



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



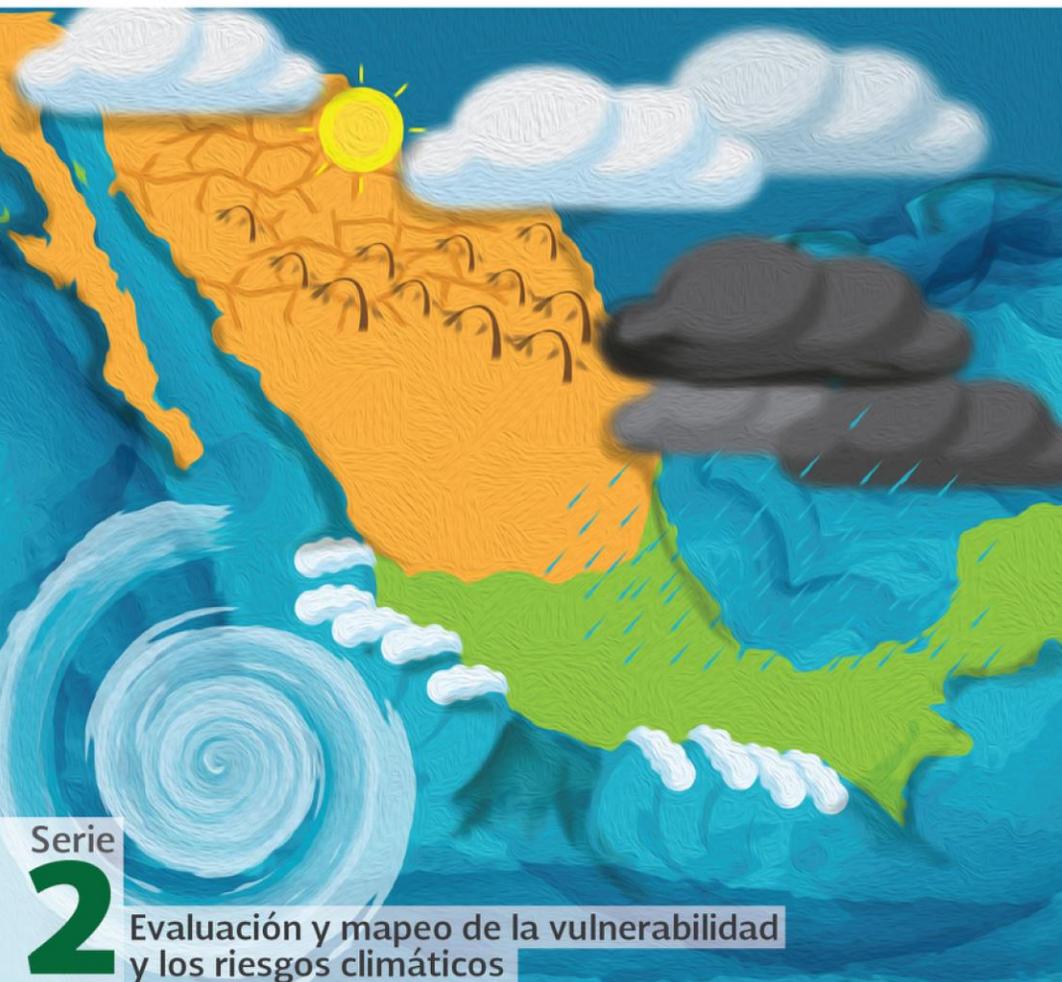
**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# Vulnerabilidad actual y futura de los recursos hídricos ante el cambio climático en los estados del sureste de México, con enfoque en el desarrollo urbano sustentable

## INFORME FINAL



Serie

**2**

Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad  
y los riesgos climáticos

# 2018

Documento generado a  
partir de los resultados  
de la consultoría  
realizada por:

Centro del Cambio  
Global y la  
Sustentabilidad en el  
Sureste, A.C.

Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C

Citar como:

PNUD México-INECC. 2018. *Vulnerabilidad actual y futura de los recursos hídricos ante el cambio climático en los estados del sureste de México, con enfoque en el desarrollo urbano sustentable*. Proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 206 pp. Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C., México.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Agradecimiento:

Al gobierno de Canadá a través de Environment Canada por el apoyo financiero recibido para el desarrollo del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”, durante 2014-2018. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

# Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo General:	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
1.2 Conceptos clave	16
1.2.1 Conceptos sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático	16
1.2.2 Conceptos sobre gestión y vulnerabilidad hídrica	17
1.3 Enfoque metodológico	19
1.4 Alcances del análisis y estructura del documento	23
<b>2. Diagnóstico de la situación actual de los recursos hídricos: análisis regional</b>	<b>28</b>
2.1 Características generales de los estados del sureste de México	28
2.2 Diagnóstico de las regiones hidrológico administrativas	33
2.2.1 RHA XI Frontera Sur	33
2.2.2 RHA XII Península de Yucatán	43
2.3 Estructura y características de los organismos operadores del agua	50
2.3.1 Determinación de las tarifas de agua	54
2.4 Capacidades para la gestión del agua y la gobernanza	62
2.4.1 El reto de gestionar el agua en la región sureste	65
<b>3 Exposición a fenómenos extremos y al cambio climático en el sureste de México</b>	<b>66</b>
3.1 Análisis climático	66
3.1.1 Patrones de precipitación y temperatura en la región de 1950 a 2010	66
3.1.2 Recurrencia de ciclones tropicales de 1950 a 2010	72
3.2 Impactos por fenómenos hidrometeorológicos	75
3.2.1 Análisis de los impactos	75
3.3 Análisis de escenarios	81
3.3.1 Temperatura y precipitación media al 2030, 2041 y 2051 en el sureste de México	82
3.3.2 Temperatura y precipitación máxima al 2030, 2041 y 2051 en el sureste de México	87
3.3.3 Extremos Climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso	89
<b>4. Vulnerabilidad actual y futura en el sector hídrico: análisis de dos regiones</b>	<b>92</b>
4.1 Condiciones de la vulnerabilidad actual en las regiones	94
4.1.1 Región 1. Cuenca del Río Usumacinta-Laguna de Términos	94

4.2.2 Región 2 - Zona Oriental de la Península de Yucatán	102
4.2 Revisión de los índices de vulnerabilidad en las dos regiones	107
4.2.1 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.	107
4.2.2 Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático Nivel Estatal-Municipal del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM	109
4.2.3 Índice De Vulnerabilidad Social A Nivel Estatal-Municipal Del IMTA	112
4.2.4 Índices de capacidad y respuesta adaptativa a nivel municipal del PNUD México y el INECC	116
4.3 Condiciones de la vulnerabilidad futura en las regiones	117
4.3.1 Región 1 - Cuenca del Río Usumacinta- Laguna de Términos	117
4.3.2 Región 2 - Zona oriental de la Península de Yucatán	121
4.4 El valor del agua: un análisis del gasto en agua y aproximaciones al valor futuro en un contexto de cambio climático en los municipios	126
4.4.1 Análisis de la encuesta nacional de ingreso gasto de los hogares para estimar el porcentaje del ingreso destinado al consumo de agua: potable y purificada	126
4.2.2 El valor del agua	134
4.5 Reflexiones sobre la vulnerabilidad actual y futura	138
<b>5. Instituciones, actores y políticas públicas</b>	<b>141</b>
5.1 Marco institucional y políticas públicas	141
5.1.1 Marco legal	142
5.1.2 Compromisos Internacionales	144
5.1.3 Instrumentos de planeación a nivel federal	147
5.1.4 Instrumentos de política que se aplican a nivel regional y estatal	149
5.2 Análisis de actores	161
<b>6. Recomendaciones</b>	<b>165</b>
6.1 Recomendaciones sobre la metodología	165
6.1.1 Generación de información	165
6.1.2 Información sobre las condiciones de vulnerabilidad actual y futura	166
6.1.3 Sobre la replicabilidad de este trabajo	167
6.2 Recomendaciones para la articulación de políticas públicas	167
6.2.1 Nivel Federal.	168
6.2.2 Estados	168
6.2.3 Municipios	169
6.3 Recomendaciones para la agenda en el corto plazo	169

<b>7. Referencias</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO I. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS CINCO ENTIDADES</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO II. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA</b>	<b>185</b>
<b>ANEXO III. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO.</b>	<b>190</b>
<b>ANEXO IV. ATRIBUCIONES DE LOS ÓRDENES DE GOBIERNO ESTABLECIDAS EN LA LAN Y LA LGCC</b>	<b>204</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista general del área de trabajo de este estudio.....	25
Figura 2 Niveles territoriales y estructura del estudio .....	26
Figura 3. Población total por estado, 2000, 2005, 2010 y 2015.....	29
Figura 4. Producto interno bruto por entidad federativa. ....	30
Figura 5. Estructura del PIB por entidad.....	31
Figura 6. Usos consecutivos en 2015.....	36
Figura 7. Grado de presión sobre los recursos hídricos. ....	41
Figura 8. Porcentaje correspondiente a los sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de DQO RHA XI en cada categoría.....	42
Figura 9. Porcentaje correspondiente a los sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de SST para cada categoría.....	42
Figura 10. Usos consuntivos en 2015.....	46
Figura 11. Porcentaje que representa el volumen concesionado de agua para usos consuntivos (usos que disminuyen el volumen de agua disponible), respecto del agua renovable total (también identificada como disponibilidad natural base media del agua).....	49
Figura 12. Porcentaje correspondiente a los sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de DQO RHA XII, en cada categoría. ....	49
Figura 13. Porcentaje correspondiente a sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de SST, para cada categoría.....	50
Figura 14. Determinación de tarifa de agua en el estado de Campeche.....	56
Figura 15. Determinación de tarifa de agua en el estado de Chiapas.....	57
Figura 16. Determinación de tarifa de agua en el estado de Quintana Roo.....	58
Figura 17. Determinación de tarifa de agua en el estado de Tabasco.....	59
Figura 18. Determinación de tarifa de agua en el estado de Yucatán. ....	60
Figura 19. Gestión del agua por cuencas.....	63
Figura 20. Climatología del periodo 1950-2010 de a) temperatura media (°C), b) precipitación (mm). Las isólinas representan la variación de la temperatura (en °C) y precipitación (en %). ....	67
Figura 21. Climatología estacional de la precipitación (mm) del periodo 1950-2010 de a) primavera, b) verano, c) otoño, d) invierno. Las isólinas representan la variación de la precipitación (en %). ...	68
Figura 22. Climatología estacional del percentil 95 de la temperatura máxima (°C) del periodo 1950-2010 de a) primavera, b) verano, c) otoño, d) invierno.....	69
Figura 23. Climatología mensual de precipitación (mm) y temperatura media (°C) para la región sureste de México y los cinco estados que la integran.....	70
Figura 24. Serie anual de anomalía de temperatura media (°C) calculada con respecto al periodo de referencia 1961-1990 para la región sureste de México y los cinco estados que la integran.....	70
Figura 25. Serie anual de anomalía de precipitación (%) calculada con respecto al periodo de referencia 1961-1990 para la región sureste de México y los cinco estados que la integran.....	71
Figura 26. Función de densidad de probabilidad anual de la temperatura media por estado y para la región. La línea negra representa el periodo 1961-1990 y la amarilla 1981-2010. ....	72
Figura 27. Trayectorias de 328 ciclones tropicales que ingresaron o pasaron cerca de la región sureste de México entre 1950 y 2010.....	73

Figura 28. Número de ciclones tropicales, por categoría, que han tocado tierra por estado de 1950 a 2010.....	74
Figura 29. Número de ciclones tropicales por década y categoría y representación de las fases de la AMO y PDO.....	75
Figura 30. Proporción de desastres hidrometeorológicos de acuerdo a su tipo en la región sureste de México.....	77
Figura 31. Número de registros de fenómenos hidrometeorológicos que causaron desastres en estados de la región sureste de México. ....	78
Figura 32. Impactos por fenómenos hidrometeorológicos en la región sureste de México. a) Población afectada, b) Viviendas, escuelas y hospitales dañados, c) Caminos afectados y d) Costos de daños.79	79
Figura 33. Proporción de eventos hidrometeorológicos relacionados con desastres locales en la región sureste de México.....	80
Figura 34. Cambio anual proyectado en el sureste de México para los escenarios del MCG HadGEM-ES y MPI-ESM-LR, en temperatura media (°C, Tem.) y precipitación (% Pcp), con respecto al periodo 1961-1990.....	83
Figura 35. Cambio anual proyectado en las RHA XI y RHA XII para los escenarios del MCG HadGEM-ES, en temperatura media (°C, Tem.) y precipitación (% Pcp), con respecto al periodo 1961-1990. ...	84
Figura 36. Cambio de la temperatura media (°C) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha). Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.....	85
Figura 37. Cambio de la precipitación (%) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha). ....	86
Figura 38. Cambio mensual de la temperatura (Tmd) y precipitación (Pcp) en el sureste de México en 30 años centrados en 2030, 2041 y 2051, con respecto al periodo 1961-1990 para a) el RCP 4.5 (superior) y b) el RCP 8.5 (inferior).....	87
Figura 39. Percentil 95 de la temperatura máxima (°C) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha).....	88
Figura 40. Percentil 05 de la temperatura mínima (°C) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha).....	88
Figura 41. Percentil 95 de la precipitación (%) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha). ....	89
Figura 42. Agua superficial en la región 1. ....	95
Figura 43. Uso de suelo y vegetación en la Región 1.....	96
Figura 44. Número de desastres locales causados por fenómenos hidrometeorológicos en la los municipios de la Región 1.....	98
Figura 45. Rezago social por municipio. Región 1. Cuenca del río Usumacinta – Laguna de Términos. ....	100
Figura 46. Agua superficial en la región 2. ....	103
Figura 47. Uso de suelo y vegetación en la Región 2.....	103

