento de la extracción de agua cruda en un 5%</p> <p>12. Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas.</p> <p>13. Suspender el riego de especies exóticas en jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de reúso.</p> <p>14. Disminuir el uso del agua en cocina. Uso de artículos desechables biodegradables. Usar cubeta para disminuir consumo de agua.</p> <p>15. Disminuir un 50% en la frecuencia del servicio del lavado de sábanas y toallas.</p>

CAMPAÑA PÚBLICA	Comunes a todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emitir un boletín de alerta para la etapa con las acciones a realizar. ▪ Campaña publicitaria de lo que es la sequía, sus etapas y sistema de alerta. ▪ Campaña publicitaria de medidas de ahorro durante la sequía.
PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar campañas a nivel estatal y regional incluyendo información en lengua maya ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía.
OTROS ASPECTOS A CONTEMPLAR EN TODAS LAS ETAPAS		
EDUCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en los programas educativos información referente a la sequía, incluyendo la información que se está generando con el PRONACOSE. • Impulsar la "Cultura del Agua" en todos los niveles educativos dentro de un programa establecido por la SEP. • Reforzar los temas ambientales en materia de manejo de residuos, optimización del agua, ahorro de agua, reporte de las fugas de agua cuando las veas, cambio climático, cuidado del suelo, reforestación, en ciudades y zonas rurales. • Implementar "spots" dirigido a todo público para enseñar sobre las técnicas para el ahorro del agua y las tecnologías para su reúso. • Recobrar los fundamentos filosóficos del PRODERITH, el cual fue un programa educativo rural y de comunicación basado en la microcuenca, implementarlo en todos los niveles educativos. 	
INVESTIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un fondo CONACYT para apoyar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la sequía. • Hacer una investigación-inventario sobre la infraestructura del uso del agua con que cuenta cada municipio. • Investigar tecnologías que mejoren la calidad del agua para su reutilización con insumos de bajo costo, procesos prácticos de aplicación. • Acopio y sistematización de la información ya existente sobre el acuífero de la Península e identificar vacíos de información, así como mayor difusión de toda la información que se genera, principalmente a los tomadores de decisiones; La información que se hace llegar a la población sea de forma coloquial para que se tome conciencia de la problemática actual. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el comportamiento del acuífero de la Península de Yucatán en las temporadas de lluvia y estiaje, definir los niveles de cambios en las estática del acuífero para que cada sector: agrícola, servicios y pecuario sepan el volumen aproximado que podrán extraer según su producción. • Mayor investigación de las especies forrajeras resistentes a la sequía y divulgación de esta información. • La deforestación actual en la Península de Yucatán. • Mayor investigación sobre las técnicas prácticas para el tratado de aguas grises de traspatio. • Estudios de calidad biológica y química del agua de lluvia (del agua cosechada). • Modelación de los riesgos y vulnerabilidad a la sequía. • Mejorar el cálculo de los Índices de sequía a nivel regional • Efectos de la sequía en la calidad de agua y la prevalencia a enfermedades infecciosas y crónico-degenerativas por efecto de concentración de contaminantes en el recurso agua en la época de sequía. • Identificación de los impactos reales de la sequía por sector • Modelar escenarios de sequía relacionados con el cambio climático. • Efectos de la sobreexplotación del acuífero sobre intrusión salina. • Disminución del agua disponible del acuífero debido a la contaminación. • Efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región.
<p>COSTOS DE ACTUAR Y DE NO ACTUAR</p>	<p>1. Autorizar el intercambio de agua entre los sectores, realizar este intercambio a conveniencia y practicidad de los usuarios.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Conocer la disponibilidad de agua para intercambiar por cada sector. *Conocer que sectores pueden intercambiar, este intercambio podría darse entre los sectores porcícola y acuícola, sin embargo se tendría que considerar la distancia entre los lugares que realicen el intercambio, la calidad del agua, etc. (debido a restricciones zoonosanitarias el sector porcícola no puede recibir utilizar aguas residuales). *Como se movilizara el agua (métodos y costos). *Llevar un registro del beneficio de haber movilizado el agua (hectáreas cosechadas o cabezas de ganado salvadas).</p>

Costos de no actuar: *Desperdicio de agua.

2. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

3. Riego nocturno obligatorio para todos los sistemas de producción con riego.

Costos de actuar: *Registro del consumo total de los sistemas de producción que cuentan con sistema de riego. *Constante mantenimiento de los sistemas de riego para evitar desperdicio del recurso.

Costos de no actuar: *Pérdida en la calidad de los cultivos (peso y tamaño menor). *Pérdida total de la producción.

4. Prohibir las quemas de forma generalizada.

Costos de actuar: *Hacer concientización continua a los productores. *Registro actualizado de los incendios a consecuencia de las quemas, especialmente en las zonas más vulnerables a la sequía.

Costos de no actuar: *Altos costos por el uso del recurso para mitigar los incendios forestales.

5. Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 50% la fuente de alimento alterna con la convencional.

Costos de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos la distribución.* Considerar por cuánto tiempo se les proporcionarán los suplementos.* Considerar los costos. *Considerar los costos del transporte.* Realizar un listado de los alimentos que puedan fungir como alternativo. *Capacitación a los productores para elaborar su alimento convencional.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida de peso en los animales no suplementados en época de sequía. *Mayor probabilidad de muerte en los animales no suplementados. *Mayor pérdida económica para los productores.

6. Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola.

Costo de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos el subsidio.* Considerar por cuánto tiempo se les proporcionará.* Considerar los montos que se otorgarán de acuerdo a las pérdidas.

Costo de no actuar: *Mayor pérdida económica en ambos sectores.

7. Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.

Costo de actuar: *En los lugares más vulnerables a la sequía, considerar la venta del mayor número de animales para evitar una elevada pérdida monetaria.

Costo de no actuar: *Mayor probabilidad de pérdidas monetarias por la muerte de animales o por los gastos que genera la suplementación.

8. Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas.

Costos de actuar: *Participación del gobierno del estado y dependencias como CONAFOR, SEMARNAT y CONAGUA. *De acuerdo a los informes provenientes de la CONAGUA, analizar las zonas vulnerables a incendios en época de sequía. *Concientización en las comunidades para la aplicación de dicho reajuste.

Costos de no actuar: Mayor número de zonas afectadas por los incendios.

9. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

10. Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato.

Costo de actuar: *Ampliar el número de plantas de tratamiento para aumentar el volumen de aguas tratadas. *Constante mantenimiento de dichas plantas. *Considerar costos. *Factibilidad de transporte.

Costo de no actuar: *Derroche del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo.

11. Aumento de la extracción de agua cruda en un 5%

Costos de actuar: *Costos de inversión. *Análisis y cuantificación de riegos que conlleva dicha extracción.

Costos de no actuar: *Carencia del recurso en época de sequía.

12. Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas.

Costo de actuar: En el estado de México ya se está realizando el tratamiento de aguas residuales, el costo depende del nivel del tratamiento de las aguas residuales, por ejemplo a nivel secundario es alrededor de 2 pesos/m³ y a nivel terciario es alrededor de 3.50 pesos/m³ se sugiere que para el riego de patios y terrazas, puede ser el nivel de tratamiento secundario.*considerar costos de transporte.

Costo de no actuar: Derroche del recurso.

13. Suspender el riego de especies exóticas en jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de rehúso.

Costo de actuar: *Ampliar el número de plantas de tratamiento para aumentar el volumen de aguas tratadas. *Constante mantenimiento de dichas plantas. *Considerar costos. *Factibilidad de transporte.

Costo de no actuar: *Derroche del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo.

14. Disminuir el uso del agua en cocina. Uso de artículos desechables.

Costo de actuar: *Dosificar el uso de agua para ciertas actividades, como por ejemplo el uso de una cubeta de agua para lavar los trastes. *Buscar fuentes alternas al agua potable para la limpieza, como por ejemplo el agua de lluvia.

Costo de no actuar: *Derroche del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo. *Mayor gasto por la compra de artículos desechables. * Mayor generación de basura.

15. Disminuir un 50% en la frecuencia del servicio del lavado de sábanas y toallas.

Costo de actuar: *Realizar concientización de la problemática con la sequía a los sectores que lleven a cabo la actividad, para que se realice un ahorro del recurso. *Registro del consumo que realizan por dicha actividad para corroborar si hay un verdadero ahorro. *Considerar fuentes alternas para llevar a cabo el servicio. Considerar los costos.

Costo de no actuar: *Inconformidad por parte de los usuarios. *Derroche de agua, cuando se debe de priorizar para el consumo.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.6 Etapa “Sequía Excepcional”

Tabla 14.5. Estrategias de mitigación y programa de respuesta según la etapa ‘sequía excepcional’.

MITIGACIÓN DE SEQUÍA Y PROGRAMA DE RESPUESTA SEGÚN SU ETAPA. ETAPA: Sequía Excepcional		
ASPECTOS A PRECISAR		
FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ INDICADORES CLAVES. La reducción en la precipitación u oferta de agua es de 10 al 20% respecto a la precipitación o demanda media.
DEFINICIÓN DE LA ETAPA DE LA SEQUÍA Y RESUMEN DEL/LOS FACTORES DETONANTES		<ul style="list-style-type: none"> ▪ ETAPA: Sequía excepcional ▪ INDICADOR CLAVE » % de lluvia ▪ Proteger el consumo humano
MEDIDAS DE RESPUESTA (Aplicar en todos los niveles de la sequía)	OFERTA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autorizar el intercambio de agua entre los sectores, realizar este intercambio a conveniencia y practicidad de los usuarios. 2. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.
	DEMANDA	<p>Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Riego nocturno obligatorio para todos los sistemas de producción con riego. 4. Prohibir las quemas de forma generalizada. 5. Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en la mayor cantidad posible la fuente de alimento alterna con la convencional. 6. Subsidios de X% para todo el sector agropecuario.

			<p>7. Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.</p> <p>8. Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas.</p>
		Investigación y Academia.	9. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.
		Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental.	<p>10.Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios.</p> <p>11.Priorizar el uso de agua de lluvia para consumo humano.</p> <p>12.Aumento de la extracción de agua cruda en un 10%</p> <p>13.Suspender el riego de jardines y parques.</p> <p>14.Disminuir un 75% en la frecuencia del servicio del lavado de sábanas y toallas.</p> <p>15.Reducir actividad física para disminuir la frecuencia de baño. Priorizar el uso de agua para consumo.</p>
CAMPAÑA PÚBLICA	Comunes a todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emitir un boletín de alerta para la etapa con las acciones a realizar. ▪ Campaña publicitaria de lo que es la sequía, sus etapas y sistema de alerta. ▪ Campaña publicitaria de medidas de ahorro durante la sequía. 	
PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar campañas a nivel estatal y regional incluyendo información en lengua maya ▪ Aplicación del programa de respuesta a la sequía. 	
OTROS ASPECTOS A CONTEMPLAR EN TODAS LAS ETAPAS			

EDUCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en los programas educativos información referente a la sequía, incluyendo la información que se está generando con el PRONACOSE. • Impulsar la "Cultura del Agua" en todos los niveles educativos dentro de un programa establecido por la SEP. • Reforzar los temas ambientales en materia de manejo de residuos, optimización del agua, ahorro de agua, reporte de las fugas de agua cuando las veas, cambio climático, cuidado del suelo, reforestación, en ciudades y zonas rurales. • Implementar "spots" dirigido a todo público para enseñar sobre las técnicas para el ahorro del agua y las tecnologías para su rehúso. • Recobrar los fundamentos filosóficos del PRODERITH, el cual fue un programa educativo rural y de comunicación basado en la microcuenca, implementarlo en todos los niveles educativos.
INVESTIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un fondo CONACYT para apoyar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la sequía. • Hacer una investigación-inventario sobre la infraestructura del uso del agua con que cuenta cada municipio. • Investigar tecnologías que mejoren la calidad del agua para su reutilización con insumos de bajo costo, procesos prácticos de aplicación. • Acopio y sistematización de la información ya existente sobre el acuífero de la Península e identificar vacíos de información, así como mayor difusión de toda la información que se genera, principalmente a los tomadores de decisiones; La información que se hace llegar a la población sea de forma coloquial para que se tome conciencia de la problemática actual. • Determinar el comportamiento del acuífero de la Península de Yucatán en las temporadas de lluvia y estiaje, definir los niveles de cambios en las estática del acuífero para que cada sector: agrícola, servicios y pecuario sepan el volumen aproximado que podrán extraer según su producción. • Mayor investigación de las especies forrajeras resistentes a la sequía y divulgación de esta información. • La deforestación actual en la Península de Yucatán.

	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor investigación sobre las técnicas prácticas para el tratado de aguas grises de traspatio. • Estudios de calidad biológica y química del agua de lluvia (del agua cosechada). • Modelación de los riesgos y vulnerabilidad a la sequía • Mejorar el cálculo de los Índices de sequía a nivel regional • Efectos de la sequía en la calidad de agua y la prevalencia a enfermedades infecciosas y crónico degenerativas por efecto de concentración de contaminantes en el recurso agua en la época de sequía. • Identificación de los impactos reales de la sequía por sector • Modelar escenarios de sequía relacionados con el cambio climático. • Efectos de la sobreexplotación del acuífero sobre intrusión salina. • Disminución del agua disponible del acuífero debido a la contaminación. • Efectos de la sequía sobre la flora y fauna de la región.
<p>COSTOS DE ACTUAR Y DE NO ACTUAR</p>	<p>1. Autorizar el intercambio de agua entre los sectores, realizar este intercambio a conveniencia y practicidad de los usuarios.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Conocer la disponibilidad de agua para intercambiar por cada sector. *Conocer que sectores pueden intercambiar, este intercambio podría darse entre los sectores porcícola y acuícola, sin embargo se tendría que considerar la distancia entre los lugares que realicen el intercambio, la calidad del agua, etc. (debido a restricciones zoonosanitarias el sector porcícola no puede recibir utilizar aguas residuales). *Como se movilizara el agua (métodos y costos). *Llevar un registro del beneficio de haber movilizado el agua (hectáreas cosechadas o cabezas de ganado salvadas).</p> <p><u>Costos de no actuar:</u> *Desperdicio de agua.</p> <p>2. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.</p>

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron 152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

3. Riego nocturno obligatorio para todos los sistemas de producción con riego.

Costos de actuar: *Registro del consumo total de los sistemas de producción que cuentan con sistema de riego. *Constante mantenimiento de los sistemas de riego para evitar desperdicio del recurso.

Costos de no actuar: *Pérdida en la calidad de los cultivos (peso y tamaño menor). *Pérdida total de la producción.

4. Prohibir las quemas de forma generalizada.

Costos de actuar: *Hacer concientización continua a los productores. *Registro actualizado de los incendios a consecuencia de las quemas, especialmente en las zonas más vulnerables a la sequía.

Costos de no actuar: *Altos costos por el uso del recurso para mitigar los incendios forestales.

5. Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en la mayor cantidad posible la fuente de alimento alterna con la convencional.

Costos de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos la distribución. *Considerar por cuánto tiempo se les proporcionarán los suplementos. * Considerar los costos. *Considerar los costos del transporte. * Realizar un listado de los alimentos que puedan fungir como alterno. *Capacitación a los productores para elaborar su alimento convencional.

Costos de no actuar: *Mayor pérdida de peso en los animales no suplementados en época de sequía. *Mayor probabilidad de muerte en los animales no suplementados. *Mayor pérdida económica para los productores

6. Subsidios de X% para todo el sector agropecuario.

Costo de actuar: *Que sectores son los más afectados monetariamente para priorizar entre ellos el subsidio.*Considerar por cuánto tiempo se les proporcionará.* Considerar los montos que se otorgarán de acuerdo a las pérdidas.

Costo de no actuar: *Mayor pérdida económica en ambos sectores.

7. Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor.

Costo de actuar: *En los lugares más vulnerables a la sequía, considerar la venta del mayor número de animales para evitar una elevada pérdida monetaria.

Costo de no actuar: *Mayor probabilidad de pérdidas monetarias por la muerte de animales o por los gastos que genera la compra de suplementos alimenticios.

8. Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas.

Costos de actuar: *Participación del gobierno del estado y dependencias como CONAFOR, SEMARNAT y CONAGUA. *De acuerdo a los informes provenientes de la CONAGUA, analizar las zonas vulnerables a incendios en época de sequía. *Concientización en las comunidades para la aplicación de dicho reajuste.

Costos de no actuar: Mayor número de zonas afectadas por los incendios.

9. Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.

Costos de actuar: *Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín. *A qué nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal). *Cuando se dará a conocer el boletín, *Quién lo dará a conocer.

Costos de no actuar: *Desconocimiento de la situación actual del problema. Por ejemplo para el año 2009 se reportó una de las peores sequías a nivel peninsular donde resultaron

152,333 productores afectados. Hubo 384,540.6 ha de cultivos dañadas y/o pastizales. Monetariamente se registró una pérdida de 3,081.0 millones de pesos.

10. Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios.

Costos de actuar: *Si es para el sector industrial, comercial u hotelero considerar la utilización de aguas tratadas, para el uso doméstico considerar el uso de agua de lluvia. *Ampliar el número de plantas de tratamiento para aumentar el volumen de aguas tratadas. *Constante mantenimiento de dichas plantas. *Considerar costos. *Como se transportará el agua de rehúso. Costos de no actuar: Mayor derroche del recurso, principalmente en el área industrial y de servicios.

11. Priorizar el uso de agua de lluvia para consumo humano.

Costos de actuar: *Concientización entre la población para la captación del recurso. Costos de no actuar: Desperdicio del recurso.

12. Aumento de la extracción de agua cruda en un 10%

Costos de actuar: *Costos de inversión. *Análisis y cuantificación de riegos que conlleva dicha extracción. Costos de no actuar: *Carencia del recurso en época de sequía.

13. Suspender el riego de jardines y parques.

Costos de actuar: *Considerar fuentes alternas como por ejemplo el agua de lluvia o aguas tratadas. *Costos a futuro por rehabilitar o reemplazar las especies que se pierdan. Costos de no actuar: Derroche del recurso, cuando se debe priorizar para el consumo.

14. Disminuir un 75% en la frecuencia del servicio del lavado de sábanas y toallas.

Costos de actuar: *Realizar concientización de la problemática con la sequía a los sectores que lleven a cabo la actividad, para que se realice un ahorro del recurso.*Registro del

	<p>consumo que realizan por dicha actividad para corroborar si hay un verdadero ahorro. *Considerar fuentes alternas para llevar a cabo el servicio. Considerar los costos. <u>Costos de no actuar:</u> *Inconformidad por parte de los usuarios.</p> <p>15. Reducir actividad física para disminuir la frecuencia de baño. Priorizar el uso de agua para consumo.</p> <p><u>Costos de actuar:</u> *Concientizar a la población en general de la problemática y fomentar el ahorro del agua. *Dosificar el uso del agua por baño, por ejemplo puede ser utilizando una cubeta por persona al día. *Considerar el uso de agua de lluvia. <u>Costos de no actuar:</u> Desperdicio del recurso.</p>
--	--

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.7 Resumen del programa de acciones para la mitigación y de respuesta

Tabla 14.6. Resumen del programa de acciones para la mitigación de la sequía y de respuesta a las etapas de la sequía.