Figura 48. Número de desastres locales causados por fenómenos hidrometeorológicos en la Región 2. .....	105
Figura 49. Nivel de vulnerabilidad social (IMTA) en los municipios de la Región 1.....	114
Figura 50. Nivel de vulnerabilidad social (IMTA) en los municipios de la Región 2.....	115
Figura 51 Comparativo de ingresos Trimestrales en pesos corrientes Promedio en los Entidades del Estudio en 2006.....	127
Figura 52 Comparativo de ingresos Trimestrales en pesos corrientes Promedio en los Entidades del Estudio.....	127
Figura 53 Comparativo de ingresos Trimestrales en pesos corrientes Promedio en los Entidades del Estudio.....	128
Figura 54 Comparativo Salario Mínimo y Tarifa de Agua Promedio por Región Hidrológica (RH) en 2006 (pesos corrientes) .....	128
Figura 55 Comparativo Salario Mínimo y Tarifa de Agua Promedio por Región Hidrológica (RH) en 2010 (pesos corrientes) .....	129
Figura 56 Comparativo Salario Mínimo y Tarifa de Agua Promedio por Región Hidrológica (RH) en 2016 (pesos corrientes) .....	129
Figura 57 Gasto de agua los estados del Sureste. ....	130
Figura 58 Gasto en agua en Campeche (% del ingreso trimestral de los hogares) .....	131
Figura 59. Gasto en agua en Chiapas (% del ingreso trimestral de los hogares) .....	131
Figura 60. Gasto en agua en Quintana Roo (% del ingreso trimestral de los hogares).....	132
Figura 61. Gasto en agua en Tabasco (% del ingreso trimestral de los hogares).....	132
Figura 62. Gasto en agua en Yucatán (% del ingreso trimestral de los hogares) .....	133
Figura 63. Gasto en agua en los municipios seleccionados (% del ingreso trimestral).....	134
Figura 64. ANP los Estados de Chiapas, Tabasco y Campeche y municipios de la Región 1.....	154
Figura 65. ANP en la Península de Yucatán y municipios de la Región 2. ....	154

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Eventos climáticos y sus efectos en el sector hídrico.....	19
Cuadro 2. Datos sobre población entre 2000 y 2015 y proyección poblacional al 2030.....	30
Cuadro 3. Grado de Rezago Social (evolución entre 2000 y 2015).....	32
Cuadro 4. Áreas Naturales Protegidas en la Región Sureste de México (extensión y número). ....	32
Cuadro 5. Regiones y regiones hidrológicas dela RHA XI Frontera Sur.....	33
Cuadro 6. Acuíferos y sus características.....	35
Cuadro 7. Uso del agua por usuario.....	36
Cuadro 8. Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de agua potable y satisfacción con el mismo (2017). ....	38
Cuadro 9. Productividad del agua por sectores en la RHA XII.....	44
Cuadro 10. Acuíferos de la RHA XII. ....	45
Cuadro 11. Porcentaje de uso por usuario. ....	45
Cuadro 12. Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de agua potable y satisfacción con el mismo (2017). ....	46
Cuadro 13. Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de drenaje y alcantarillado, y satisfacción con el mismo (2017). ....	47
Cuadro 14. Organismos Operadores de Agua.....	52
Cuadro 15. Fortalezas y debilidades de los esquemas de cobro.....	61
Cuadro 16. Cambio proyectado en la temperatura media (°C) en el sureste de México para periodos de treinta años, por escenario RCP y MCG.....	82
Cuadro 17. Definición de categorías para caracterizar la exposición a peligros climáticos extremos.....	90
Cuadro 18. Categoría de la exposición a fenómenos climáticos mensuales extremos a escala municipal. ....	90
Cuadro 19. Impactos causados por fenómenos hidrometeorológicos en los municipios de la Región 1. ....	98
Cuadro 20. Variables relacionadas con las condiciones de sensibilidad de la población en los municipios de la Región 1.....	99
Cuadro 21. Extracción de agua a nivel municipal en la Región 1.....	101
Cuadro 22. Impactos causados por fenómenos hidrometeorológicos en la Región 2.....	105
Cuadro 23. Variables relacionadas con las condiciones de sensibilidad de la población en los municipios de la Región 2.....	106
Cuadro 24. Extracción de agua a nivel municipal en la Región 2.....	107
Cuadro 25. Variables del índice de vulnerabilidad actual de los asentamientos humanos por inundaciones presentado en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático desarrollado por INECC, 2018.....	108
Cuadro 26. Grado de vulnerabilidad actual y futura en los municipios de la Región 1. ....	108
Cuadro 27. Grado de vulnerabilidad actual y futura en los municipios de la Región 2. ....	109

Cuadro 28. Variables del Índice de Vulnerabilidad al cambio climático desarrollado por Monterroso y colaboradores (2014).....	110
Cuadro 29. Grado de exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad en los municipios de la Región 1.....	111
Cuadro 30. Grado de exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad en los municipios de los estados de la Región 2.....	112
Cuadro 31. Variables del Índice de Vulnerabilidad Social desarrollado del IMTA. ....	112
Cuadro 32. Nivel de vulnerabilidad social en los municipios de los estados de la Región 1 (IMTA) .....	114
Cuadro 33. Nivel de vulnerabilidad social en los municipios de la Región 2. ....	115
Cuadro 34. Índice de capacidad de respuesta y adaptación para la Región 1. ....	116
Cuadro 35. Índice de capacidad de respuesta y adaptación para la Región 2. ....	117
Cuadro 36. Variables relacionadas con la exposición de los municipios a peligros futuros en la Región 1.....	117
Cuadro 37. Variables relacionadas con las condiciones de capacidad adaptativa y condiciones clave para la adaptación del sector hídrico en los municipios de la Región 1.....	120
Cuadro 38. Variables relacionadas con la exposición de los municipios a peligros futuros en la región 2. ....	122
Cuadro 39. Indicadores seleccionados de capacidad adaptativa en la Región 2. ....	124
Cuadro 40. Disponibilidad de agua per cápita .....	135
Cuadro 41. Clasificación de la disponibilidad natural media de agua a nivel mundial .....	135
Cuadro 42. Cambio poblacional y estimaciones de ajuste en precio. ....	137
Cuadro 43. Acciones de adaptación de las NDC.....	145
Cuadro 44. Áreas Naturales Protegidas. Categoría y año de decreto. ....	151
Cuadro 45. Ordenamientos ecológicos decretados en los estados del sureste (al 2018). ....	155
Cuadro 46. Títulos de concesión o asignación inscritos en el REPDA (Nacional) 2016. ....	158
Cuadro 47. Títulos de concesión o asignación inscritos en el REPDA por RHA, 2016. ....	158
Cuadro 48. Leyes y programas decretados en materia de cambio climático y/o agua en las entidades del Sureste .....	160
Cuadro 49. Actores clave por niveles de acción. ....	161
Cuadro 50. Entidades de la Administración pública estatal vinculadas de manera directa con la gestión hídrica frente al cambio climático.....	162

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
AMO	Oscilación Multidecadal del Atlántico
ANP	Área Natural Protegida
ASPY	Acuerdo para la Sustentabilidad de la Península de Yucatán
CAPA	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado
CAPAE	Comisión del Agua Potable y Alcantarillado del Estado
CCGS	Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C.
CCGSS	Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste A.C.
CCPY	Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CERA	Climate and Environmental Retrieval and Archive
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CMIP5	Proyecto de Intercomparación de Modelos Fase 5
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CONSAMI	Comisión de Salarios Mínimos
COP	Conferencia de las Partes
CRCCPY	Comisión Regional de Cambio Climático de la Península de Yucatán
CRU	Climatic Research Unit
CSR	Construcción social del riesgo
DMA	Disponibilidad media anual de agua del subsuelo
DNC	Descarga natural comprometida
DOF	Diario Oficial de la Federación
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DR	Distrito de riego
DT	Depresión tropical
DTT	Distritos de Temporal Tecnificado
EI	Enfoque integrado
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENCIG	Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental
ERAPY	Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático de la Península de Yucatán
FDP	Función de densidad de probabilidad
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
GARH	Gestión Adaptativa de los Recursos Hídricos
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
GWP	Global Water Partnership

IMPLAN	Instituto Municipal de Planeación
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INFOQROO	Instituto Forestal de Quintana Roo
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LAN	Ley de Aguas Nacionales
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
MCG	Modelos climáticos de circulación general
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NDC	Contribuciones Previstas y Determinadas
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OOA	Organismos Operadores de Agua
OOAP	Organismos Operadores de Agua Potable
OSSO	Observatorio Sismológico del Sur Occidente (Colombia)
Pcp	Precipitación
PDO	Oscilación Decadal del Pacífico
PEA	Población Económicamente Activa
PECC	Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018
PHI	Programa Hidrológico Internacional
PIB	Producto Interno Bruto
PMD	Plan Municipal de Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento
PRODI	
PROMAGUA	Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
R	Recarga total media anual
RA	Riesgo-Amenaza
REPDA	Registro Público de Derechos del Agua
RHA	Regiones hidrológico administrativas
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SECTUR	Secretaría de Turismo
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEMA	Secretaría de Ecología y Medio Ambiente
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMARNATCAM	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Campeche
SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
SITAP	Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable
SMN	Sistema Meteorológico Nacional
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SUN	Sistema Urbano Nacional
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity

Tmd	Cambio mensual de la temperatura
TT	Tormenta tropical
UP	Unidades de Planeación
VAPRH	Volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica
VAPTYR	Volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA
VCAS	Volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas
VEALA	Volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente
VEAS	Volumen de extracción de aguas subterráneas
WDCC-CERA	World Data Center for Climate

# 1. Introducción

México se enfrenta a importantes retos frente al cambio climático, los cuales han sido ampliamente reconocidos en distintos foros y espacios nacionales e internacionales, dentro de estos, uno de los más apremiantes es el manejo de los recursos hídricos como aspecto clave para reducir la vulnerabilidad, garantizar la seguridad hídrica y por lo tanto la capacidad como país de tener un desarrollo sustentable (Ávila-García, 2008, Jiménez-Cisneros, 2015). La prioridad de la atención al cambio climático, la seguridad hídrica y la sustentabilidad ha sido cristalizada en distintos instrumentos que van desde compromisos con la comunidad internacional así como la elaboración de leyes, estrategias y programas tanto nacionales como subnacionales.

Tan sólo a manera de introducción de la relevancia de este tema destaca la Ley General de Cambio Climático (LGCC) (publicada en 2012) que, de acuerdo con su artículo segundo, entre sus objetos está “Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero”, además de “Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno” (DOF 2012). Además de la LGCC, hay una serie de estrategias y programas tanto a nivel nacional como subnacional que dan lugar a un marco institucional para la atención al cambio climático y es importante fortalecer su articulación con otras agendas, como lo es la de la gestión de los recursos hídricos<sup>1</sup>.

En este contexto, el sureste de México presenta retos de gran relevancia para el país, por una parte, la región de estudio es en sí compleja, se trata de cinco entidades federativas: Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Chiapas. Estos estados representan el 12% de la superficie terrestre nacional y en 2015 albergaban 12.1 millones de habitantes (INEGI 2016); sin embargo, si se observan las tendencias del aumento de población en la región, se hace prioritario identificar y actuar frente a los retos futuros para la sustentabilidad. Por ejemplo, tan solo entre 2000 y 2010 la población de estos cinco estados en su conjunto aumentó en 23%, destacando de manera particular Quintana Roo cuya población incrementó en 51% (INEGI, 2001, INEGI, 2011). Considerando las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), de seguir estas tendencias, la población en estos cinco estados del Sureste habrá aumentado al 2030 en 62% y, específicamente para el estado de Quintana Roo, la población se incrementará en un 155% (INEGI, 2001, CONAPO, 2017). En términos absolutos esto implica que, en 2030, en los estados del sureste habrá 5.6 millones de personas más que en 2000, de los cuales la mayor parte estará en Quintana Roo (1.3 millones de personas más) y en Chiapas (2.2 millones de personas más). Ambientalmente hablando, la región es también de extrema importancia puesto en los cinco estados que la conforman hay ecosistemas y recursos naturales de interés prioritario tanto por la biodiversidad que resguardan como por los servicios ecosistémicos que prestan al país. Un ejemplo de esto, es que en estos estados hay siete áreas naturales protegidas que tienen la categoría de “reservas de

---

<sup>1</sup> En el Capítulo 5 de este documento se hace una descripción de los principales instrumentos de política sobre cambio climático y recursos hídricos.

la biósfera”. La adaptación al cambio climático por lo tanto es una prioridad que debe ser asumida desde la conservación y el uso sustentable de dichos recursos y en un marco de la sustentabilidad.

Si bien, y como se verá más adelante, de primera instancia, se trata de una región con una importante disponibilidad de recursos hídricos (sobre todo en los Estados de Chiapas y Tabasco), en la región sureste de México ya hay evidencia de que está presente la señal de calentamiento global. Por lo tanto, es necesario comenzar a sentar las bases para que la toma de decisiones en materia de cambio climático, recursos hídricos y desarrollo de sus sectores sociales y productivos, se pueda prevenir y tomar las decisiones necesarias para cambiar las condiciones que generan la vulnerabilidad hídrica.

## 1.1 Objetivos

El trabajo que a continuación se presenta tiene como propósito brindar elementos de diagnóstico y análisis sobre las condiciones de la vulnerabilidad actual y futura frente al cambio climático de los recursos hídricos en el sureste de México. De acuerdo con los Términos de Referencia los objetivos son los siguientes:

### 1.1.1 Objetivo General:

Desarrollar y proponer un esquema operativo para la gestión integral de los recursos hídricos en cinco estados del sureste de México: Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, como un insumo para el diseño e implementación de las estrategias y políticas en el proceso de adaptación al cambio climático, que puedan ser útiles y replicables para otras regiones, estados, municipios y ciudades de México.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Objetivo 1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de los recursos hídricos en la Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) y en los estados de Tabasco y Chiapas, que parta del enfoque de gestión integral del agua; contemplando que dicho enfoque incorpore las dimensiones social, económica, ambiental biofísica e institucional de esa gestión. Este análisis se hará desde el enfoque estatal.

Objetivo 2. Llevar a cabo un análisis de la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante la variabilidad y el cambio climático, identificando regiones y sectores productivos más susceptibles en al menos 10 municipios de la región que tengan como principal característica un alto grado de urbanización; la unidad de análisis será a nivel municipal y tomará el marco conceptual de la definición de vulnerabilidad del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) (2007), en función de tres elementos: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Objetivo 3. Complementar los análisis de vulnerabilidad del agua en los municipios seleccionados considerando el cambio climático proyectado para México bajo los escenarios que se han generado con los modelos de circulación general HADGEM2-ES y MPI-ESM-LR, forzados con los escenarios de

emisiones RCP 4.5 y 8.5, para los horizontes temporales en que se alcance un incremento de 1°C, 1.5°C y 2°C en la temperatura media global.

Objetivo 4. Analizar los instrumentos de política más relevantes para la gestión integral del agua, así como de planeación territorial a fin de proponer un esquema de gestión integral de los recursos hídricos que contemple criterios y estrategias para orientar el proceso de adaptación al cambio climático en el tema de los recursos hídricos.