Estrategias de respuesta por el lado de la Oferta [1]					
Etapas de la sequía	Anormalmente seco	Sequía moderada	Sequía severa	Sequía extraordinaria	Excepcional
Detonador	Comienza la sequía; la reducción en la oferta de agua es de 5 a 10% respecto a la demanda.	La disponibilidad de agua es de 10 al 20% respecto inferior respecto a la demanda.	La disponibilidad de agua es de 20 al 35% respecto inferior respecto a la demanda.	La disponibilidad de agua es de 35 al 50% respecto inferior respecto a la demanda.	La disponibilidad de agua es menor al 50% respecto inferior respecto a la demanda.
Meta de Respuesta	"El 80% de la población debe estar notificada de que ya estamos en 'riesgo' de que se presente la sequía"	"El 100% de la población debe estar notificada de que ya estamos en la etapa de sequía moderada. Reducción del consumo de agua en un 15% aplicando las estrategias correspondientes "	"Reducir el riesgo en zonas y sectores vulnerables. En donde aplique, reducción del consumo de agua en un 20% realizando las estrategias correspondientes "	"Abastecer la cantidad mínima requerida del recurso para los sectores más vulnerables. En donde aplique, reducir el consumo de agua en un 30% realizando las estrategias correspondientes "	"Abastecer la cantidad mínima requerida a todos los sectores"
Aumento del agua abastecida					
Sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.					
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.					
1. Réuso de las aguas entre sectores	Identificación sectores (acuícola, agrícola) que puedan intercambiar agua. Determinar los volúmenes de agua producidos que podrían ser intercambiados.	Determinar factibilidad y priorizar el intercambio del recurso entre los sectores	Autorizar el intercambio de agua entre los sectores. Considerando que el sector acuícola y	Autorizar el intercambio de agua entre los sectores. Realizar este intercambio a conveniencia y	Autorizar el intercambio de agua entre los sectores. Realizar este intercambio a conveniencia y

			porcícola pueden proporcionar el recurso, pero este último no puede recibir.	practicidad de los usuarios.	practicidad de los usuarios.
2. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos	Definir y difundir el plan de acción entre la población	Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas	Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato	Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios
3. Automatización de riego nocturno (monitoreo, suministro)	Ninguna	Voluntario	Obligatorio para las unidades con sistemas de riego automático	Obligatorio para todos los sistemas de producción con riego	Obligatorio para todos los sistemas de producción con riego
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.					
4. Modificar el calendario de quemas con base en las condiciones climatológicas	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Prohibir las quemas en regiones de mayor riesgo.	Prohibir las quemas de forma generalizada.	Prohibir las quemas de forma generalizada.
Grupo de estrategias 3: Apoyos contra la sequía.					
5. Suministro de suplementos alimenticios para ganado	Difusión de los apoyos para suplementos alimenticios. Identificación de posibles fuentes alternas de alimentación en época de sequía. Capacitar a los productores para elaborar silos.	Criterios de elegibilidad. Almacenamiento de fuentes alternas de alimento	Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 25% la fuente de alimento alterna con la convencional podrían ser silos.	Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en un 50% la fuente de alimento alterna con la convencional	Distribución de suplementos para el sector X. Combinar en la mayor cantidad posible la fuente de alimento alterna con la convencional
6. Tarifas eléctricas subsidiadas para el sector agropecuario. Apoyo en el trámite. Ajustar las tarifas al consumo de energía.	Mantener subsidios autorizados	Mantener subsidios autorizados	Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola	Subsidios de X% al sector pecuario y de X% al agrícola	Subsidios de X% para todo el sector agropecuario
Grupo de estrategias 4: Educación y capacitación para la sequía.					

7. Disminuir los hatos ganaderos durante el periodo de sequía -disminuir número de animales por productor	Ninguna	Iniciar la disminución del número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor	Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor	Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor	Disminuir el número de animales de los hatos dependiendo de la región, de la infraestructura y la capacidad de manejo con la que cuenta el productor
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.					
8. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa
Sectores: Investigación y Academia.					
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.					
1. Promover la reutilización del agua en zonas con plantas de tratamiento (aguas tratadas, grises etc.)	Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos. Elaborar documentos de difusión (manuales, videos, etc.).	Definir y difundir el plan de acción entre la población.	Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas	Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato	Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios
2. Promover la utilización de agua pluvial colectada en las zonas rurales.	Elaborar documentos de difusión (manuales, videos etc.)	Definir y difundir el plan de acción entre la población	Priorizar el uso de agua de lluvia para consumo humano, animal y cultivos seleccionados.	Priorizar el uso de agua de lluvia para uso humano y animal.	Priorizar el agua de lluvia para consumo humano
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.					

1. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía.	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa.	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa
Sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental					
Grupo de estrategias 1: Abasto, ahorro y reúso de agua.					
1. Adecuar operaciones para mejorar la eficacia y distribución del abastecimiento	Ninguna(1h al día)	Preparar infraestructura para aumento de extracción de agua cruda	Aumento de la extracción de agua cruda en un 5%	Aumento de la extracción de agua cruda en un 10%	Aumento de la extracción de agua cruda en un 15%
2. Eliminar o reducir el riego de jardines y parques	Reducir el tiempo de riego de jardines y parques	Regar parques y jardines únicamente con aguas tratadas o de reúso	Suspender el riego de las áreas de pastos de jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de reúso	Suspender el riego de especies exóticas en jardines y parques y regar el remanente con aguas tratadas y de reúso	Suspender el riego de jardines y parques
3. Mantener los surtidores de agua de bebederos públicos	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
4. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.)	Difusión de campaña de reutilización de aguas grises con indicaciones sobre sus posibles usos	Definir y difundir el plan de acción entre la población	Utilización de aguas grises o tratadas para el riego de plantas de ornato	Utilización de aguas grises o tratadas para limpieza de patios y terrazas.	Utilización de aguas grises o tratadas para los servicios sanitarios
5. Priorizar el uso del agua entre los diferentes usos domésticos para reducir el consumo	Reforzar campañas de sensibilización para el ahorro de agua ante una probable sequía. Verificación y corrección de fugas.	Reducir el agua de lavado. Difundir ideas para ahorro de agua, usar cubeta para disminuir consumo de agua	Reutilizar agua para regar plantas de ornato. Disminuir la frecuencia del baño y usar cubeta para	Disminuir el uso del agua en cocina, usar trastes biodegradables. Usar cubeta para disminuir consumo de agua	Reducir actividad física para disminuir la frecuencia de baño. Priorizar el uso de agua para consumo

			disminuir consumo		
6. Reducción en la frecuencia del servicio de lavado y secado de sábanas y toallas en hoteles.	Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivar a los que colaboren	Proporcionar ideas para el ahorro de agua a los huéspedes e incentivar a los que colaboren	Disminuir un 25% en la frecuencia del servicio de lavado	Disminuir un 50% en la frecuencia del servicio de lavado	Disminuir un 75% en la frecuencia del servicio de lavado
Grupo de estrategias 2: Prevención de la sequía y el deterioro ambiental.					
1. Modificar el calendario de quemas con base en las condiciones climatológicas.	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Monitorear diario las condiciones climatológicas	Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas	Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas	Reajuste del calendario de quemas de acuerdo a las condiciones climatológicas
Grupo de estrategias 5: Monitoreo de la sequía.					
1. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa	Preparar y difundir un boletín de alerta de la etapa de sequía y las medidas adecuadas a realizarse en la etapa

n/a = No aplicable.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.8 Resumen del programa de acciones de respuesta

Tabla 14.7. Resumen del programa de acciones para la prevención de la sequía.

Mitigación	Actividades de Implementación	Fechas de cumplimiento	Encargado	Financiamiento	Criterios de filtrado*
Sectores: Agrícola, Pecuario, DTT, Forestal, Equidad de género e Indígena.					
1. Reúso de las aguas entre sectores	1. Elaborar un padrón para identificar a los productores que puedan intercambiar el recurso	Enero-Marzo, 2014	JAPAY, CAPAE, SMAPA, CONAGUA, SAGARPA	n/a	3
	2. Evaluar los costos y establecer criterios para priorizar la distribución del recurso entre los productores.				
	3. Elaborar formatos de autorización y logística para los usuarios interesados				
2. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	1. Definir los contenidos de la campaña, elaboración del material de apoyo.	Enero-Febrero 2014	CONAGUA	3 millones de pesos (publicación en periódicos locales y spots de radio en los tres estados).	4
	2. Evaluar los diferentes usos de aguas grises en actividades domésticas				
3. Automatización de riego nocturno (monitoreo, suministro)	1. Hacer notificaciones periódicas sobre la situación de la sequía en la región para informar cuando deben empezar el riego nocturno.	A partir de que se presente la etapa 'sequía severa'	Productores	n/a	4
8. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	1. Seguir los criterios establecidos en el PRONACOSE para cada etapa	Cuando se verifique la etapa de sequía en base a las condiciones climatológicas	CONAGUA/ Gobiernos municipales	3 millones de pesos.	5
	2. Definir a que nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal).	Cuando se verifique la etapa de sequía en base a las condiciones climatológicas	CONAGUA/ Gobiernos municipales		
	3. Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín.	De acuerdo a la región en donde se haya	CONAGUA/ Gobiernos municipales		