Para cumplir los objetivos del estudio, el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C. ha trabajado desde octubre de 2017 en la recopilación y análisis de información sobre los recursos hídricos, las condiciones de vulnerabilidad frente al cambio climático y los instrumentos de política más relevantes para enfrentarlo que hay en los estados del sureste, para lo cual se parte de un análisis general de los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán que abarcan dos regiones hidrológico administrativas (RHA) la RHA XI, Frontera Sur, y la RHXII, Península de Yucatán. El análisis más fino sobre vulnerabilidad actual y futura se trabaja, de acuerdo con los términos de referencia, en 10 municipios, de los cuales seis se encuentran en la región de la cuenca del río del Usumacinta y Laguna de Términos (Comitán de Domínguez y Palenque en el estado de Chiapas; Tenosique y Emiliano Zapata, en el estado de Tabasco, Palizada y Carmen en el estado de Campeche) y cuatro se encuentran en la zona oriental de la Península de Yucatán (Tizimín y Valladolid en Yucatán, y Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en Quintana Roo).

## 1.2 Conceptos clave

### 1.2.1 Conceptos sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

De acuerdo con el artículo tercero de la Ley General de Cambio Climático<sup>2</sup> (DOF, 2012) el **cambio climático** es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables, considera dos estrategias integrales fundamentales: la mitigación y adaptación. La **mitigación** se refiere a la aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes a la atmósfera, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero (DOF, 2012). En tanto que la **adaptación** se define como “Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos” (DOF, 2012).

La **vulnerabilidad** es el “Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se

---

<sup>2</sup> La Ley General de Cambio Climático retoma los conceptos del Panel Intergubernamental de Expertos sobre cambio climático publicadas en 2007 (IPCC, 2007). Por tratarse del jurídico vigente se trabaja con las definiciones base de la misma. Para el caso de las definiciones de exposición, sensibilidad y capacidades de adaptación se retoman las publicadas por el Instituto Nacional de Ecología (INECC) en 2016 (INECC, 2016)

encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación” (DOF, 2012). La vulnerabilidad está caracterizada por la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de cada sistema a la variabilidad climática, a los eventos extremos y al cambio climático (IPCC, 2007).

Con base en las consideraciones anteriores se establece que:

- La **exposición** “Se refiere al tipo y grado, o naturaleza, a la que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas” (INECC, 2016). De acuerdo con el INECC el análisis se debe basar tanto en el clima observado como en los escenarios de cambio climático.
- La **sensibilidad** hace referencia al grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones por incremento del nivel del mar) (INECC, 2016).
- La **capacidad de adaptación** “Hace referencia a las capacidades, recursos e instituciones, en diferentes niveles de análisis, que permitan detonar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas.” (INECC, 2016) De acuerdo con el INECC (2016) algunos elementos que están en el ámbito de la capacidad adaptativa son “los referentes a la articulación de acciones, recursos financieros e instrumentos de planeación vinculados con adaptación al cambio climático, que tengan una coherencia territorial en función de las problemáticas detectadas” (INECC, 2016)

Un tema a resaltar es que el análisis de la vulnerabilidad actual y futura frente al cambio climático depende del sistema que se está analizando, hay diferentes perspectivas sectoriales que imprimen a los diagnósticos características peculiares, la pregunta central es ¿qué elementos necesitamos comprender para construir diagnósticos pertinentes sobre la vulnerabilidad hídrica en México?

### 1.2.2 Conceptos sobre gestión y vulnerabilidad hídrica

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) (DOF, 1992) en su artículo tercero, fracción XXIX, define la **Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)** como el "Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque” (DOF, 1992) y más adelante en artículo 14 Bis 5 señala que “La gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrológica es la base de la política hídrica nacional”. Sin embargo, hay que destacar que la LAN no contiene ninguna disposición, concepto ni referencia a la política hídrica frente al cambio climático y en ese sentido, tampoco hace referencias a la vulnerabilidad ni a la adaptación. Esto señala la importancia de conocer y documentar cuáles son los conceptos que pueden abonar a un mayor entendimiento de la vulnerabilidad hídrica y cómo enfrentarla.

La cuenca juega un papel central en la discusión. Como punto de partida se puede afirmar que la vulnerabilidad hídrica, actual y futura, es un reflejo de la disponibilidad (cantidad y acceso) y calidad de

agua como finalidad última del manejo de la cuenca y es indicador de la eficacia y eficiencia de las acciones colectivas. La LAN también define la "**Cuenca Hidrológica**" como

*“la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas” (DOF, 1992).*

Para términos de este trabajo se considera que si bien el concepto de *Cuenca hidrológica* establecido en la LAN es la definición operativa que otorga la Ley, es más adecuado utilizar el concepto de “Cuencas hidrográficas” las cuales se entienden como

*“espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes)” (Cotler et al., 2013).*

En este sentido, el concepto de Gestión Adaptativa de los Recursos Hídricos (GARH) aporta una visión necesaria para integrar la incertidumbre ligada al cambio climático. La GARH tiene como objetivo emprender un cambio en la gestión, con un enfoque de aprendizaje (UNESCO, 2014). Así, la Gestión Adaptativa del Agua es un enfoque que considera la complejidad natural socio-ecológica de las cuencas hídricas, para la creación de las políticas de desarrollo y su implementación. Este tipo de gestión asume las incertidumbres inherentes al manejo del agua (NeWater, 2009). Para Pahl Wostl (2007) la Gestión Adaptativa puede definirse como un proceso sistemático de aprendizaje en el cual se hacen los ajustes necesarios tanto desde las demandas del recurso por parte de los distintos usuarios, como desde las estrategias de gestión del recurso, tomando en cuenta los cambios y factores externos de manera proactiva. De acuerdo con Pahl-Wostl y colaboradores (2011), la implementación de procesos de gestión adaptativa son sólo posibles si ciertas condiciones estructurales están presentes: a) Un régimen de gobernanza policéntrico con la participación dinámica de todos los actores y un equilibrio entre los procesos a todas las escalas de decisión. b) La integración sectorial para identificar problemas inesperados, y lograr integrar la implementación de la política pública. c) Una comprensión compartida de las fortalezas y rezagos de información, así como de las brechas que se deben cerrar para traspasar los retos de la gestión hídrica. d) La planificación descentralizada de infraestructuras, tecnología, y construcción, de manera que se haga de acuerdo con las realidades locales. e) Recursos financieros diversificados y transparentes, procurando una amplia gama de instrumentos privados y públicos. f) Los procesos de gestión deben estar dentro de marcos regulatorios, normas sociales, asimilación de rutinas, y dentro de las prácticas de un contexto de gobernanza.

### 1.3 Enfoque metodológico

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), la evidencia más robusta y completa de los impactos observados del cambio climático corresponde a los sistemas naturales y dentro de estos, la alteración del sistema hidrológico afecta los recursos hídricos en términos de calidad y cantidad. Se cuenta con evidencia sólida y un nivel de acuerdo alto, que cuanto mayor sea el nivel de calentamiento en el siglo XXI mayor será el porcentaje de la población mundial que experimentará escasez de agua y que se verá afectada por grandes inundaciones fluviales, lo cual llevará a una mayor competencia por el agua en los distintos sectores (IPCC, 2014).

El sector hídrico tiene una relación directa con otros sectores, por lo que si se presentan problemas con este, se desencadenan diversas afectaciones en temas prioritarios como son: la seguridad alimentaria, incluidos la producción y el uso de alimentos, el acceso y la estabilidad de precios; la disponibilidad y el abastecimiento de agua en zonas urbanas y rurales; la infraestructura y los ingresos agrícolas y cambios en las zonas de cultivos y el aumento de riesgos asociados con el exceso o escasez de agua, y el aumento en frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos. Estos elementos son determinantes para comprender por qué el concepto de seguridad hídrica está adquiriendo un papel tan relevante, ya que se trata de la dependencia de este recurso como base fundamental de las actividades humanas y del desarrollo, y que se ha definido como “la capacidad de una población para salvaguardar a nivel de cuenca el acceso al agua en cantidades adecuadas y con la calidad apropiada para sostener la salud de la gente y de los ecosistemas así como para asegurar la protección eficaz de vidas y bienes durante desastres hídricos” (Jiménez Cisneros, 2015)

En el cuadro 1 se describen de manera sintética los principales impactos directos e indirectos del cambio climático sobre los recursos hídricos.

**Cuadro 1. Eventos climáticos y sus efectos en el sector hídrico**

<b>Eventos relacionados con el cambio climático y/o la variabilidad</b>	<b>Efectos directos sobre el sector hídrico</b>	<b>Efectos indirectos</b>
Lluvias intensas (por nortes, ciclones o convección)	<p>Modificación de cauces</p> <p>Desbordamiento de cuerpos de agua</p> <p>Mayor disponibilidad de agua y posibilidad de recarga de acuíferos.</p>	<p>Inundaciones en asentamientos humanos y zonas productivas</p> <p>Daños a la infraestructura hídrica.</p> <p>Riesgos sanitarios</p> <p>Puede ayudar a la recuperación de presas y acuíferos</p> <p>Erosión hídrica</p> <p>Aumento en costos de los desastres por inundación.</p> <p>Pérdida de vidas y bienes de la población</p>
Sequías meteorológicas (déficit de lluvia)	Estrés hídrico	Disminución en disponibilidad; problemas de abastecimiento y

	<p>Deterioro de la calidad del agua</p> <p>Deterioro en la prestación del servicio ambiental hídrico por cambios en la cubierta vegetal</p>	<p>competencia entre sectores</p> <p>Contaminación por salinidad, y/o mayor concentración de patógenos</p> <p>Deterioro de suelos que lleve a mayor erosión y azolvamientos en cuerpos de agua naturales y artificiales</p> <p>Impactos en la producción del sector primario</p>
<p>Temperaturas máximas extremas (Ondas de calor)</p>	<p>Aumento en la demanda de agua (temporal) e incremento de la evapotranspiración</p>	<p>Aumento de demanda para consumo y producción primaria</p> <p>Incrementos en los costos del servicio de tratamiento de aguas residuales</p>
<p>Reducción en la precipitación media</p>	<p>Reducción en la recarga de presas y acuíferos</p> <p>Cambios en la calidad del agua por las alteraciones en flujos de nutrientes</p>	<p>Disminución en disponibilidad; problemas de abastecimiento y competencia entre sectores</p> <p>Contaminación por salinidad, y/o mayor concentración de patógenos</p> <p>Impactos en la salud humana y en la producción del sector primario</p>
<p>Aumento en la temperatura media</p>	<p>Aumento en la evapotranspiración</p> <p>Aumento de la evaporación</p> <p>Reducción de la humedad en suelos</p>	<p>Aumento de demanda para consumo y producción primaria</p> <p>Disminución en disponibilidad; Problemas de abastecimiento y competencia entre sectores.</p> <p>Contaminación por salinidad, y/o mayor concentración de patógenos</p> <p>Reducción en el nivel de los cuerpos de agua</p>
<p>Aumento en el nivel de mar (plazo más largo)</p>	<p>Intrusión salina, cambios en la calidad del agua, pérdida de humedales costeros</p>	<p>Disminución en disponibilidad; problemas de abastecimiento y competencia entre sectores</p> <p>Contaminación por salinidad, y/o mayor concentración de patógenos</p> <p>Inundaciones en asentamientos humanos y zonas productivas</p> <p>Daños a la infraestructura hídrica</p> <p>Daños en la producción del sector primario; daños en la salud e infraestructura portuaria</p> <p>Desplazamiento de las poblaciones que habitan en zonas costeras e insulares</p>

Fuente: Elaboración propia con base en IPCC, 2014; CONAGUA, 2012a, 2012b y 2016; INECC-CICC, 2012; Rosengauss, 2010.

Con respecto al cuadro anterior y sus impactos en el sector hídrico, hay que destacar que la manera en la que se den los efectos, tanto positivos como negativos, está determinada por las condiciones ambientales y sociales de las cuencas hidrográficas. Hay que destacar que de acuerdo con Cotler y colaboradores (2013) los impactos del cambio climático no se rigen por estructuras administrativas como son los estados, los municipios “más bien se expresan a través de flujos de agua que los atraviesan, y que caracterizan e integran a las cuencas hidrográficas. Por ello, abordar los impactos del cambio climático desde una perspectiva territorial implica trabajar con un enfoque de cuenca y con una visión de prevención bajo esquemas sólidos de información, planeación y coordinación”. Al respecto se debe mencionar que en las dos regiones de interés hay trabajos recientes que apuntan hacia un trabajo más profundo de investigación en la materia (CCGSS, 2015; CCGSS, 2017; Soares y García García, 2017; CCPY, 2015; Chávez- Guzmán, 2017). Por las características de este trabajo, el enfoque no es la cuenca como tal, sin embargo, cruza todos los aspectos de la vulnerabilidad hídrica y por lo tanto consideramos que la visión de cuenca y la visión de las regiones administrativas (como es el caso de este estudio) deben ser integradas de manera más profunda en análisis futuros.

La teoría señala que la vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (DOF, 2012). De esta forma, se puede deducir que, a menor exposición y sensibilidad, y mayor capacidad adaptativa, menor será la vulnerabilidad de un sistema. Sin embargo, en la práctica, caracterizar la vulnerabilidad constituye un desafío, ya que no hay una metodología universalmente aceptada para este fin. Hoy en día no se cuenta con un sistema de evaluación, un indicador o una medida común que pueda generalizarse en su aplicación en diferentes casos, a diferencia de la mitigación.

En este sentido, hay que destacar que de acuerdo con Brown *et al.* (2011) entre los principales retos para evaluar o medir la vulnerabilidad al cambio climático están, en primer lugar, la incertidumbre de la perspectiva climática, principalmente en lo relativo a la naturaleza y temporalidad de los impactos. Hay que destacar que la incertidumbre aumenta entre más fina es la escala territorial con la cual se trabaja. En segundo lugar, está la complejidad, que de acuerdo a los autores se debe a las distintas perspectivas que se generan a través de la interconexión de sistemas ambientales, sociales y económicos, así como de las escalas temporales, espaciales y administrativas y de la naturaleza de las interacciones entre sociedad y medio ambiente. Para el caso específico de este estudio, consideramos que la complejidad es muy alta debido a que se dan todas estas interacciones.

Los esfuerzos a nivel nacional para evaluar la vulnerabilidad y sus componentes se han enfocado en el desarrollo del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). El ANVCC es “una herramienta para la toma de decisiones e incidencia en política pública, que contribuye en la identificación de acciones de adaptación que se pueden implementar para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático, además de ser una guía para cumplir con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional en los tres órdenes de gobierno” (INECC, 2018). Siguiendo el enfoque presentado en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (2007), “se identifican problemáticas asociadas a amenazas climáticas que tienen un impacto o que pudiesen tenerlo en el contexto de cambio climático en los sistemas sociales, productivos, económicos y naturales. Posteriormente, se define la unidad territorial

para el desarrollo de la evaluación considerando las características del territorio que definen el desarrollo de la problemática asociada a la amenaza climática”.

La definición de vulnerabilidad del IPCC (2007) ha experimentado cambios y se han establecido vínculos con nuevos conceptos. El informe SREX (IPCC, 2012) y el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014) introducen un nuevo enfoque y terminología orientada al concepto del riesgo de desastres, difiriendo de la actual comprensión de la vulnerabilidad como se expresa en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (2007). El nuevo enfoque señala que el riesgo de desastres no es algo dado, sino que se acumula en el tiempo, a menudo en relación con los procesos inacabados de desarrollo. De acuerdo a GIZ (2016), este enfoque difiere de la actual comprensión de la vulnerabilidad como se expresa en el Cuarto Informe, sin embargo, aunque la terminología utilizada para describir la vulnerabilidad cambia, los supuestos subyacentes básicos siguen una lógica similar (esquema genérico) (GIZ, 2016). Así, mientras el Cuarto Informe utiliza los conceptos de sensibilidad y capacidad de adaptación para describir los atributos de moderación del sistema, el Quinto Informe utiliza el concepto de la exposición (la presencia de un sistema en lugares que podrían verse afectados de manera adversa) y vulnerabilidad (predisposición a verse afectado negativamente). Si bien, los términos “exposición” y “vulnerabilidad” se utilizan de manera diferente, el uso de una u otra definición no afecta el nivel de vulnerabilidad o riesgo.

Otra propuesta metodológica es la que sigue al Enfoque Integrado (EI), que de acuerdo con Lampis (2013) integra los enfoques de Riesgo-Amenaza (R-A) y el de Construcción Social del Riesgo (CSR) desde una perspectiva territorial. El enfoque R-A se concentra en lo que produce la vulnerabilidad, es decir, en el riesgo y la amenaza, orientando su interés hacia la estimación del riesgo, así como a la cuantificación de su impacto; mientras que el enfoque de CSR está interesado en las condiciones de los individuos, grupos y comunidades en relación con el estrés y los eventos críticos puntuales de origen externo. Los principales elementos que distinguen el Enfoque Integrado de acuerdo con Lampis son los siguientes:

- El problema principal es la vulnerabilidad de los sistemas humano-naturales frente al cambio climático y la pregunta de política asociada es ¿cómo puede aumentarse la resiliencia de los sistemas humano-naturales?
- Se trata de un enfoque integrado de vulnerabilidad multi-escalar de un sistema particular frente al cambio climático.
- Integra ciencias físicas, naturales y sociales.
- La capacidad de adaptación determina la vulnerabilidad futura, y por lo tanto se considera como un concepto central.

El análisis de la vulnerabilidad que se presenta considera la propuesta del Enfoque Integrado (EI), para lo cual se desarrolló un método cualitativo que se basa en identificar las condiciones que caracterizan las componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación. Siguiendo a Lampis (2013), el Enfoque Integrado combina características de la vulnerabilidad interna (social) de una unidad social (una población, un lugar) con su exposición a los factores de riesgo. Tanto los riesgos como las acciones para ajustarse a ellos influyen en los procesos territoriales y, al mismo tiempo, resultan en la vulnerabilidad existente en el territorio. En cada una de estas dimensiones —el contexto geográfico y la dimensión social—, se pueden identificar variables relacionadas con las características físicas del lugar o territorio

relacionados con la exposición, así como de carácter social que aproximan a la sensibilidad de una población. En otras palabras, los principales retos que enfrenta el presente análisis de vulnerabilidad actual y futura del sector hídrico están marcados por diversos procesos y condiciones no sólo climáticas, sino institucionales, sociales, ambientales y económicas que suceden en distintos niveles del territorio articulados alrededor de las cuencas y subcuencas, pero a la vez cortados por diversas “regiones” administrativas como son las Regiones Hidrológico Administrativas, los estados y los municipios.

La comprensión de la vulnerabilidad actual y futura del sector hídrico se tiene que inscribir en el entendimiento no sólo de las amenazas climáticas, sino también de los procesos naturales, sociales, económicos, etc., a los que está sujeto el territorio, por lo que a continuación se plantea, para cada una de las regiones, un análisis desde la perspectiva del Enfoque Integrado (Lampis, 2013) que contiene los siguientes elementos:

**Contexto regional:** En este nivel se aporta información tanto de las principales condiciones de los recursos hídricos como de los procesos naturales, sociales, económicos, etc., que pueden aumentar o disminuir su vulnerabilidad y los efectos en la población y sus sistemas productivos. En este contexto se retoma la problemática identificada para las regiones hidrológico administrativas presentada en el capítulo 3 (CONAGUA 2012a y 2012b), así como elementos ligados al deterioro y los factores de presión que pueden afectar la provisión del servicio ambiental hídrico en el futuro (Cotler, 2010; Bunge, 2010). Es también relevante identificar los procesos subregionales, como es el caso de las cuencas, así como identificar amenazas futuras y planes y políticas que estén en camino de generar capacidades para la adaptación. Como se puede observar, la información tiene fuentes y temporalidades variadas y lo que se quiere resaltar aquí es que estos elementos son sólo, como su nombre lo indica, contextuales.

**Los municipios y la vulnerabilidad actual y futura:** para este nivel se retoman el diagnóstico regional y las condiciones de las componentes de la vulnerabilidad. Cabe mencionar que no se está desarrollando un índice, sino un análisis cualitativo que incluye identificar variables clave tanto de exposición futura como de sensibilidad y capacidades adaptativas, y a partir de esto, visibilizar con “semáforos” cuáles son los principales retos de los municipios seleccionados. La idea de trabajar a partir de semáforos surge porque dado que sólo se trabajó con 10 municipios que no están totalmente conectados territorialmente resultaba estéril construir un mapa, ya que sólo se verían los polígonos y no se vería la lógica territorial completa.

## 1.4 Alcances del análisis y estructura del documento

Uno de los principales retos de este trabajo es que se necesitaron articular cuatro aproximaciones territoriales, todas ellas de igual importancia para comprender la relevancia de la gestión integral del recurso hídrico:

- Las regiones hidrológicas: Se trabajó con base en la información existente de las RHXI, Frontera Sur, que comprende los estados de Chiapas, Tabasco y una porción muy pequeña de Oaxaca y la RHXII, Península de Yucatán, que comprende los Estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán. El nivel de información que se tiene en esta dimensión es el proporcionado por la

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través de sus estadísticas y programas (CONAGUA 2012a, CONAGUA 2012b, CONAGUA 2016). En esta regionalización los datos sociales, económicos y productivos abarcan extensiones más grandes que las estatales para comprender la vulnerabilidad actual y futura y no aportan información detallada sobre las tendencias y dinámicas, así mismo, sin embargo, los datos de disponibilidad, uso, aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos de esta dimensión son centrales para poder proponer estrategias y acciones de adaptación.

- Las entidades federativas: Esta regionalización aporta información sobre las condiciones sociales, ambientales, económicas y productivas, así como de instrumentos de política pública que ayudan a comprender no sólo el contexto sino las acciones y prioridades que tienen los actores locales en materia tanto de política climática como de gestión territorial y urbana. También delimita los distintos arreglos institucionales para el manejo de los sistemas de agua potable y alcantarillado. En esta dimensión se puede trabajar tanto con escenarios de cambio climático como con elementos para comprender los impactos históricos de los fenómenos hidrometeorológicos.
- Las regiones: Esta regionalización es el elemento central para comprender las determinantes de la vulnerabilidad actual y futura. Es aquí donde se entienden los procesos de uso y gestión del agua en el marco del ciclo hidrológico y las condiciones ambientales.
  - Para el caso específico de esta investigación la primera región que se analiza es la Cuenca del río Usumacinta en su vertiente mexicana (en los estados de Tabasco y Chiapas) y los municipios de Campeche que están en la Laguna de Términos. Si bien desde la perspectiva hidrológica-administrativa todo el estado de Campeche está en la Península de Yucatán. Como se verá más adelante, la problemática de los municipios de Carmen y Palizada está más vinculada a los municipios de la cuenca del Usumacinta.
  - En el caso específico de la Península de Yucatán, por sus condiciones naturales se considera a toda esta como una sola “cuenca”, así que para términos de la sub-regionalización de este estudio se optó por definir una región de interés en el oriente de la Península de Yucatán.
- Los municipios: En este nivel es donde se encuentran los datos más precisos y actualizados que permiten comprender las condiciones que generan la vulnerabilidad actual y futura frente al cambio climático desde la perspectiva socioeconómica como de uso y aprovechamiento del agua, sin embargo, hay que destacar que la información sobre capacidades adaptativas.

La figura 1 presenta las regiones hidrológico-administrativas, los estados y los municipios en los que se trabaja en este estudio.

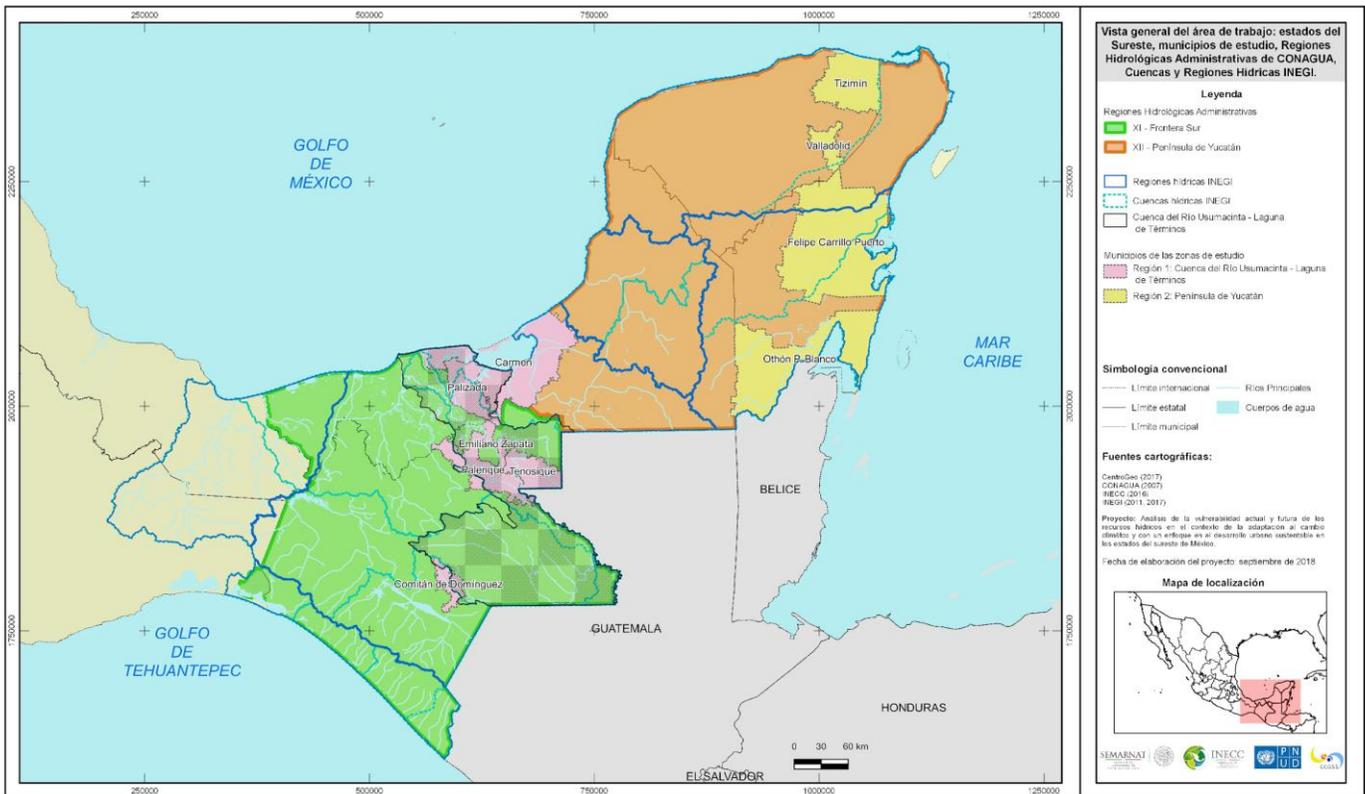


Figura 1 Vista general del área de trabajo de este estudio

Fuente: Elaboración propia con INEGI 2011a y 2017b.

La figura 2 presenta cómo se integra este diagnóstico a partir de las distintas dimensiones territoriales que aportan información y datos concretos para comprender la vulnerabilidad y los retos de la adaptación en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos. En los siguientes apartados se presentarán las condiciones de cada una de los niveles territoriales planteadas en el cuadro, sin embargo, es relevante señalar el por qué la selección de los diez municipios. En los términos de referencia se solicitó que tanto el diagnóstico como las recomendaciones contengan un enfoque hacia los retos de desarrollo urbano en el marco de la gestión integral del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático. Se consideró importante: a) tener una muestra de dos municipios por estado; b) que tengan un núcleo urbano relevante en el marco del Sistema Urbano Nacional (SUN), sin embargo, se buscó que no fueran las ciudades más grandes de cada estado porque se trata de zonas metropolitanas que conjuntan más de un municipio y se buscó visibilizar el reto de las ciudades medias, y c) que haya una conexión territorial de los municipios que se seleccionaron. Si bien no se trata de municipios contiguos en todos los casos, se buscó que estuvieran en una cuenca (como el caso de la cuenca del Usumacinta (Comitán y Palenque en Chiapas; Tenosique y Emiliano Zapata en Tabasco y de los municipios de Laguna de Términos, Carmen y Palizada), o bien, que tuvieran otro tipo de conexiones territoriales como la conectividad ecosistémica y territorial entre los municipios del oriente de la

península de Yucatán (Tizimín y Valladolid en Yucatán, Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo).