Mitigación	Actividades de Implementación	Fechas de cumplimiento	Encargado	Financiamiento	Criterios de filtrado*
		verificado la sequía.			
Sectores: Investigación y Academia.					
1. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.), en donde sea posible realizarlo.	1. Definir los contenidos de la campaña, elaboración del material de apoyo.	Enero-Febrero 2014	CONAGUA	3 millones de pesos (publicación en periódicos locales y spots de radio en los tres estados).	4
	2. Evaluar los diferentes usos de aguas grises en actividades domésticas				
2. Promover la utilización de agua pluvial colectada en las zonas rurales.	1. Determinar los contenedores adecuados para la captación de agua de lluvia	Mayo a Junio de 2014	SAGARPA/ CONAFOR	800,000 pesos	5
	2. Establecer el manejo adecuado de acuerdo al uso del recurso				
8. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	1. Seguir los criterios establecidos en el PRONACOSE para cada etapa	Cuando se verifique la etapa de sequía en base a las condiciones climatológicas	CONAGUA/ Gobiernos municipales	3 millones de pesos.	5
	2. Definir a que nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal).	Cuando se verifique la etapa de sequía en base a las condiciones climatológicas	CONAGUA/ Gobiernos municipales		
	3. Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín.	De acuerdo a la región en donde se haya verificado la sequía.	CONAGUA/ Gobiernos municipales		
Sectores: Público urbano, Industrial, Servicios y Ambiental					
3. Mantener los surtidores de agua de bebederos públicos	Dar mantenimiento a los bebederos para asegurar su adecuado funcionamiento	Permanente	JAPAY, CAPAE, SMAPA	750,000 pesos	5
	1. Definir los contenidos de la campaña, elaboración del material de apoyo.	Enero-Febrero 2014	CONAGUA	3 millones de pesos	4

Mitigación	Actividades de Implementación	Fechas de cumplimiento	Encargado	Financiamiento	Criterios de filtrado*
4. Promover la reutilización del agua (aguas tratadas, grises, etc.)	2. Evaluar los diferentes usos de aguas grises en actividades domésticas			(publicación en periódicos locales y spots de radio en los tres estados).	
1. Preparar los decretos y documentación necesaria para aplicar las medidas en sequía	1. Seguir los criterios establecidos en el PRONACOSE para cada etapa	Cuando se verifique la etapa de sequía en base a las condiciones climatológicas	CONAGUA/ Gobiernos municipales	3 millones de pesos.	5
	2. Definir a que nivel se va a realizar la difusión (estatal, municipal).	Cuando se verifique la etapa de sequía en base a las condiciones climatológicas	CONAGUA/ Gobiernos municipales		
	3. Analizar el medio por el cual se va a realizar el boletín.	De acuerdo a la región en donde se haya verificado la sequía.	CONAGUA/ Gobiernos municipales		

n/a = no aplica.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida a través de talleres participativos en los tres estados de la Península.

14.9 Demanda proyectada y prioridad en la asignación

En la siguiente tabla (14.8) se describe la demanda normal y la demanda total del recurso hídrico para la ciudad de Mérida, debido a que el abasto de agua en la Península depende casi en su totalidad del manto acuífero y no se cuenta con registros mensuales de la demanda total no se puede estimar una demanda normal, por lo que para efectos prácticos la demanda normal es igual a la demanda total. Únicamente se muestra información del municipio de Mérida, Yucatán, debido a que no hay datos disponibles para el resto de los municipios de dicho estado, o de los municipios pertenecientes a Campeche y Quintana Roo.

Tabla 14.8. Demandas proyectadas por la sequía y prioridad en su asignación.

Mes	Demandas normales (m ³)	Demandas totales(m ³)	Prioridad de demandas		
			Alta	Media	Baja
Enero	6,858,132	6,858,132	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Febrero	6,246,084	6,246,084	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Marzo	6,858,132	6,858,132	Municipios con nivel muy alto y alto de vulnerabilidad	Municipios con nivel medio de vulnerabilidad	Municipios con nivel bajo y muy bajo de vulnerabilidad
Abril	6,636,902	6,636,902	Municipios con nivel muy alto y alto de vulnerabilidad	Municipios con nivel medio de vulnerabilidad	Municipios con nivel bajo y muy bajo de vulnerabilidad
Mayo	6,858,132	6,858,132	Municipios con nivel muy alto y alto de vulnerabilidad	Municipios con nivel medio de vulnerabilidad	Municipios con nivel bajo y muy bajo de vulnerabilidad
Junio	6,636,902	6,636,902	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Julio	6,858,132	6,858,132	Sectores: Agrícola, Pecuario, DTT	Sectores: Equidad de género e Indígena, Público Urbano, Servicios	Sectores: Forestal, Investigación, Academia, Industrial, Ambiental
Agosto	6,858,132	6,858,132	Sectores: Agrícola, Pecuario, DTT	Sectores: Equidad de género e Indígena, Público Urbano, Servicios	Sectores: Forestal, Investigación, Academia, Industrial, Ambiental
Septiembre	6,636,902	6,636,902	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Octubre	6,858,132	6,858,132	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Noviembre	6,636,902	6,636,902	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Diciembre	6,858,132	6,858,132	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Total anual	80,800,6016	80,800,6016			

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA.

14.10 Monitoreo de la Sequía

En la tabla 14.9 se muestra la oferta y demanda mensual durante el año 2012, así como los indicadores de sequía que son tomados en cuenta para la toma de decisiones. Entre los indicadores está el Monitor de Sequía de América del Norte el cual toma en cuenta para su elaboración el índice de precipitación estándar, el índice de Palmer, el Modelo de Humedad del Suelo, la escorrentía superficial, y el índice de suministro de agua superficial; de igual manera se considera el índice de Precipitación estándar calculado a nivel municipal.

Como ya se explicó con anterioridad, los estados de la Península de Yucatán dependen casi en su totalidad del manto acuífero para satisfacer sus requerimientos hídricos. Debido a esta situación, los valores tanto de la oferta como los de la demanda son similares, ya que en el caso de que se incremente la demanda de agua, simplemente se procede a incrementar la extracción del recurso. Tomando en cuenta esta peculiaridad el déficit estimado es igual a cero.

El almacenamiento superficial de agua en la península de Yucatán no es de mucha importancia ya que no se cuenta con embalses naturales, el agua de los ríos existentes es poco utilizada para el uso humano y los cuerpos de agua naturales que son los cenotes no almacenan agua, ya que sus niveles dependen del acuífero.

Para el monitoreo de los niveles piezométricos, el estado de Yucatán cuenta con un red estatal de 83 pozos de los cuales 40 son pozos perforados, 38 norias y 5 cenotes, por otro lado se cuenta con una red costera de 33 pozos. El estado de Campeche cuenta con una red de 214 pozos con registros desde el año 2011.

Tabla 14.9. Monitoreo de la Sequía.

Año	Mes	Indicador Sequía	de	Oferta	Demanda	Escasez o déficit	Almacenamiento	Niveles de las aguas Subterráneas
2012	Enero	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND
2012	Febrero	MSAN	SPI	6,246,084	6,246,084	0	0	ND
2012	Marzo	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND
2012	Abril	MSAN	SPI	6,636,902	6,636,902	0	0	ND
2012	Mayo	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND
2012	Junio	MSAN	SPI	6,636,902	6,636,902	0	0	ND
2012	Julio	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND
2012	Agosto	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND
2012	Septiembre	MSAN	SPI	6,636,902	6,636,902	0	0	ND
2012	Octubre	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND
2012	Noviembre	MSAN	SPI	6,636,902	6,636,902	0	0	ND
2012	Diciembre	MSAN	SPI	6,858,132	6,858,132	0	0	ND

MSAN= Monitor de Sequía de América del Norte; SPI= índice de precipitación estándar a nivel Municipal; ND= No disponible, debido a que no se cuenta con la información por meses. Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA.

Anexos

Anexo 14.1. Campaña de información pública sobre sequía.

Información pública Componentes de campaña	Filtrado		Audiencia meta															
	Acciones de mitigación de largo plazo	Estrategia de respuesta de corto plazo	Hacedores de decisiones/hacedores de política	Cuerpos gubernamentales/ departamentos de la ciudad (parques, departamentos de incendios)	Instalaciones comunitarias de recreación	Media	Residencial unifamiliar	Residencial multifamiliar	HOAs	Proprietarios de negocios comerciales	Empleados de negocios comerciales	Gerentes de instalaciones escolares	Niños de escuela	Negocios industriales	Negocios metas específicos (estancias infantiles, arquitectura del paisaje, instalaciones de salud)	Grandes consumidores (campos de golf)	Inserte otros miembros de la audiencia	Coordinar con otras entidades
Estatus de las condiciones actuales de la sequía	SI	SI	a,n,s,t	g,m,r,s	a,d,e,i,k,l,n,r,s	a,d,e,f,r,u,v	a,d,e,g,l,r	a,d,e,g,l,r		a,d,e,g,h,i,j,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,j,l,n,p,r	i,j,l,p	a,b,g,h,i,l,m,n,r		a,b,d,e,g,j,k,l,p,r		
Medidas y/o impactos que los consumidores deben de aplicar en sus entornos si la sequía continúa o se intensifica (boletines)		SI	a,j,l,m,q,t	a,j,l,m,q,t	d,e,g,h,i,k,l,n,p,r	a,d,e,g,i,l,r,u,v	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r		a,d,e,g,h,i,k,n,r	a,i,r,s	a,d,e,g,i,l,n,r,s	l	a,b,d,e,g,h,i,l,n,r,s		a,d,e,g,i,k,l,m,n,p,r,s		
Acciones de los proveedores de agua para ahorrar agua y/o adquirir agua adicional (boletines)	SI	SI		a,m,q,s,t		a,d,e,u,v	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r		a,g,i,m,n,r								
Ideas de conservación de ahorro de agua (boletín y banners virtuales)	SI	SI		a,m,q,s,t	a,d,e,g,h,i,j,m,n,p,r,s	a,d,e,u,v	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r		a,g,i,m,n,r	a,d,e,l,r	a,d,e,g,i,l,n,r,s	l	a,d,e,g,i,l,r		a,i,l,n,r		
Formas de limpiar los andadores, calles, y otras superficies duras sin usar manguera (boletín y banners virtuales)		SI				a,d,e,u,v	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r			a,d,e,l,r	a,d,e,g,i,l,n,r,s	l	a,i,l				
Formas de lavar vehículos para minimizar el desperdicio de agua (boletín y banners virtuales)	SI	SI				a,d,e,u,v	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r			a,d,e,l,r	a,d,e,g,i,l,n,r,s	l	a,i,l				
Instrucción a usuarios de cómo establecer un plan de uso del agua para sus casas o negocios (boletín y banners virtuales)	SI	SI		a,m,q,s,t	a,i,j,l,n	a,d,e,u,v	a,d,e,g,i,l,n,r	a,d,e,g,i,l,n,r		a,g,i,m,n,r		a,d,e,g,i,l,n,r,s	l					
Anunciar los esfuerzos de individuos y negocios como ejemplos de cómo reducir el uso del agua (spots de radio)	NO	SI	a,j,l,m,q,t	a,m,q,s,t	q,g,l,r	a,d,e,u,v										a,d,e,l		