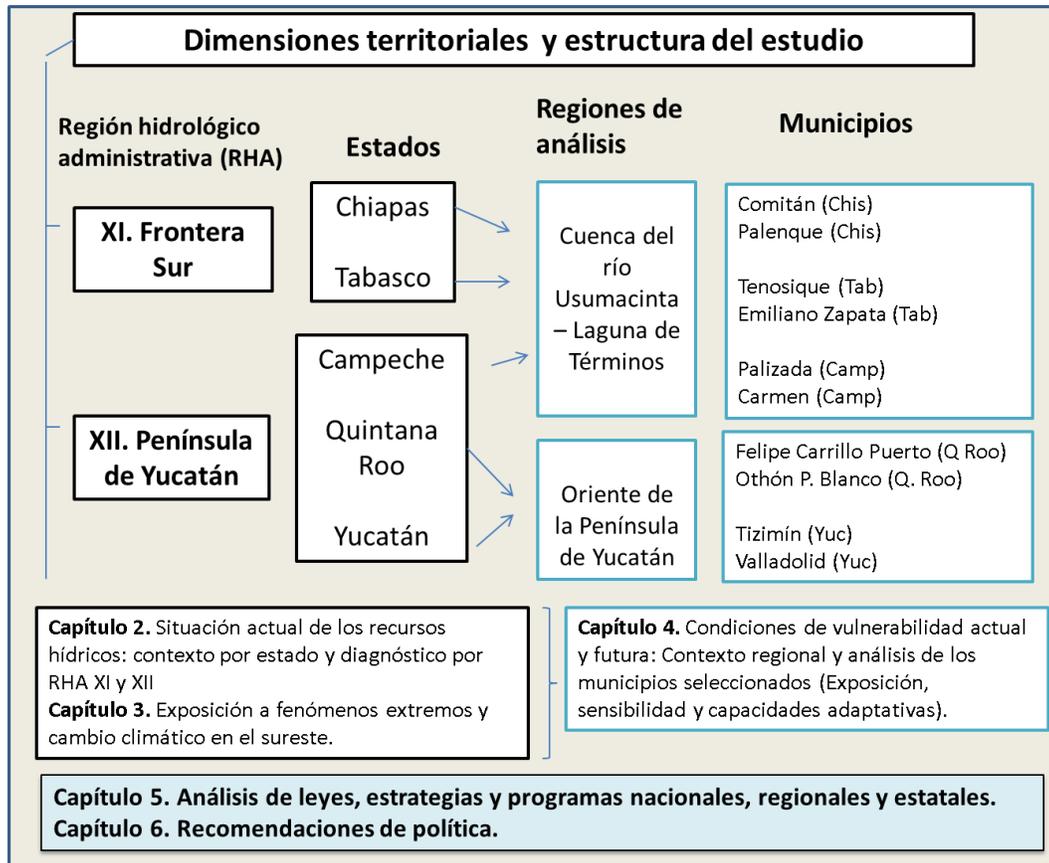


Figura 2 Niveles territoriales y estructura del estudio

Fuente: Elaboración propia.

El trabajo que se presenta a continuación está estructurado siguiendo una lógica de aproximaciones al territorio:

Los capítulos 2 y 3 de este trabajo están elaborados desde la perspectiva regional. El Capítulo 2 presenta un diagnóstico de los recursos hídricos tomando como referencia la información existente sobre las regiones hidrológico administrativa (RHA) XI. Frontera Sur, y XII. Península de Yucatán. Se identifican sus principales características y problemáticas así aspectos institucionales y de gobernanza del agua. El Capítulo 3 presenta los resultados del análisis climático, los impactos por fenómenos hidrometeorológicos, así como el análisis de los escenarios de temperatura y precipitación.

En el capítulo 4 presenta el análisis de las condiciones de vulnerabilidad actual y futura enfocada a los 10 municipios seleccionados. Este capítulo parte de retomar los contextos

Finalmente, el capítulo 5 se enfoca a la descripción del marco legal y de los instrumentos de política pública que se consideran más relevantes en el contexto de este estudio, y el capítulo 6 concluye con recomendaciones de política.

Lo que a continuación se presenta es, sólo un paso para lo que tiene que ser una agenda de largo aliento. Los capítulos que componen este informe se han elaborado conforme a lo establecido en los términos de referencia y dan señales de cuáles son los elementos que pueden o no funcionar no sólo para analizar, sino, para priorizar acciones para el manejo adaptativo de los recursos hídricos. Otro aspecto central, es cómo articular la gestión integral de los recursos hídricos y el cambio climático con el manejo integral de la cuenca, si bien este trabajo no cuenta con los elementos para hacer una propuesta concreta de manejo integral de una cuenca específica en un contexto de cambio climático si apunta que es necesario tener un análisis de vulnerabilidad actual y futura más allá de las regiones administrativas, ya que los procesos sociales y ambientales ocurren dentro de lógicas territoriales distintas. Consideramos que esta debe ser la agenda de investigación futura en la región del sureste de México, y que lo que aquí se presenta da elementos de partida para comprender una problemática regional que requiere de una intervención local mucho más ajustada a las condiciones de sus cuencas.

## 2. Diagnóstico de la situación actual de los recursos hídricos: análisis regional

Asegurar la provisión adecuada de los recursos hídricos, tanto en calidad como en cantidad, es un tema central para garantizar la sustentabilidad del desarrollo local, regional y nacional. Los retos que trae consigo la incertidumbre en el manejo de los recursos hídricos se ve acrecentada cuando no hay una visión integral relacionada con la gestión del agua y no hay coordinación entre los diferentes órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal).

El objetivo de esta sección es realizar un diagnóstico de la situación actual de los recursos hídricos que parta del enfoque de gestión adaptativa e integral del agua y de las dimensiones que inciden en la provisión y aprovechamiento de los recursos hídricos en el contexto de la adaptación al cambio climático, identificando de manera específica sus retos en entornos urbanos. Para ello se consideran las siguientes categorías: la dimensión física del agua (fuentes de abasto actuales y futuras y sus características); la dimensión institucional que contemple los esquemas actuales de manejo del agua, la estructura de gobernanza del agua, las condiciones de la infraestructura, la dimensión social del acceso y los patrones de consumo actual. Hay que recordar que si bien en México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) reconoce 757 cuencas, la gestión se hace a través de 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA). La región que se trabaja en este estudio abarca dos RHA: la XI, Frontera Sur, que abarca los Estados de Chiapas y Tabasco, y una porción muy pequeña de Oaxaca, y la RHA II, Península de Yucatán, que abarca los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. En este apartado se presentan, a manera de contexto general las condiciones ambientales, sociales y económicas de los cinco estados que abarcan la región de estudio, y posteriormente se presentan los aspectos centrales de las condiciones y la gestión de los recursos hídricos, esto con el propósito de conocer, del el nivel regional, cuáles son los retos y las condiciones que enfrenta tanto la provisión como la demanda de este recurso, y cómo esto impacta en las condiciones de vulnerabilidad actual y futura.

### 2.1 Características generales de los estados del sureste de México

Para términos de este estudio se considera que la región sureste de México abarca los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo<sup>3</sup>. A continuación, se describen de manera general las principales características de estos estados y cuál es el panorama que esto arroja en materia de la gestión integral de los recursos hídricos.

El primer aspecto a resaltar es la población. La figura 3 muestra el aumento demográfico en términos absolutos en los últimos años, específicamente en el periodo que comprende del año 2000 a 2015. Vemos que Chiapas es la entidad que concentra la mayor población, además de mostrar un crecimiento

---

<sup>3</sup> Actualmente no existe una regionalización oficial en el país, estas se hacen de acuerdo a diversos intereses, en ciertos casos se llega a considerar a los estados de Veracruz y Puebla como parte del Sureste y a nivel de planeación en los últimos años se les suman los estados de Guerrero y Oaxaca para conformar la región Sur-Sureste de México (Gobierno de la República 2014).

poblacional acelerado en el periodo considerado. Por su parte Quintana Roo y Campeche son los estados con menor población, sin embargo, el primero ha mostrado un crecimiento acelerado, de 2000 a 2015. Mientras que Tabasco y Yucatán concentran un número similar de población, y su aumento poblacional ha sido constante, pero no tan rápido como el de Quintana Roo.

La población total de la región en 2015 era de 12,111,848, y la proyección para el 2030 es de 14,651,631 habitantes. En términos generales, el mayor aumento demográfico será aportado por Quintana Roo, por lo que también la perspectiva de crecimiento económico para esta entidad es la más alta entre los cinco estados. Mientras que Campeche tendrá el menor crecimiento poblacional, y su PIB presentará números rojos, y se acentuará una ampliación en la brecha social, al posicionarse como el estado con rezago social más alto de toda la región sureste.

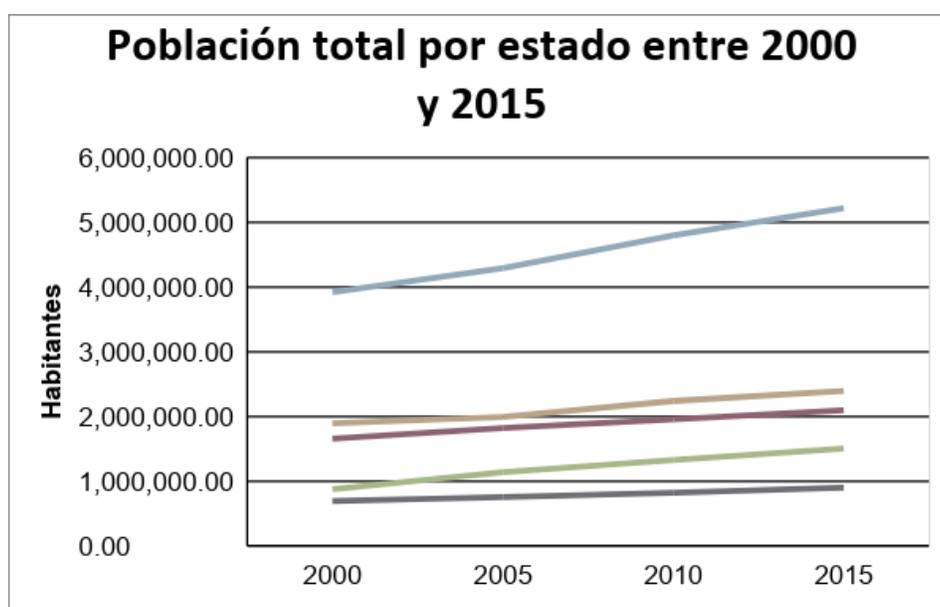


Figura 3. Población total por estado, 2000, 2005, 2010 y 2015.

Fuente: Elaboración propia con base en Resultados de la Encuesta intercensal 2015 (INEGI 2016a).

A estas cifras, debemos considerar las proyecciones que se tienen al 2030 (cuadro 2), ya que de estas depende la procuración de una efectiva planeación de la gestión hídrica de la región. Sobre todo, en lo que se refiere a abastecimiento de agua potable. El cuadro a continuación, nos muestra un crecimiento constante, siguiendo con la tendencia demográfica de los últimos años en la región. Y se puede apreciar muy bien que Quintana Roo será el estado que crecerá más en términos poblacionales, casi al doble con respecto del año 2000.

Cuadro 2. Datos sobre población entre 2000 y 2015 y proyección poblacional al 2030

Entidad federativa	Población total					Cambios en población total		Cambio porcentual	% del territorio nacional
	2000	2005	2010	2015	Proyección al 2030 (CONAPO)	2015-2000	2015 a 2030	2000-2030	
Campeche	690,689	754,730	822,441	899,931	1,098,636	209,242	198,705	59.06	2.63%
Chiapas	3,920,892	4,293,459	4,796,580	5,217,908	6,129,218	1,297,016	911,310	56.32	3.76%
Quintana Roo	874,963	1,135,309	1,325,578	1,501,562	2,232,702	626,599	731,140	155.18	2.56%
Tabasco	1,891,829	1,989,969	2,238,603	2,395,272	2,687,426	503,443	292,154	42.05	1.25%
Yucatán	1,658,210	1,818,948	1,955,577	2,097,175	2,503,132	438,965	405,957	50.95	2.00%
Suma total regional	9,036,583	9,992,415	11,138,779	12,111,848	14,651,113	3,075,265	2,539,265	62.13	12.20%

Fuente: Elaboración propia con base en Datos de Proyecciones poblacionales CONAPO (2017)

La figura 4 ilustra cómo el comportamiento poblacional, se empata con el crecimiento del Producto Interno Bruto en las cinco entidades, podemos observar cómo Campeche ha decrecido en su rentabilidad económica, mientras que los otros cuatro estados muestran un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) constante, sobre todo Quintana Roo y Yucatán. El estado de Tabasco es en el cual podemos observar una mayor proyección económica de su PIB, esto se empata con la permanencia y transformación de algunos sectores productivos, sobre todo el energético, y turístico.

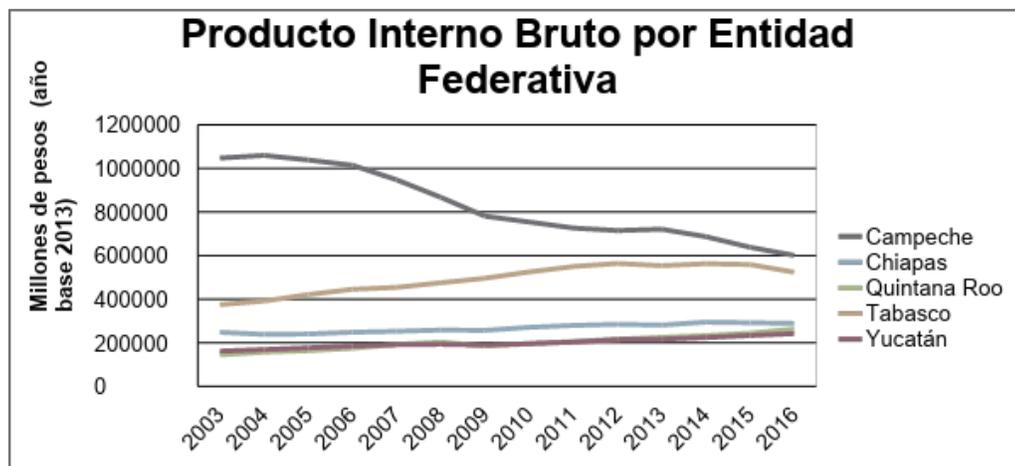


Figura 4. Producto interno bruto por entidad federativa.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2018.