Hacer folletería para la reducción de desperdicio de agua (boletines)	SI	SI	a,j,l,m,q,t	a,m,q,s,t	a,i	a,r				a,i	a,d,e,l,r	a,d,e,g,i,l,n,r,s	l	a,i,l		a,i,l		
Promover entre los sistemas operadores que difundan entre sus clientes la importancia del buen uso del agua (cuadernillos y boletines)	SI	SI	a,j,l,m,q,t	a,m,q,s,t														
Pláticas para concientizar a la población sobre las condiciones del acuífero y sus amenazas (cursos, talleres)	SI	SI	a,j,l,m,q,t		l	a,u,v	a,g,r	a,g,r		l	a,d,e,l,r	l	l	l		l		
Spots de radio y tv para promover uso eficiente del agua (spots)	SI	SI	a,j,l,m,q,t	a,m,q,s,t	a,e	a,d,e	a,d,e,g,r	a,d,e,g,r		a,d,e	a,d,e,l,r	a,d,e,g,i,l,n,r,s	e,l	a,d,e,l		a,d,e,r		
Administrar página web donde se concentre información general de sequía, efectos, así como las acciones que se estén implementando.	SI	SI	a,j,l,m,q,t	a,m,q,s,t	a													
Acciones de uso eficiente de agua en el sector agrícola y ganadero	SI	SI	a,j,l,m,q,t	a,m,q,s,t		a,u,v							l					

Fuente: Departamento de difusión CONAGUA.

- a) Sitio web dedicado a la sequía y a las ideas de conservación de agua
- b) Factura de agua (metas mensuales de uso del agua y consumo actual)
- c) Establezca una línea caliente de sequía y entrene al personal para su operación
- d) Artículos en periódicos.
- e) Televisión
- f) Alcance a los medios generales
- g) Sitios web de la ciudad o municipios
- h) Insertos de facturas de agua
- i) Distribución de panfletos
- j) Seminarios/programas especiales
- k) Distribución amplia de correos electrónicos
- l) Programas educacionales (viajes al campo, conferencistas, currículos)
- m) Anuncios en correos

- n) Reuniones públicas
- o) Distribución de herramientas para la conservación de agua (medidores de lluvia, aereadores, etc)
- p) Mamparas en eventos especiales
- q) Tableros
- r) Redes sociales
- s) Correos electrónicos
- t) Conferencia por teléfono
- u) Comunicados
- v) ruedas de prensa

CAPÍTULO 15. DECLARACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE LA SEQUÍA

15.1 Introducción

El establecimiento de la declaración de la sequía tiene como objetivo prevenir, disminuir e impedir la extensión e impacto de este fenómeno sobre los diferentes sectores que puedan resultar vulnerables mediante la adecuada difusión de la información entre los diferentes actores sociales e institucionales. Para lograr este objetivo es necesaria una oportuna y eficiente toma de decisiones basada en las características derivadas del fenómeno, como por ejemplo la etapa de la sequía, la región donde se presente y la información meteorológica que permita determinar dicha etapa.

A la par en importancia a la toma de decisiones, es necesaria una apropiada planeación, organización y coordinación entre las diferentes instituciones de alto nivel, quienes serán las responsables de llevar a cabo la declaratoria, así como el posterior levantamiento de la misma.

15.2 Protocolo de alertamiento sugerido en caso de sequía

A continuación se sugiere un protocolo de alertamiento que establece los momentos de acción, así como las actividades pertinentes y los productos de estas actividades que permitirán llevar a cabo la declaratoria de sequía de forma integral. De igual manera, se incluyen a las organizaciones institucionales que de acuerdo a sus competencias y funciones, serán los responsables de realizar las actividades sugeridas en cada situación. Finalmente se incluye el momento en que se determiné que el fenómeno de la sequía ha concluido.

Tabla 15.1. Protocolo de alertamiento sugerido ante la presencia de un fenómeno de sequía.

Momento de Acción	Actividad	Productos	Observaciones	Realizará
Enero	Informar si hubo o no sequía el año anterior, incluyendo pérdidas y afectaciones contabilizadas/detectadas, así como en las zonas en donde se detectó.	Informe técnico	Informe técnico de las afectaciones de la sequía del año previo (CONAGUA-Sector afectado). Asegurar que el municipio cuente con un PMPMS actualizado.	CONAGUA
	Instruir a los presidentes municipales de las regiones más afectadas para realizar acciones de prevención.	Oficios	Enviar oficio de notificación con las acciones de prevención sugeridas para cada sector.	CONAGUA Gobernador del estado
Enero-Diciembre	Obtiene y revisa el Monitor de Sequía, y analiza e identifica el comienzo y desarrollo de la sequía a nivel municipal.	Informe técnico	Revisar el Monitor de Sequía cada 15 días y elaborar el informe técnico el mismo día que se tenga acceso al Monitor de Sequía.	CONAGUA
Marzo-Agosto	Realizar de campaña de información acerca de la sequía y de	Campaña publicitaria: spots de radio,	Difusión de campaña en diferentes medios de comunicación (considerar maya-hablantes).	CONAGUA, Organismos Operadores

	sensibilización sobre la conservación del agua.	prensa y televisión.		SAGARPA
Cuando se requiera	Notificar a Gobernadores estatales y al Consejo de Planeación sobre los municipios que presentan algún tipo de sequía	Oficio con relación de municipios con algún tipo de sequía	Enviar el oficio dentro de un periodo máximo de 24hr después de haber tenido acceso al Monitor de Sequía. En el Consejo de Planeación habrá representantes de todas las instituciones responsables de apoyar a los Usuarios en la realización de las medidas de mitigación	CONAGUA
	Notificar a los Presidentes Municipales cuando en su localidad se identifique el comienzo de la sequía.	Notificación electrónica o telefónica más oficio.	Instruir a los Presidentes Municipales para iniciar la implementación de las medidas de mitigación.	Gobiernos de los Estados
	Notificar a los Representantes de los Usuarios de los diferentes Sectores sobre el inicio de la sequía	Acta de la asamblea.	Realizar una asamblea extraordinaria con los Representantes de los diferentes sectores	Gobiernos Municipales
	Notificar a Gobernadores estatales y al Consejo de Planeación sobre el desarrollo de la sequía	Oficio con relación de municipios con algún tipo de sequía	Enviar el oficio dentro de un periodo máximo de 24hr después de haber tenido acceso al Monitor de Sequía. En el Consejo de Planeación habrá representantes de todas las instituciones responsables de apoyar a los Usuarios en el seguimiento de las medidas de mitigación	CONAGUA
	Notificar a los Presidentes Municipales acerca del desarrollo de la sequía en su localidad	Notificación electrónica o telefónica más oficio.	Instruir a los Presidentes Municipales sobre la implementación de las medidas de mitigación correspondientes.	Gobiernos Estatales
	Notificar a los Representantes de los Usuarios de los diferentes Sectores sobre el desarrollo de la sequía	Notificación electrónica o telefónica más oficio.	Realizar una asamblea extraordinaria con los Representantes de los diferentes sectores	Gobiernos Municipales
	Notificar a Gobernadores estatales y al Consejo de Planeación sobre el levantamiento de la sequía	Oficio con la declaratoria correspondiente	Enviar el oficio dentro de un periodo máximo de 24hr después de haber tenido acceso al Monitor de Sequía.	CONAGUA
	Notificar a los Presidentes Municipales acerca del levantamiento de la sequía en su localidad	Notificación electrónica o telefónica más oficio.	Instruir a los Presidentes Municipales para dar por concluida la implementación de las medidas de mitigación en un plazo no mayor a dos semanas después de haber sido levantada la sequía.	Gobiernos Estatales
	Notificar a los Representantes de los Usuarios de los diferentes Sectores sobre el levantamiento de la sequía	Notificación electrónica o telefónica más oficio.	Informar acerca del levantamiento de la sequía así como del término de los apoyos otorgados durante la misma.	Gobiernos Municipales
Al determinar que la sequía ha concluido	Realizar el recuento de los daños y evaluar la efectividad de las medidas de prevención y mitigación implementadas	Informe técnico	Realizar una asamblea extraordinaria con los Representantes de los diferentes sectores y el Consejo de Planeación	CONAGUA, Consejo de Cuenca y Consejo de Planeación
Agosto-Diciembre	Programar la realización de medidas de prevención futuras	Actualización del PMPMS	Evaluación y modificación del PMPMS por parte del Consejo de Planeación.	CONAGUA, Consejo de Cuenca y Consejo de Planeación

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 16. SEGUIMIENTO, REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA

- La implementación se dará a través de los Consejos de Cuenca y sus respectivos representantes por sector.
- La revisión la realizarán el comité de planeación y el asesor técnico (Universidad de la región). Los usuarios tendrán un espacio en las sesiones regulares de los Consejos de Cuenca para externar su opinión y experiencias acerca de lo que está funcionando y lo que no está funcionando del programa.
- El Consejo de Planeación recopila todas las observaciones y define la factibilidad de realizar los cambios pertinentes.
- Las modificaciones del programa general se propondrán por el Consejo de Planeación y se realizarán por consenso en el seno de la COVI (Comisión de Operación y Vigilancia).
- Para la parte técnica de las modificaciones se contará con el apoyo y asesoría de la CONAGUA y la Universidad Autónoma de Yucatán.
- El plan se actualizará cada cinco años.
- Se presentan las modificaciones al Comité y el Comité dará su visto bueno.
- Se implementará el programa de nuevo considerando los ajustes.