Para ampliar la información, resulta importante encuadrar el crecimiento del PIB, asociado a la influencia de los sectores productivos por cada entidad. Como se observa en la Figura 5, en Campeche observamos el peso del sector secundario (extracción petrolera), y con un mínimo porcentaje de 12% figura el sector terciario. Yucatán y Quintana Roo muestran similitudes en la composición del PIB, ya que las actividades terciarias concentran el mayor porcentaje del PIB, con 69.61% y 86.48% respectivamente. Tabasco, al igual que Campeche concentra el peso de su PIB en las actividades secundarias. El Anexo 1 presenta información detallada sobre la participación porcentual del PIB de cada estado por ramas de la economía.

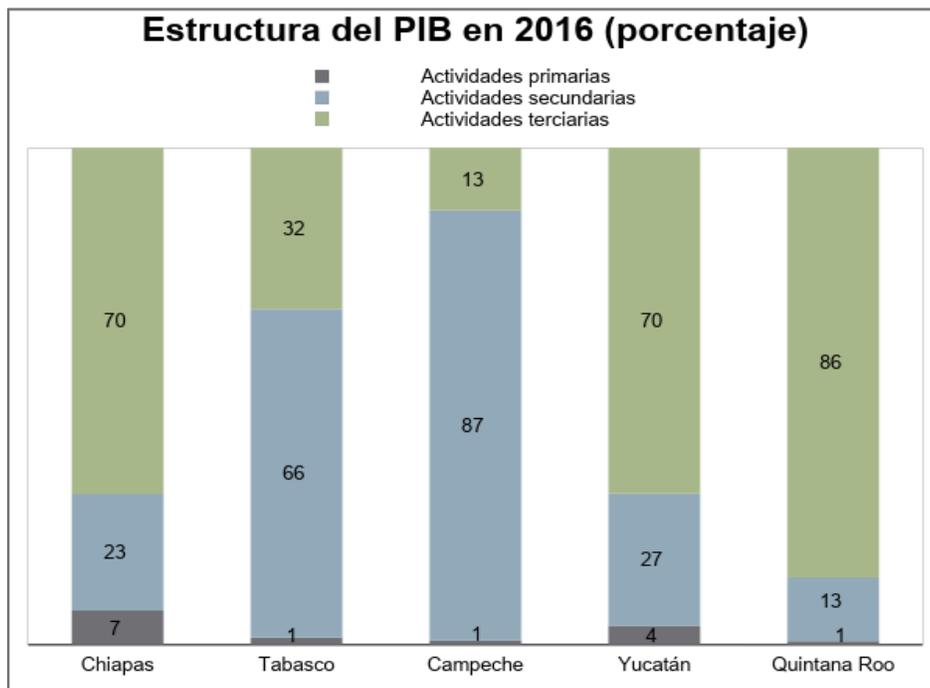


Figura 5. Estructura del PIB por entidad.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2018.

Con base en la información de Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (cuadro 3), Chiapas concentra el mayor grado de rezago social, seguido de Campeche, Yucatán, y Tabasco. Quintana Roo es la entidad con menor grado de rezago social, esto permite explicar, entre otras cosas, porque la población irá en aumento en los escenarios 2030. Además, debemos considerar que Chiapas, Tabasco y Campeche componen la misma RHA XI, con una gran diversidad de recursos hídricos, por lo que hay una paradójica relación entre mayor abundancia de recursos hídricos, pareciera que los grados de pobreza son mayores. Lo vemos en estas entidades, pero es una realidad con múltiples ejemplos en todo el territorio nacional.

Cuadro 3. Grado de Rezago Social (evolución entre 2000 y 2015)

Grado de rezago social (evolución entre 2000 y 2015)				
Entidad	2000	2005	2010	2015
Chiapas	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Tabasco	Medio	Medio	Medio	Medio
Campeche	Alto	Alto	Alto	Alto
Yucatán	Medio	Alto	Alto	Alto
Quintana Roo	Medio	Medio	Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración propia con base en CONEVAL 2016.

Otro criterio relevante que compone la visión general de la región, la vemos en el número de áreas naturales protegidas (ANP) que concentran las entidades del Sureste (cuadro 4). La primera ANP de estos estados es de 1959, y el Parque Nacional Lagunas de Montebello, en Chiapas, le sigue la reserva de la Biósfera de Montes Azules en Chiapas, que data del año 1978. La ANP más reciente es la decretada en 2016 para el Caribe Mexicano, en Quintana Roo. Es importante señalar que el 25% de las ANP decretadas de todo el país, están en las cinco entidades del Sureste.

Cuadro 4. Áreas Naturales Protegidas en la Región Sureste de México (extensión y número).

	Superficie total	Superficie terrestre calculada	Superficie marina calculada	Numero de ANP
Estados de Chiapas, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán.	10,786,540.49	3,679,492.58	7,107,048.57	46
Total Nacional	90,839,521.55	21,380,773.48	69,458,748.07	182
Porcentaje del Nacional	12%	17.21%	10.23%	25 %

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018a).

## 2.2 Diagnóstico de las regiones hidrológico administrativas

A continuación, se presentan los diagnósticos de la RHA XI, Frontera Sur, así como de la RHAXII, Península de Yucatán. Este apartado se trabaja de manera exclusiva con información proporcionada por la CONAGUA principalmente a partir de tres fuentes: Los programas regionales hídricos con visión 2030 publicados en 2012 (CONAGUA 2012a y CONAGUA 2012b) y que contienen datos sobre las condiciones generales de las RHA; la estadística del agua que publica anualmente la CONAGUA (CONAGUA 2017), así como del Sistema Nacional de Información sobre el Agua (CONAGUA 2018).

### 2.2.1 RHA XI Frontera Sur

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

La RHA XI Frontera Sur se encuentra en el sureste de México y abarca los estados de Chiapas y Tabasco y una pequeña porción del estado de Oaxaca. De acuerdo con datos de CONAGUA (2016) ésta tiene una superficie continental de 99, 094 km<sup>2</sup> que equivale al 5.1% del territorio nacional, de los cuáles 76.16% pertenece a Chiapas, 24.77% a Tabasco y 1.07% a Oaxaca. Y contiene 137 municipios (los 118 que conforman Chiapas, 17 que conforman Tabasco y 2 del estado de Oaxaca).

Se trata de una región que comparte cuencas transfronterizas con Guatemala debido a los ríos Suchiate, Coatán, Grijalva y Usumacinta. La RHA XI se subdivide en cuatro regiones hidrológicas y a su vez regiones hidrológicas como se observa en el cuadro 5.

Cuadro 5. Regiones y regiones hidrológicas de la RHA XI Frontera Sur.

Región	% de la RHA	Región
Grijalva-Usumacinta (RH30),	82.26	Alto Grijalva Medio Grijalva Bajo Grijalva-Planicie Bajo Grijalva-Sierra Lacantún-Chixoy Usumacinta
Costa de Chiapas (RH23);	11.66	Costa de Chiapas
Tehuantepec (RH22)	0.02	Costa de Chiapas-Oaxaca (porción muy pequeña)
Coatzacoalcos (RH29),	6.06	Tonalá-Coatzacoalcos

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA 2012a.

De acuerdo con la CONAGUA (2012a) la RHA XI Frontera Sur se caracteriza por ser la región más abundante en recursos hídricos a nivel nacional; está hidrológicamente integrada por 109 cuencas hidrográficas. Las dos corrientes más importantes son los ríos Grijalva y Usumacinta, que aportan en conjunto el 30% del escurrimiento superficial anual total del país. Destacan también el río Suchiate y el río Coatán en la frontera sur con Guatemala. Los principales afluentes del río Grijalva son: ríos Santo Domingo, Suchiapa, Pichucalco, Tacotalpa y Tepatitlán. Por otra parte, los principales afluentes del río Usumacinta son Lacantún, San Pedro, Chacamax y Palizada. Los ríos en la región son caudalosos y largos y con ello se facilita su ordenamiento territorial y además de disponer la mayoría de ellos de abundante escurrimiento superficial, el caudal del río Usumacinta es de aproximadamente 5400 m<sup>3</sup>/s y del Grijalva de 5500 m<sup>3</sup>/s. (CONAGUA 2012a).

De acuerdo con estimaciones de CONAGUA (2016) en 2010 había 7 060 280 personas habitando en la RHA XI; en 2015 la cifra aumentó a 7 662 790 personas. Para el 2030 se espera que haya 8 844 011, lo cual sumará a la región 1 783 731 personas (aproximadamente 25%) más de lo que había en 2010. Esto tiene implicaciones relevantes no sólo para el uso del agua sino para el territorio y los recursos naturales. El aporte de la región al PIB Nacional fue de 4.93% lo cual se presentará de manera más detallada en el apartado sobre la descripción de las condiciones estatales.

La cantidad de agua renovable<sup>4</sup> calculada en 2015 fue de 144 459 hm<sup>3</sup>/ año lo que hace que el agua renovable per cápita para 2015 haya sido de 18 852 m<sup>3</sup>/hab/año, que está muy por arriba de la cantidad total deseable por persona de acuerdo con las Estadísticas del Agua en México (CONAGUA, 2016).

## **DISPONIBILIDAD**

De acuerdo con la CONAGUA (2016) en la RHA XI Frontera Sur se tiene una disponibilidad de aguas superficiales del orden de 135,537 hm<sup>3</sup>, incluyendo 46,770 hm<sup>3</sup> de aguas arriba de Guatemala, con un valor cercano a 33% de la disponibilidad a nivel nacional (Ver Anexo II). Por otro lado, el volumen de los usos consuntivos es de 1,777.71 hm<sup>3</sup>, y 49,334.51 hm<sup>3</sup> para los usos no consuntivos, mientras que las pérdidas por evaporación y cambios de almacenamiento son de aproximadamente 990 hm<sup>3</sup>. De todas las cuencas en México, la correspondiente al río Grijalva es una de las que presenta el mayor potencial hídrico con más de 55,000 hm<sup>3</sup> de disponibilidad de agua superficial.

La brecha en la disponibilidad media anual es amplia entre cada cuenca de la RHA XI. Ya que mientras que en la cuenca del Usumacinta se tiene una disponibilidad media anual del 58,812.0 hm<sup>3</sup>, siendo la mayor, frente a un volumen de extracción de agua de 75.4 hm<sup>3</sup> en la cuenca de Papizaca se cuenta con una disponibilidad de 1.4 hm<sup>3</sup>, representando el menor porcentaje, frente al 4.1 de extracción, y una recarga natural de 84.1 hm<sup>3</sup>. Para la cuenca de Comitán se tiene un volumen anual de escurrimiento natural de 306.3 hm<sup>3</sup>, con un volumen de extracción de 11.8 hm<sup>3</sup>, y una disponibilidad media anual de 298.2 hm<sup>3</sup>. Mientras que para Palizada se cuenta con 957.7 hm<sup>3</sup> de escurrimiento natural, 0.4 hm<sup>3</sup> de extracción, y 20,531.9 hm<sup>3</sup> de disponibilidad media anual.

Como se puede observar, la Cuenca del Usumacinta es la que cuenta con la mayor disponibilidad media anual, y le sigue la Cuenca Grijalva. Cabe destacar que la RHA XI Frontera Sur, cuenta con 23 acuíferos, de los cuales Ocosingo tiene la mayor recarga total media anual, con 4,535 hm<sup>3</sup>. En el cuadro 6, se muestra que, en cuanto a la disponibilidad media anual, sólo el acuífero de Soconusco tiene una disponibilidad negativa con 44.02 hm<sup>3</sup>. Por su parte, los volúmenes de extracción de agua subterránea se componen del volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas, el volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente, del volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA, así como del volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica. Cabe destacar que, para Chiapas y Tabasco, este último criterio se registra en cero para todos los acuíferos.

---

<sup>4</sup> De acuerdo con la CONAGUA (2016) se denomina “agua renovable” a “la cantidad máxima de agua que es factible explotar en un país sin alterar el ecosistema que se renueva por medio de la lluvia”.

El acuífero con el mayor volumen concesionado de aguas subterráneas en Chiapas es el Soconusco con 231.55 hm<sup>3</sup>, mientras que para Tabasco es el acuífero de La Sierra con 40.06 hm<sup>3</sup>, seguido del acuífero de Centla con 32.05 hm<sup>3</sup>.

Cuadro 6. Acuíferos y sus características.

ACUÍFEROS											
RHA	Entidad Federativa	Clave	Acuífero	R	DNC	VEA 8				DMA	
						VCA 8	VEALA	VAPTYR	VAPRH	Positiva	Negativa
XI Frontera Sur	Chiapas	701	Palenque	193	0	5.48	1.98	0.10	0	185.42	0
		702	Reforma	2,968.90	2750.2	29.33	0	0	0	189.36	0
		703	Tuxtla	240.6	0	43.56	0	0.50	0	196.53	0
		704	Ocozocoautla	180	0	4.39	0	0.51	0	175.09	0
		705	Cintalapa	320.4	0	20.20	0	0.33	0	299.86	0
		706	Fraylesca	1,224.50	1116.2	41.10	0	1.09	0	66.09	0
		707	Comitán	422.4	324.1	23.30	7.8	0.52	0	66.58	0
		708	La Trinitaria	157.4	0	7.88	0.051	0.11	0	149.35	0
		709	Acapetahua	860.7	490.2	67.51	29.40	1.20	0	272.37	0
		710	Soconusco	938.1	614.9	231.55	134.56	1.10	0	0	-44.02
		711	Arriaga-Pijijiapan	495.9	393.2	23.22	16.71	1.06	0	61.69	0
		712	San Cristóbal de Las Casas	35.6	0	1.06	0	0.58	0	33.95	0
		713	Marqués de Comillas	186.6	174.7	1.78	2.10	0.40	0	7.61	0
		714	Chicomuselo	701	0	3.14	0	0.27	0	697.58	0
		715	Ocosingo	4,535.90	4146.3	0.014	0.38	0	0	389.20	0
	Tabasco	2701	Huimanguillo	663	98.5	29.09	2.68	0.002	0	532.71	0
		2702	La Chontalpa	1,973.60	339	57.26	0.06	0	0	1,577.27	0
		2703	Samaria-Cunduacán	546.6	127	49.52	0	0.68	0	369.38	0
2704		Centla	954.6	98.4	32.059957	0	3.27	0	820.86	0	
2705		La Sierra	771.9	132.8	40.06	0.41	0.002	0	598.61	0	
2706		Macuspana	1,667.00	107.3	4.29	0.12	0	0	1,555.27	0	
2707		Los Ríos	1,895.00	109.2	12.14	2.57	0	0	1,771.08	0	
	2708	Boca del Cerro	785	390	6.00	1.56	0	0	387.42	0	

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales SEMARNAT, 2018a.