16.1 Síntesis de las acciones realizadas en la Etapa 2 del Programa de Medidas Preventivas y Mitigación de la Sequía (PMPMS) para la Península de Yucatán.

Durante la realización del Proyecto de coordinación, seguimiento, supervisión, integración y análisis del Programa de medidas para prevenir y enfrentar la sequía. Etapa 2 de 6: Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) del Consejo de Cuenca Península de Yucatán se realizaron cuatro acciones:

1. Actualizar, divulgar y evaluar la implementación de los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía.

En esta actividad se realizó la actualización de información del PMPMS de la península de Yucatán (presente documento). En la medida de lo posible los datos contenidos fueron actualizados a 2013. Dichos avances fueron socializados en las reuniones de los miembros del Consejo de Cuenca.

2. Desarrollo de acciones identificadas y priorizadas por el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.

Para la realización esta actividad se participó en reuniones con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la CONAGUA y los sistemas de abastecimiento de agua potable locales: la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) y la empresa AGUAKAN en el estado de Quintana Roo y la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (JAPAY). En el primer caso, se identificaron las acciones que lleva a cabo la CONAFOR en cuanto al combate y prevención de incendios; en cuanto a la CONAGUA y los sistemas de abastecimiento de agua potable se identificaron las acciones y estrategias que se llevan a cabo para prevenir una disminución en la oferta de agua potable. Las acciones identificadas (Tabla 16.1) se propusieron al consejo de cuenca Península de Yucatán para su implementación en la próxima etapa.

Tabla 16.1 Resumen de las acciones identificadas que ya se están llevando a cabo en el consejo de cuenca Península de Yucatán

ACCION	ÁREA RESPONSABLE	INDICADOR
Tecnificación y Modernización de Zonas de Riego	Dirección de Infraestructura Hidroagrícola (CONAGUA)	ha/año
Asesoría Técnica Especializada y Conservación de Suelos en los Distritos de Temporal	Dirección de Infraestructura Hidroagrícola (CONAGUA)	No. de acciones de transferencia técnica
Programa para Incentivar la conservación y el Uso Racional del Agua	Comunicación Social (CONAGUA)	No. de acciones de difusión con enfoque a la sequía
Programa estatal del Manejo del Fuego (CAMPECHE, Quintana Roo, Yucatán)	CONAFOR	No. de documentos generados
Apertura y rehabilitación de brechas corta fuego	CONAFOR	km/año
Implementación y capacitación de Brigadas municipales para la Prevención y Combate de Incendios Forestales	CONAFOR	Brigadas implementadas y Número de Personas capacitadas

3. Apoyar el desarrollo de dos 2 PMPMS a nivel de ciudad (sistema de agua). Las ciudades propuestas son: Mérida, Yucatán y Cancún, Quintana Roo.

En esta actividad se realizaron dos Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía a nivel de ciudad (sistema de agua), uno para la ciudad de Mérida, en el estado de Yucatán, y el segundo para la ciudad de Cancún, en el estado de Quintana Roo. En estos programas se realizó un análisis del marco legal en cuanto a la extracción, uso y manejo del recurso hídrico, se realizó una descripción y

caracterización de la ciudad correspondiente, se analizó la oferta y la demanda de agua, se analizó el balance hídrico de la ciudad, así como los escenarios futuros a 5, 10 y 15 años, finalmente se realizó un análisis de las preventivas y de mitigación de la sequía y se propuso un plan de contingencia para evitar la disminución en la oferta de agua por parte del organismo operador.

4. Transferencia de información y tecnología.

Finalmente, en esta actividad el equipo técnico tanto de la UADY como de la CONAGUA encargado de la elaboración del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía de la Cuenca Península de Yucatán se capacitó participando en los talleres: “Formulación de PMPMS en Ciudades con Escasez de Agua” y “Análisis de la Vulnerabilidad Ante la Sequía”. Los conocimientos adquiridos se pusieron en práctica en coordinación con los usuarios del agua y fueron vertidos en la elaboración de los PMPMS; los resultados fueron presentados en un foro en Noviembre en las oficinas de la CONAGUA en el Distrito Federal.

CAPÍTULO 17. CONSIDERACIONES FINALES

La implementación exitosa del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) en el Consejo de Cuenca Península de Yucatán, está en función del avance en las necesidades detectadas por los usuarios durante la elaboración del mismo; estas necesidades se agruparon en 6 categorías: acuífero, eficiencia del uso del agua, balance hídrico, efectos de la sequía, educación ambiental y colaboración.

A

A continuación se describen las necesidades prioritarias de cada una de las categorías.

1. Acuífero

- Caracterización completa del acuífero en toda la cuenca (caracterizar subcuencas)
- Agua aprovechable
- Límite de la capa de agua dulce
- Dinámica espacial y temporal
- Calidad del agua
- Riesgos de contaminación
- Grado de explotación
- Presencia y riesgos de intrusión salina

2. Eficiencia del uso del agua

- Identificar especies resistentes a la sequía que puedan incorporarse a los sistemas productivos de la cuenca
- Identificar los sistemas de producción de la cuenca más demandantes de agua
- Generar, utilizar y adaptar tecnologías para hacer más eficiente el uso del agua y su reutilización con insumos de bajo costo y procesos prácticos de aplicación.

3. Balance hídrico

- Mejorar el monitoreo de las variables ambientales para la determinación de un balance hídrico más preciso.
- Cuantificar con mayor precisión el uso del agua por sector.
- Cuantificar con mayor precisión la recarga del acuífero.

4. Efectos de la sequía

- Identificar los efectos de la sequía en la calidad de agua y la prevalencia de enfermedades infecciosas.
- Identificar los efectos de la sequía sobre la flora y fauna y, la incidencia de incendios

5. Educación ambiental

- Sensibilizar a la población acerca del conocimiento del fenómeno, sus causas y consecuencias.

6. Colaboración

- Identificar la participación de cada uno de los tres órdenes de gobierno (Federal, estatal y Municipal) en el Programa
- Definir la participación de instituciones ajenas al gobierno en el programa
- Definir claramente los programas de apoyo a los usuarios y sus reglas de operación.

CAPÍTULO 18. REFERENCIAS

- Acosta RJ (2009). Presentación: Problemática del acuífero de la Península de Yucatán y acciones requeridas para su conservación.
- Alley W (1984). The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of climate and applied meteorology*. Vol. 23. Pp.1100-1109.
- Arias L, Latounerie L, Cob J (2010). La milpa maya tradicional, un sistema agroforestal. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Arriaga L, Aguilar V, Espinosa J (2009). Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. En: Capital natural de México, estado de conservación y tendencias de cambio (II). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ayuntamiento de Ciudad del Carmen (2011) Atlas de Peligros Naturales del Municipio de Ciudad del Carmen. Secretaría de Desarrollo Social. 139 pp.
- Baeza SD, Martínez-Capel F, García De Jalón LD. (2003). Variabilidad Temporal de Caudales: Aplicación a la Gestión de Ríos Regulados. *Ingeniería del Agua*. 10 (4) 469-478.
- Balam M, Bañuelos I, García E, González-Iturbe J, Herrera F, Orellana R, Vidal J (1999). Evaluación climática. En: Atlas de procesos territoriales del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Bannock G, Baxter E, Rees R (1999). Diccionario de economía. Editorial Trillas.
- Bárcena A, Prado A, Beteta H, Samaniego JL, Lennox J (2010). La economía del Cambio Climático en Centroamérica. Síntesis 2010. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL).
- Bárcena A, Prado A, Beteta H, Samaniego JL, Lennox J (2010). La economía del Cambio Climático en Centroamérica, Síntesis 2010. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL).
- Bauer-Gottwein P, Gondwe B, Charvet G, Marín L, Rebolledo-Vieyra M, y Merediz-Alonso G (2011) Review: The Yucatán Peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal* 19:507-524.
- Bautista-Zúñiga F, Batllori-Sampedro E, Ortiz-Pérez MA, Palacio-Aponte G, Castillo-González M (2003). Geoformas, agua y suelo en la Península de Yucatán. En: Colunga-García P, Larqué A (Eds.) Naturaleza y sociedad en el Área Maya. Pasado, Presente y Futuro. México.
- Bautista-Zúñiga F, Palma D, Huchin W (2005). Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán. En: Bautista F y Palacio G (editores) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología.