Nota: R: recarga total media anual; DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción de aguas subterráneas; VCAS: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son

las contenidas en los numerales "3" (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y "4" (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

## USO Y SANEAMIENTO

La RHA XI destina la mayor parte del agua en usos consuntivos, sobre todo en el sector agrícola. Tan sólo en 2015 de los 3,940 hm<sup>3</sup> de disponibilidad que registró Chiapas, el 78.2% fue destinado a ese sector, mientras que Tabasco contó con una disponibilidad de 994 hm<sup>3</sup>, de los cuales destinó el 45.3% al uso agrícola. Para abastecimiento público, Tabasco destinó el 37% de su disponibilidad total, y Chiapas el 19.7% (cuadro 7). La mayor parte de su abastecimiento proviene de fuentes superficiales para los dos estados.

Cuadro 7. Uso del agua por usuario.

Entidad	Total (hm <sup>3</sup> /año)	Usos consuntivos en 2015 (Porcentajes)				Tipo de Abastecimiento (Porcentaje)	
		Agrícola	Abastecimiento Público	Industria Abastecida	Energía eléctrica excluyendo electricidad	Superficial	Subterránea
Chiapas	1970	78%	19.7%	2.0%	0.0%	74.4%	25.6%
Tabasco	497	45%	37.0%	17.7%	0.0%	53.7%	46.3%

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2016). Estadísticas del agua en México, México: SEMARNAT.

La figura 6 muestra la distribución del agua por tipo de uso en ambas entidades. Cabe destacar que Chiapas registra un uso no consuntivo de 61,804 hm<sup>3</sup>.

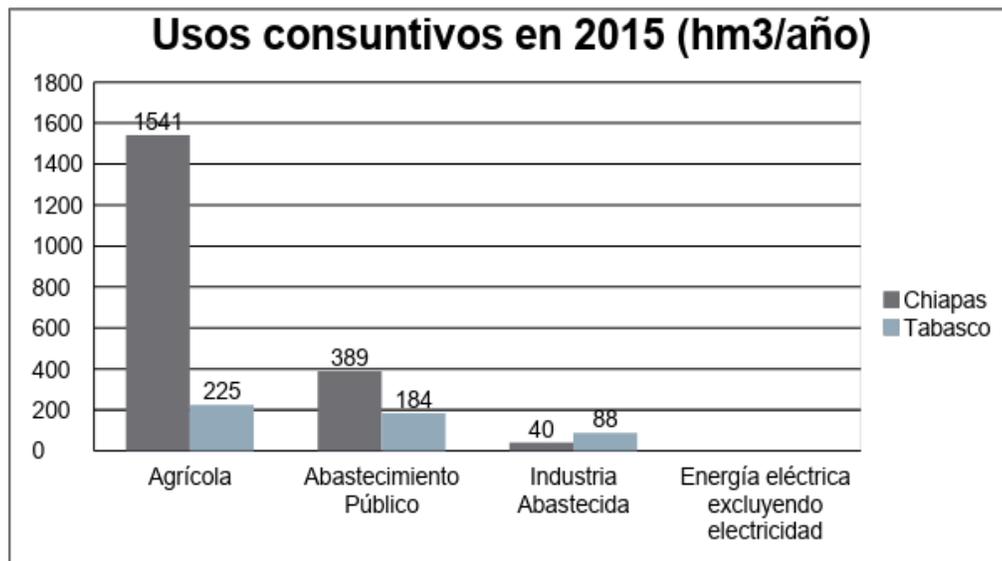


Figura 6. Usos consecutivos en 2015.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA 2016. Estadísticas del agua en México, México: SEMARNAT.

Nota. Chiapas registra un uso no consuntivo de 61,804 hm<sup>3</sup> por el uso del agua para generación de energía eléctrica.

En términos de infraestructura hidráulica de la RH XI, ésta se refleja sobre todo en presas para uso hidroeléctrico y agrícola, en distritos de riego y distritos de temporal tecnificado. En términos de servicios de agua potable en 2010 se calculaba una cobertura de 76% de la población de los cuales 2,220,739 pertenecen a la zona rural (64.93% de cobertura) y 3,144,940 (86.40%) a la zona urbana (INEGI, 2010). Existen cuatro distritos de riego (DR) en la Región: 046 Cacahoatán-Suchiate, Chis.; 059 Río Blanco, Chis.; 101 Cuxtepeques, Chis., y 107 San Gregorio, Chis. El sector que requiere más agua en la región es el Agropecuario, le sigue el doméstico, y en tercer lugar es el Industrial.

En lo que respecta a servicios de saneamiento la región tiene una cobertura de 84.4% sin embargo, esto tiene matices muy distintos entre la población rural (72.83% de cobertura) y la población urbana (95.27% de cobertura) (INEGI, 2010).

Se cuenta con 97 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) operando de un total de 645 PTAR a nivel nacional (CONAGUA, 2010), de las cuales 21 están en el estado de Chiapas y 76 en el estado de Tabasco. Y 48 plantas potabilizadoras, de las cuales 5 pertenecen al estado de Chiapas y 43 al estado de Tabasco. La capacidad total instalada es de 16.517 m<sup>3</sup>/s, que potabilizan un gasto de 11.180 m<sup>3</sup>/s.

## **INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y USOS DEL AGUA**

Con base en el Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad Hídrica Visión 2030 para Chiapas y Tabasco (CONAGUA 2012a). Vemos como en la RHA XI Frontera Sur la infraestructura hidráulica es escasa en comparación con otras regiones del país. La poca infraestructura se traduce sobre todo en presas para uso hidroeléctrico y agrícola, en distritos de riego y distritos de temporal tecnificado. De las 41 presas existentes en la Región, siete se utilizan para la generación de energía eléctrica, con una capacidad instalada de 4,828 MW, lo que genera en promedio anual 19,470 GWH.

Los servicios de agua potable, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI en el año 2010, se ven reflejados de la siguiente manera: la Región cuenta con 5,365,679 habitantes con dicho servicio, es decir, 76% de cobertura, de los cuales 2,220,739 pertenecen a la zona rural (64.93%) y 3,144,940 (86.40%) a la zona urbana. En lo que respecta al servicio de alcantarillado, la Región cuenta con 5,958,879 habitantes con el servicio; es decir que se tiene una cobertura de 84.4%: 2,491,109 habitantes en zona rural (72.83% de cobertura) y 3,467,770 de zona urbana (95.27% de cobertura) (INEGI 2011).

Retomando las Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego para el año agrícola 2013-2014 (CONAGUA 2015), tenemos que existen cuatro distritos de riego (DR) en la Región: 046 Cacahoatán-Suchiate, Chis.; 059 Río Blanco, Chis.; 101 Cuxtepeques, Chis., y 107 San Gregorio, Chis. El DR 059 Río Blanco es el DR más grande, con un área total de 21,965 ha. La superficie total regable es de 31,756.00 ha, que cuentan con una longitud total de canales de 602.26 km y con 4,483 estructuras (presas, pozos, vertedores, compuertas, presas, entre otros). De estas mismas estadísticas, se desprende que existen 11 Distritos de Temporal Tecnificado (DTT), seis en el estado de Chiapas y cinco en el estado de Tabasco, cuya superficie total es de 853,300 ha, siendo el DTT Balancán-Tenosique el más grande, con 115,300 ha). Respecto a las unidades de riego en la Región, cuenta con 902, de las cuales 529 son organizadas y 373 sin organizar. La superficie regable suma un total de 70,949 ha.

Las Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego para el año agrícola 2013-2014, también documentan que las unidades organizadas cuentan con 370 fuentes de abastecimiento, de las cuales 124 son obras de derivación, 117 son plantas de bombeo, 93 son pozos profundos, 28 son manantiales, siete son de tipo mixto y una de almacenamiento. Las unidades sin organizar cuentan con 342 fuentes de abastecimiento, de las cuales 210 son pozos profundos, 81 son plantas de bombeo, 30 son obras de derivación y 21 son manantiales. En la Región se utilizan 1,777.708 hm<sup>3</sup> para los diferentes usos consuntivos, de los cuales 1,187.589 hm<sup>3</sup> son de origen superficial y 590.118 hm<sup>3</sup> subterráneos. El sector que demanda más agua es el agropecuario. Se tiene un volumen de 49,334.513 hm<sup>3</sup> para usos no consuntivos (generación de energía). (CONAGUA 2015a)

## POBLACIÓN EN ÁREAS URBANAS

Con base en la Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental 2017 (ENCIG), la existencia de los servicios públicos asociados al agua, tanto de abastecimiento, saneamiento, potabilización, y reutilización, siempre condicionan la calidad de vida de la población, y más aún determinan el grado, pero sobre todo la calidad de urbanización de una región, ya que el agua por sí misma procura ser un detonante de desarrollo. Sin embargo, no siempre funciona así, cuando la eficiencia del servicio deja muchos huecos. A nivel nacional el 60.5% de la población mayor de 18 años cuenta con suministro constante, pero la potabilidad sólo es del 23.7%. Y sólo el 53.8% está satisfecha con el servicio de agua potable. En Chiapas únicamente el 28.1% cuenta con suministro constante, y el 27% está satisfecho con el servicio del agua potable. En Tabasco, el 47% tiene suministro constante, y sólo el 27.8% está satisfecho con su servicio ( cuadro 8).

Cuadro 8. Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de agua potable y satisfacción con el mismo (2017).

<b>Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de agua potable y satisfacción con el mismo (Porcentaje) (2017)</b>				
<b>Entidad federativa</b>	<b>Suministro constante</b>	<b>Pureza y claridad</b>	<b>Potabilidad</b>	<b>Satisfacción con el servicio de agua potable</b>
<b>Estados Unidos Mexicanos</b>	<b>60.5</b>	<b>61.1</b>	<b>23.7</b>	<b>53.8</b>
Chiapas	28.1	38.7	9.9	27.8
Tabasco	47.0	12.0	2.3	23.9

Fuente: INEGI 2017a, Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental (ENCIG). Tabulados básicos.

## PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

A reserva de que en el capítulo 3 de este estudio de abunda más en la problemática relacionada con las ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, con base en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED 2017), específicamente para las entidades que componen la región, y del análisis realizado, se desprende que ésta se ve afectada, en toda su extensión, por fenómenos hidrometeorológicos extremos, entre los que se destacan sistemas de alta y baja presión, frentes fríos y cálidos, vientos conocidos como nortes, ondas tropicales y masas de aire polar, entre otros, que sumados a los accidentes orográficos existentes ocasionan lluvias y repercuten de manera directa en el clima. Como se verá en el capítulo 3, los desastres que más afectan a la Región son las inundaciones, propiciadas por ciclones y frentes fríos que en las áreas de escasa pendiente dificultan su drenaje, ocasionando daños materiales y humanos, mientras que en áreas con pendiente escarpada de respuesta rápida propician inundaciones de rápida aparición. La incidencia de las inundaciones acarrea en gran cantidad azolves que se deslizan y depositan en las partes más bajas, por lo que las obras de protección se ven afectadas en cada ciclo de lluvia.

Por lo que respecta a las condiciones de vida de la población, la RHA XI Frontera Sur se encuentra dentro de las regiones con mayor rezago social, debido a que el estado de Chiapas, es la entidad federativa del país con el mayor rezago, y el estado de Tabasco tiene un grado de rezago social medio y ocupa el lugar 14 a nivel nacional. Además, se identifica insuficiencia de servicios de agua potable y alcantarillado, así como contaminación de las corrientes superficiales ocasionada, sobre todo, por las descargas de los distintos núcleos de población, así como por las aguas vertidas por agroindustrias como los ingenios y las fincas cafetaleras y por la industria petrolera.

La problemática en lo que respecta a las cuencas y acuíferos en equilibrio responde a diferentes causas que fundamentalmente se asocian a la forma en que los diversos recursos naturales, como son el agua, la tierra y los bosques, son explotados y usados por los habitantes en las diferentes cuencas, incluyéndose en ésta la infraestructura con que se cuenta para dicha explotación y uso.

Así, la mayor parte de la actividad agrícola en la Región se desarrolla con sistemas tradicionales, poco tecnificados y con bajos rendimientos; utiliza fundamentalmente la humedad de temporal, con un uso incipiente del agua para riego, por lo que la tierra sólo se aprovecha durante el verano-otoño con el riesgo que implica depender de los tiempos inciertos de los periodos de lluvias.

Como se revisó, en la RHA XI existen cuatro distritos de riego, los cuales presentan una eficiencia total de 78%, esto debido a que aún se presenta el riego por canales los cuales presentan importantes pérdidas debido a la infiltración y a la evaporación. En las Unidades de Riego presenta en promedio 74% de eficiencia. Aunque se han rehabilitado o modernizado mediante los programas de la CONAGUA, aún hay Unidades de Riego que es necesario modernizar.

De igual forma, en los sectores público-urbano e industrial se tienen pérdidas importantes debido a la presencia de fugas tanto en la red primaria como en la secundaria. Además, el inadecuado uso y manejo de los recursos naturales (agua, tierra y bosque) ha ocasionado verdaderos estragos en los ecosistemas, provocando cambios ambientales drásticos que se manifiestan en la pérdida parcial o total de biodiversidad y la desaparición de especies.

En el caso particular de los bosques, se han generado amplias zonas deforestadas, teniendo entre algunas de sus causas principales:

- Explotación forestal immoderada.
- Descontrol del sistema tradicional de roza-tumba-quema (r-t-q).
- Expansión de la ganadería extensiva.
- Siniestros por incendio.

Esta deforestación da paso a la degradación de suelos por erosión hídrica, pérdida de fertilidad y azolvamiento de cauces y cuerpos de agua.

Un elemento más significativo es la baja percepción de la responsabilidad que tienen los habitantes en materia ambiental. Si no se logra crear conciencia, difícilmente se tendrá una comunidad participativa y las propuestas para dar solución a la problemática actual en las cuencas y acuíferos serán insuficientes.

Otro elemento a considerar en la problemática es la ausencia de una adecuada coordinación institucional, que refleja la falta de continuidad de los programas y acciones, así como una incipiente consolidación de los Consejos, Comisión y Comités de Cuenca de la Región.

Aunque en la Región se tiene disponibilidad suficiente para cubrir las necesidades de los diferentes sectores, hay infraestructura insuficiente para cubrir la demanda en la Región, ya que solamente se cuenta con una oferta sustentable por capacidad instalada de 1,380 hm<sup>3</sup>, de los cuales 800 hm<sup>3</sup> corresponden a aprovechamientos superficiales y 580 hm<sup>3</sup> a aprovechamientos subterráneos. Por tanto, en la Región se tiene un déficit para satisfacer a 100% la demanda de 90 hm<sup>3</sup>.