- Bautista-Zúñiga F, Palacio A, Mendoza J, Kú V, Pool L, Cantarell W (2010). Suelos. En: La biodiversidad en el estado de Campeche, estudio de estado. CONABIO. Gobierno del Estado de Campeche.
- Beddows P, Blanchon P, Escobar E, Torres-Talamante O (2007). Los cenotes de la Península de Yucatán. *Arqueología Mexicana* Vol.: 14 (5), pp. 32-35.
- Bravo Lozano A, Mojarro Dávila F, Medina García G (2006). Limitaciones del agua: eficiencia del agua y la producción de cultivos. En Amador M, Serna A, Medina G (comp.). *Sequía: Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México*. Segunda Edición. Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental Zacatecas.
- Campos A (1996). Crecientes y sequías. *Ciencia y Desarrollo*. Num. 127.
- Canto R (2001). Del henequén a las maquiladoras. La política industrial en Yucatán 1984-2001. Instituto Nacional de Administración Pública, Universidad Autónoma de Yucatán.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2002). Series Fascículos. Gobierno Federal. 1era Ed. México D.F.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2006). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2005. Gobierno Federal. 1era Ed. México D.F.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2009a). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007. Gobierno Federal. 1era Ed. México D.F.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2009b). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2008. Gobierno Federal. 1era Ed. México D.F.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2010). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2009. Gobierno Federal. 1era Ed. México D.F.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2012). Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2010. Gobierno Federal. 1era Ed. México D.F.
- CFE (Comisión Federal de Electricidad) (2013). Centrales generadoras de energía. www.cfe.gob.mx Consultado en Julio de 2011.
- CNA (Comisión Nacional del Agua) (1996). Censo de aprovechamiento de agua subterránea del estado de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Gerencia General Sureste, Mérida, Yucatán. Citado en: Bautista-Zúñiga F, Batllori-Sampedro E, Palacio-Aponte G, Ortíz-Pérez MA, Castillo-González M (2005). Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la

Península de Yucatán. En: Bautista F y Palacio G (editores) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología.

- CódiceMich (2013). Afecta la sequía a la mitad del país. Publicado: 17 de abril de 2013. Disponible en: http://www.codicemich.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3387:afecta-la-sequia-a-la-mitad-del-pais-&catid=5:temas-semanales&Itemid=11. Consultado: 30 de enero de 2014.
- Cody K, Hayes M, Philips T (1998). How to reduce drought risk. Ed. Western Drought Coordination Council.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2004-2006). Coordinación General de Conservación y Restauración. Reporte Semanal de Resultados de Incendios Forestales. México.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2002). Evaluación de los efectos del Huracán Isidoro en el acuífero del Estado de Yucatán. CONAGUA-Subdirección general técnica, gerencia regional de la Península de Yucatán. México. pp. 38.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2003). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 106.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2004). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 143.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2005). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 101.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2006). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 201.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2007a). Análisis de la información del agua de los censos y conteos 1990-2005. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2007b). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 252.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2007c). Programa hídrico por organismo de cuenca, visión 2030, Gerencia regional Península de Yucatán XII. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales (SEMARNAT) (Editor).
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2008a). Programa Nacional Hídrico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México. pp. 163.

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2008b). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 231.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2010). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México. pp. 258.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2011a). Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. 397 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2011b). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México. pp. 185.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2011c). Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, año agrícola 2009-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor) México. pp. 334.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2011d). Agenda del agua 2030. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. pp. 70.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012a). Atlas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor) México. pp. 142.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012b). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México. 252 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012c). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. México.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012d). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor). México. 139 pp.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012d). Ley en materias de aguas y subsuelo 1958. Atlas digital del Agua México, Sistema Nacional de Información del Agua. En: <http://www.CONAGUA.gob.mx/atlas/index.html>. Consultado el 6 de diciembre de 2013.
- CONAGUA (Comisión Nacional Del Agua) (2012e). Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México. Disponible en: <http://www.CONAGUA.gob.mx>. Consultado: 25-Septiembre-2013.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2013a). Estadísticas del Agua en México. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). México.

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2013b). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). México
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2014). Estadísticas del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2013). Áreas naturales protegidas de la Península de Yucatán. Consultado en Julio 2013 en: www.conanp.gob.mx
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) (2010). Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Consejo Nacional de Población.
- Contreras A (1958). Bosquejo climatológico. En: Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. Parte II. Beltrán E (editor) Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables.
- Contreras CS (2005). Las sequías en México durante el siglo XIX. Investigaciones Geográficas, Boletín 56: 118-133.
- Cooper SD, Diehl S, Kratz K, Darnelle O (1998). Implications of scale for patrons and processes in stream ecology. Australian Journal of Ecology 23: 27- 40.
- Córdoba J, García A, Córdoba M (2000). Modernismo ambiental frente a tradición: Problemas y perspectivas en el caso de la Península de Yucatán. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. Num 20, pp. 235-251.
- Córdoba J, García de Fuentes A (2010). Población y regionalización. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Daniels A, Painter K, Southworth J (2008). Milpa imprint on the tropical dry forest landscape in Yucatán, Mexico: Remote sensing & field measurement of edge vegetation. Agriculture, Ecosystems and Environment. No. 123, pp. 293-304.
- Delgado C, Pacheco J, Cabrera A, Batllori-Sampedro E, Orellana R, Bautista F (2010). Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatán, Mexico. Agricultural Water Management 97. P.1423–1433.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2003). Reglas de Operación del Programa del Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). SAGARPA, México. Pp. 19.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2004a). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). SAGARPA Campeche. Folio 37
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2004b). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). SAGARPA Quintana Roo. Folio 3060.

- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2004c). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). SAGARPA Quintana Roo. Folio 65.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2007). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). SAGARPA Campeche. Folio 595.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2008). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). Gobierno del Estado de Yucatán. Folio 300146.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2009a). Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2009b). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). Gobierno del Estado de Yucatán. Folio 300298.
- DOF (Diario Oficial De La Federación) (2009c). Declaratoria de Contingencia Climatológica para efectos de las Reglas de Operación del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC). Gobierno del Estado de Yucatán. Folio 300319.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2010a) Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Alto Río Candelaria y Bajo Río Candelaria, mismas que forman parte de la subregión hidrológica denominada Río Candelaria de la región hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2010b) Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en la cuenca hidrológica Río Escondido, misma que forma parte de la región hidrológica número 33 Yucatán Este.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2010c) Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Champotón 1 y Río Champotón 2, mismas que forman parte de la subregión hidrológica denominada Río Champotón de la Región hidrológica número 31 Yucatán Oeste.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013a). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.

- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013b). Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 175 acuíferos que se indican. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013c). Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Península de Yucatán, Estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Clave 3105.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2013d). Ley de aguas nacionales. Cámara de diputados del H. congreso de la Unión. México. Pp. 107.
- Duch-Gray J. (1991). Fisiografía del Estado de Yucatán. Primera edición. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 229 pp.
- Duno-de Stefano R, Can-Itza L, Rivera-Ruiz A, Calvo-Irabién L (2012). Regionalización y relaciones biogeográficas de la Península de Yucatán con base en los patrones de distribución de la familia Leguminosae. Revista Mexicana de Biodiversidad 83, pp. 1053-1072.
- Eastmond A, García A (2010). Impacto de los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- EKOLUR (Asesoría Ambiental) (2006). Estudio de la demanda de agua en Gipuzkoa. Bases para la elaboración de las directrices sobre el uso sostenible del agua en Gipuzkoa. <http://www4.gipuzkoa.net/oohh/web/directrices/agua/TOMO%20II/Monografia-Estudio%20Demanda%20Agua-ESTRATEGIA%20AGUA.pdf>
- Escobar A (1997). Las sequías y sus impactos en la sociedad del México decimonónico, 1856-1900. En Historia y Desastres en América Latina. Volumen II. LA RED. García, A. V. (Coord.). 32 pp.
- Escobar A (2001). Las "sequías" y sus impactos en las sociedades del México Decimonónico, 1856-1900. En Historia y Desastres en América Latina. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 34 pp.
- Estevan A (2000). Plan Hidrológico: algunos ganan casi todos pierden. Ecologista 23: 16-17
- Estrada PM (2001). Cambio climático global: cambios y consecuencia. Datos, Hechos y Lugares núm. 16. 11pp.
- Estrada-Medina H, Graham RC, Allen MF, Jiménez-Osornio JJ, Robles-Casolco S (2013). The importance of limestone bedrock and dissolution karst features on tree root distribution in northern Yucatán, México. Plant Soil 362: 37-50.
- Florescano E (1979). Origen y desarrollo de los problemas agrarios en México, 1500-1821, Era, México. 1980 "Una historia olvidada: la sequía en México", en: Nexos, 32:9-18.
- Galindo LM (2007). Economía del Cambio Climático en México. Informe Galindo, Síntesis, Gobierno Federal, SEMARNAT.

- García F, Fuentes MO, Matías RLG. (2007). Sequías. Serie de Fascículos. CENAPRED. México D.F.
- García-Jiménez F, Fuentes MO (1999). Análisis de las sequías en México, Cuaderno de Investigación No. 46. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México.
- García-Prats A (2006). Sequías: Teoría y prácticas. Departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Ed. UPV.
- Giddings L, Soto M, Rutherford BM, Maarouf A. (2005). Standardized precipitation index zones for México. *Atmósfera* 18: 33–56.
- Gill RB (2008). Las grandes sequías mayas: agua, vida y muerte. México, D.F., Fondo De Cultura Económica.
- Gobierno del Estado de Quintana Roo (2000). Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo 2000-2025. Tomo I: Entornos, Problemática y Estructura Económica de Quintana Roo. Centro de Estudios Estratégicos, México.
- Graniel-Castro E, Garcia-Gil G (2013). Acuífero y recursos hídricos. En: ordenamiento territorial del estado de Yucatán: Visión 2030. García-Gil G, Sosa-Escalante J (editores). Universidad autónoma de Yucatán, Mérida, México. Pp. 42-52.
- Herrera J (2011). Clima. En: Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México.
- IMTA (Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua) (2011). Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán. Diagnóstico e identificación de retos y problemas, estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios. García, N. (Editor). México. Pp. 1897.
- IMTA (Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua) (2013). Guía para la formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. Coordinación de Hidrología. México. 57p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1981). Mapa de humedad del suelo. INEGI, Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1983). Mapa de evapotranspiración. INEGI, Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2001a). Anuario estadístico de Campeche. México. www.inegi.gob.mx.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2001b). Anuario estadístico de Quintana Roo. México. www.inegi.gob.mx.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2001c). Anuario estadístico de Yucatán. México. www.inegi.gob.mx.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2002). Estudio hidrológico del estado de Yucatán. Gobierno de estado de Yucatán.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2006a). Anuario estadístico de Campeche. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2006b). Anuario estadístico de Quintana Roo. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2006c). Anuario estadístico de Yucatán. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) (2010a). Censo de Población y Vivienda 2010. <http://www.inegi.org.mx/>. Consultado el 20 de Julio de 2013.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática) (2010b). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2010c). Censo de población y vivienda 2010: Campeche. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2010d). Censo de población y vivienda 2010: Quintana Roo. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2010e). Censo de población y vivienda 2010: Yucatán. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2011a). Anuario estadístico de Campeche. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2011b). Anuario estadístico de Quintana Roo. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2011c). Anuario estadístico de Yucatán. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2012a). Anuario estadístico de Campeche. México. www.inegi.gob.mx
- INEGI (Instituto Nacional De Estadística Geografía e Informática) (2012b). Producto Interno Bruto por entidad federativa 2005-2009.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2013). Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos (SIMBAD). Consultado Mayo de 2013 en: <http://sc.inegi.org.mx>.
- Jiménez J, Durán R, Dupuy J, Gonzáles-Iturbe J (2010). Uso del suelo y vegetación secundaria. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- López E (1977). Estudio geológico de la Península de Yucatán. Enciclopedia Yucatanense. Gobierno del Estado de Yucatán.
- Lozano E, Olivares J (2011). Sociedad y economía. En: Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. En: Pozo C, Armijo N, Calme S (editores) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Colegio de la Frontera Sur. Gobierno del estado de Quintana Roo. Programa de Pequeñas Donaciones México.
- Lugo J (1999). El relieve de la Península de Yucatán. En: Atlas de Procesos territoriales del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.

- Lugo-Hubp J, Aceves-Quesada R, Espinasa-Pereña R (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Revista, volumen 10, número 2, pp. 143-150.
- Magrin G, Travasso M, Grondona O, Rodríguez G (2007). Variabilidad climática, cambio climático y sector agropecuario. (s/d). En: Márdero S, Nickl E, Schmook B, Schneider L, Rogan J, Christman Z, Lawrence D (2012) Sequías en el sur de la Península de Yucatán: Análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Num. 78, pp. 19-33.
- Márdero S, Schneider L, Rogan J, Christman Z, Lawrence D (2012). Sequías en el sur de la Península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Núm., 78, pp. 19-33.
- Martínez E, Ortiz S, Sabido R, Salas E, Xix G (1999). Uso del suelo. En: Atlas de Procesos Territoriales del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Martínez Lf, Donato J. (2008). efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). Limnología. Caldasia 25(2) 2003: 337-354.
- Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186.
- Me-Bara Y, Valdéz F (2003). Droughts as random events in the Maya lowlands. Journal of Archaeological Science, vol. 30, no. 12, pp. 1599-1606.
- Méndez E (2013). Menos lluvias y más calor, pronostica el meteorológico. Excelsior, Ciudad de México. Publicado: 18 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/03/18/889570>. Consultado: 30 de Enero de 2013.
- Mendoza B, García-Acosta G, Velasco V, Jáuregui E, Díaz-Sandoval R (2007). Frequency and duration of historical droughts from the 16th to the 19th centuries in the Mexican Maya Lands, Yucatán Peninsula. Climatic Change. No. 83, pp. 151-168.
- Mendoza J, Ku V (2010). Clima. En: La biodiversidad en Campeche, estudio de estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Campeche.
- NADM (National Climate Data Center. North America Drought Monitor). (2013). Disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/nadm-maps.php>. Consultado: 18-Setiembre-2013.
- O'keeffe J, Le Quesne T (2010). Guía sobre los caudales ecológicos. WWF-World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund), Gland, Switzerland. 48 pp. 08-11.
- Orellana R, Espadas C, Conde C, Gay C (2009). Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán, Unidad de Recursos Naturales, Centro

- de Investigación Científica de Yucatán y Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM, Mérida, Yucatán, México.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2006). Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. No. 1006.
 - Pat J, Cantún M. (2010). Contexto socioeconómico actual. En: La biodiversidad en el estado de Campeche, estudio de estado. Gobierno del estado de Campeche.
 - PNUMA (Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2002). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3. Consultado del 21 de Julio de 2013. <http://www.grida.no/geo/geo3/spanish/pdfs/prelims.pdf>
 - Presas B (2011). Áreas naturales protegidas en Quintana Roo. En: Riqueza biológica de Quintana Roo, Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD).
 - Richter BD, Jeffrey VB, Robert W, David PB (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology*. 37: 231-249.
 - Rico-Gray V (1992). Los mayas y el manejo de las selvas. *Ciencias*. Num. 28, pp. 23-26.
 - Rojas M, Ángeles H (2010). Población. En: La biodiversidad en Campeche, estudio de caso. Gobierno del estado de Campeche. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
 - Ruiz H y Arellano J (2010). Áreas naturales protegidas, instrumentos y estrategias. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
 - SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2009). Documento de Posición Institucional de la Evaluación Específica de Desempeño del Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC) 2008.
 - SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2010a). Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PAAC). Evaluación Externa de Resultados. Universidad Autónoma de Chapingo, México D.F.
 - SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2010b). Apartado Cobertura Histórica, en línea: <http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/index.htm>
 - SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012a). Datos en línea: http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/covert_h/indemnizacionesh_edo.asp Consultado: 8 de noviembre de 2013.
 - SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012b). Datos en línea: http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/covert_h/indemnizaciones_anio_mpios.asp?ANIO=2008&ESTADO=CAMPECHE Consultado: 8 de noviembre de 2013.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012c). Datos en línea: http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/covert_h/indemnizaciones_anio_mpios.asp?ANIO=2008&ESTADO=QUINTANA+ROO Consultado: 8 de noviembre de 2013.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012d). Datos en línea: http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/covert_h/indemnizaciones_anio_mpios.asp?ANIO=2008&ESTADO=YUCAT%C1N Consultado: 8 de noviembre de 2013.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012e). Datos en línea: http://pacc.sagarpa.gob.mx/sac/covert_h/indemnizaciones_anio_mpios.asp?ANIO=2009&ESTADO=YUCAT%C1N Consultado: 8 de noviembre de 2013.
- Salgado J (2010). Estudio de caso: amenazas a aves en paisajes de agricultura tradicional de tumba-roza-quema. En: La biodiversidad en Campeche, Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Sarabia LP (1997). Modelo conceptual del acuífero de la Península de Yucatán; Biblioteca INGE 0001530 T01530; 1997, UADY, Facultad de Ingeniería.
- Sarmiento J (2010). Situación y dinámica de la economía. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- SATCA (Sistema De Alerta Temprana De Centroamérica) (2013). Disponible en: <http://www.satcaweb.org/alertatemprana/inicio/alertatemprana.aspx>. Consultado: 18-Septiembre-2013
- Schmitter-Soto J, Comín F, Escobar-Briones E, Herrera-Silveira J, Alcocer J, Suárez-Morales E, Elías-Gutiérrez M, Díaz-Arce V, Marín L, Steinich B (2002). Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatán Peninsula (SE Mexico). *Hydrobiologia* 467, pp. 215-228.
- Schmook B (2010). La milpa y la biodiversidad. En: Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México.
- SEDUMA (Secretaría de Desarrollo y Medio Ambiente) (2013). Sistema de áreas naturales protegidas del estado de Yucatán. Disponible en: <http://www.seduma.Yucatán.gob.mx/areas-naturales/sanpy.php>. Consultado: 25-Octubre-2013.
- Seijo A (2005). Análisis Intertemporal de la oferta y la demanda de agua para el consumo humano en el Estado de Yucatán. Tesis de licenciatura en administración de recursos naturales. Universidad Marista de Mérida. Mérida, Yucatán, México.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2005). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Consultado el 20 de Julio de 2013. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/introduccion/presentacion.html
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010a). Atlas geográfico del medio ambiente y recursos naturales. SEMARNAT.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010b). El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida. México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2011a). Resumen nacional: Población ganadera, avícola y apícola. SAGARPA. México. pp.1.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2011b). Entidad Campeche: Población ganadera, avícola y apícola. SAGARPA. México. pp.1.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2011c). Entidad Quintana Roo: Población ganadera, avícola y apícola. SAGARPA. México. pp.1.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2011d). Entidad Yucatán: Población ganadera, avícola y apícola. SAGARPA. México. pp.1.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2012). Producción agrícola por distritos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. www.siap.gob.mx Consultado: 7-noviembre-2013.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (2014) Reseña del Huracán "Isidore" del Océano Atlántico. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2002/atlantico/isidore/isidore.html> . Consulta: 08 de Enero de 2015.
- Thom HCS (1966). Some Methods of Climatological Analysis. WMO Technical Note Number 81, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 53 pp.
- Toledo V, Barrera-Bassols E, García-Frapoli E, Alarcón-Chaires P (2008). Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos. Interciencia. Num 33, pp. 342-352.
- USDM (US Drought Monitor) (2013). Disponible en <http://www.drought.gov/drought/>. Consultado: 18-Septiembre-2013.
- Valiente OM (2001). Sequía: Definiciones, Tipologías y Métodos de cuantificación. Investigaciones Geográficas No 26. Pp. 59-80.
- Velázquez D (2006). Agua y población en la Península de Yucatán: caso de Quintana Roo. Caos conciencia. 1, 31-39.
- Villasuso M y Méndez R (2000). A Conceptual Model of the Aquifer of the Yucatán Peninsula. In: Population, Development and Environment on the Yucatán Peninsula: From Ancient Maya to 2030. Lutz W, Prieto L, Sanderson W (editors). International Institute for Applied Systems Analysis.
- Wiseman F (1978). Agricultural and historical ecology of the maya lowlands: In: Prehispanic maya agriculture. University of New Mexico Press.