En el caso de no realizar acciones que permitan incrementar la capacidad instalada y mejorar la eficiencia en los diferentes sectores para el año 2030, de acuerdo con un análisis técnico prospectivo, el déficit podría incrementarse a 548 hm<sup>3</sup>.

En la RHA XI el grado de presión sobre los recursos hídricos aún no es tan visible, ya que cuenta con una de las regiones más abundantes en agua dulce del Mundo. Sin embargo, en un escenario 2030, el panorama para los dos estados, sobre todo para Chiapas no es nada alentador, debido al gran sistema de presas con el que cuenta (Ver figura 7). El grado de presión se ha mantenido constante, aunque los datos no reflejan una presión importante, estableciendo en 2015, un 1,73% como el mayor del período que va de 2003 a 2016.

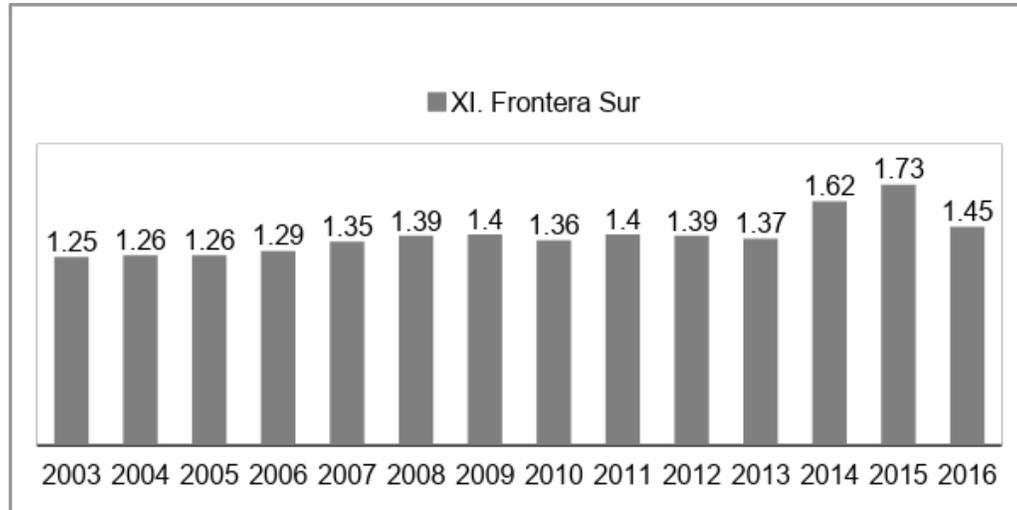


Figura 7. Grado de presión sobre los recursos hídricos.

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT 2018a.

Por otra parte, con base en los datos de los sitios de monitoreo de la región, según el indicador Demanda Química de Oxígeno (DQO<sup>5</sup>) y Sólidos Suspendidos Totales (SST<sup>6</sup>) la calidad del agua se encuentra en una categoría de buena calidad, pero es posible ver la diferencia de porcentaje del agua excelente en 2003, y la disminución de su calidad en 2016 ( Ver figuras 8 y 9).

<sup>5</sup> NOTA. DQO: Demanda Química de Oxígeno. Indicador que se utiliza para determinar la cantidad total de materia orgánica, proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales tanto de origen municipal como no municipal, presente en los cuerpos de agua, y que incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto al aumentar la concentración de materia, provocando una pérdida en la calidad del agua. Los valores de DQO se expresan en mg/l; de acuerdo con este indicador, los niveles de calidad del agua son los siguientes: Excelente, si DQO =10; Buena, si 10 < DQO =20; Aceptable, si 20 < DQO =40; Contaminada, si 40 < DQO =200 ; Fuertemente contaminada, si DQO > 200

<sup>6</sup> NOTA. SST: Sólidos Suspendidos Totales. Indicador que se utiliza para determinar la cantidad de sólidos suspendidos totales en cuerpos de agua superficial, provenientes de las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Los valores de SST se expresan en mg/l; de acuerdo con este indicador, los niveles de calidad del agua son los siguientes: Excelente, si SST =25; Buena, si 25 < SST =75; Aceptable, si 75 < SST =150; Contaminada, si 150 < SST =400; Fuertemente contaminada, SST > 40.

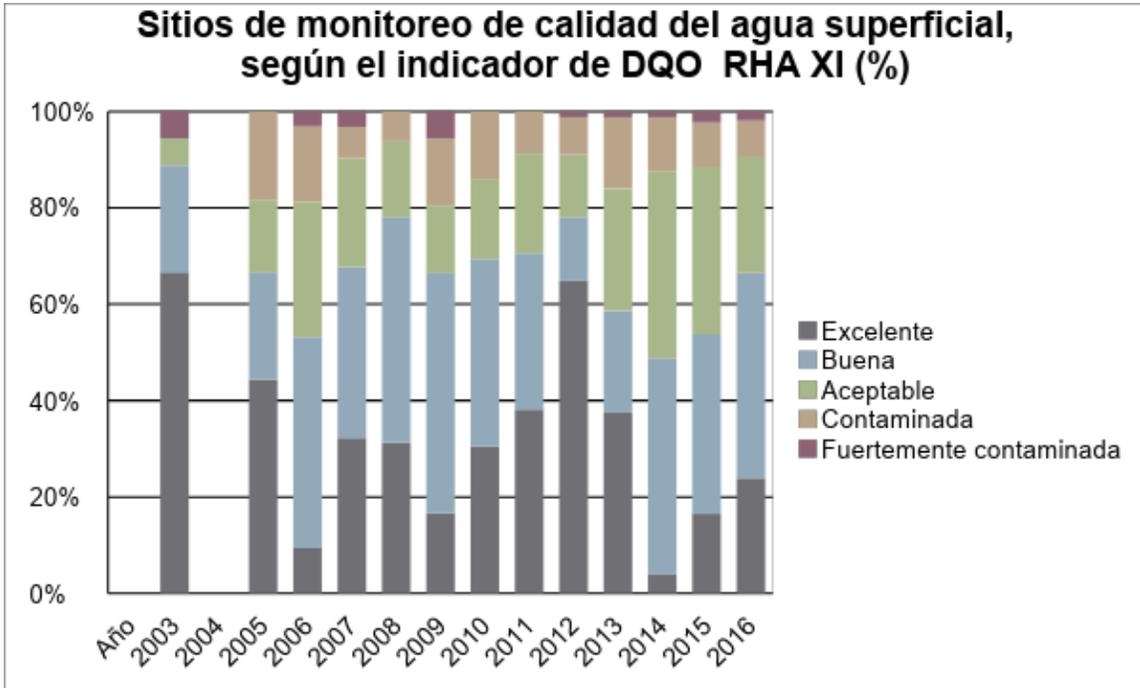


Figura 8. Porcentaje correspondiente a los sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de DQO RHA XI en cada categoría.

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT 2018a

Cabe destacar que con base en el indicador SST, se nota la permanencia de una buena o excelente calidad del agua, en el periodo que va del 2003 al 2016, únicamente el año 2013 registra un porcentaje de agua fuertemente contaminada.

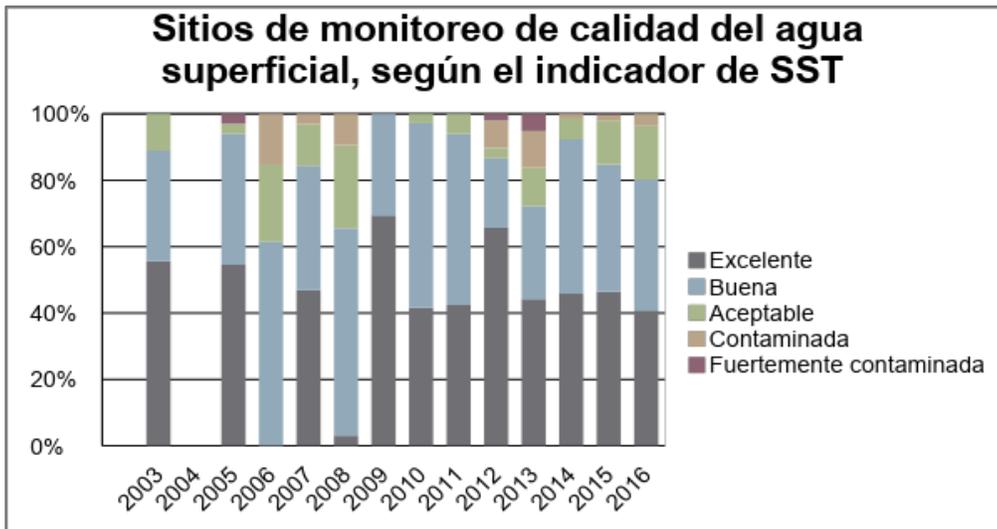


Figura 9. Porcentaje correspondiente a los sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de SST para cada categoría.

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT 2018a

## LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Por su importancia en la generación de valor destaca el Sector Terciario, en donde cada m<sup>3</sup> de agua generó 3,848 pesos. Le siguen en importancia, el Sector Secundario con 1,227.28 \$/m<sup>3</sup>, luego el Sector Primario con 11.21 \$/m<sup>3</sup> y, finalmente, el Subsector Generación de Energía Eléctrica con 0.33 \$/m<sup>3</sup>. En cuanto a los volúmenes utilizados, el orden se invierte. La productividad anual del metro cúbico de agua empleado en la agricultura de distritos de riego de la RHA de 2006 a 2009 fue de 2.70, 3.25, 3.02 y 4.05 pesos (precios corrientes), respectivamente. Los ingresos mejoraron de 2008 a 2009 debido al incremento en el precio y en la producción de maíz en grano y plátano. Los volúmenes de agua distribuidos en la Región se aprovechan principalmente de aguas por derivación con 77%, gravedad de presas con 21% y bombeo de pozos con 2%. El volumen total distribuido en 2009 fue de 353.8 millones de metros cúbicos.

En términos de infraestructura hidráulica de la RH XI, ésta se refleja sobre todo en presas para uso hidroeléctrico y agrícola, en distritos de riego y distritos de temporal tecnificado. En términos de servicios de agua potable en 2010 se calculaba una cobertura de 76% de la población de los cuales 2,220,739 pertenecen a la zona rural (64.93% de cobertura) y 3,144,940 (86.40%) a la zona urbana (INEGI, 2010).

### 2.2.2 RHA XII Península de Yucatán

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

De acuerdo al Programa Hídrico Regional Visión 2030 (CONAGUA 2012b), de la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (RHA XII) se caracteriza por la suficiencia en disponibilidad de agua. La RHA XII comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche. Administrativamente está integrada por 128 municipios (Considerando Bacalar creado en 2011, y el municipio de Puerto Morelos del Estado de Quintana Roo creado en 2015), de los cuales 11 pertenecen al estado de Campeche, 11 a Quintana Roo y 106 a Yucatán; y para efectos de planeación, estos municipios que conforman la RHA XII han sido agrupados en 10 Unidades de Planeación (UP), 4 en el estado de Campeche, 3 en Quintana Roo y 3 en Yucatán (CONAGUA, 2015: 23). La RHA XII está hidrológicamente conformada por las regiones hidrológicas 31, 32 y 33, en las cuales los parteaguas de sus microcuencas quedan incluidos en los límites políticos de los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche; en la Región hidrológica 33 queda incluida la porción mexicana del río Hondo, cuya cuenca se extiende por la margen izquierda a la subcuenta del arroyo Ucum o río Escondido, donde se ubican las lagunas Chacán-Batán; también queda incluida en la RHA XII una parte de la Región hidrológica 30 (Grijalva-Usumacinta, Cuenca Laguna de Términos) y el municipio de Palizada, Campeche.

En la RHA XII PY las aguas subterráneas son la principal fuente de abastecimiento de agua dulce y parte fundamental, junto con la precipitación, en la práctica de la agricultura. Esta fuente de abastecimiento sustenta el desarrollo de los principales sectores usuarios como lo es el público-urbano, múltiples, de servicios y el industrial, entre otros con base en la clasificación Registro Público de Derechos del Agua (REPDA).

La precipitación anual varía desde los 458 mm, en la costa norte de Yucatán, hasta los 1,615 mm en la cuenca del río Chumpán, en el sur de Campeche. La precipitación media anual es de 1,218 mm, superior

a la media nacional de 760 mm. Para los cuatro acuíferos de la Región: Cerros y valles, Isla de Cozumel, Xpujil y Península de Yucatán, la recarga media anual es de 25,316 hm<sup>3</sup> por año.

## DISPONIBILIDAD Y CARACTERIZACIÓN

La Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (RHA XII) se localiza en la porción sureste de la República Mexicana; colinda al norte y al poniente con el Golfo de México, al sur con la República de Guatemala, al oriente con el Mar Caribe, al suroeste con el estado de Tabasco y al sureste con Belice, país con el que comparte la cuenca del río Hondo. Cuenta con una extensión territorial total de 139,897 km<sup>2</sup> que representa 7% de la superficie terrestre de la República Mexicana.

El territorio de la Región se describe como una superficie plana y de baja altitud; sus principales rasgos fisiográficos son la Sierrita de Ticul y el Cerro Champerico. La primera tiene una extensión de 110 km y elevación hasta de 300 msnm, y separa la topografía de la Región en dos; al sur existe una serie de lomeríos con pequeños valles hasta de 150 msnm. En el extremo sureste del estado de Campeche, cercano a la frontera con Guatemala, se encuentra el Cerro Champerico, perteneciente a la Meseta de Zoh-Laguna, que con sus 390 msnm es la mayor elevación de dicho estado. Hacia el norte de la Región se observa una extensa planicie con pendiente mínima que va desde la elevación de 50 metros hasta el nivel medio del mar.

Con respecto a la demanda de agua superficial para distintos usos, destacan las extracciones para usos agrícolas concesionadas en la margen izquierda del río Candelaria y los aprovechamientos mínimos del río Hondo para uso agrícola y municipal. El sector más productivo de la región es el terciario, principalmente los servicios asociados con el turismo y la construcción (cuadro 9). Cabe destacar que 57.3% de los volúmenes de agua que se extraen en la región se utilizan para el suministro de agua potable y la agricultura de riego.

**Cuadro 9. Productividad del agua por sectores en la RHA XII.**

Productividad Regional del Agua por Sector			
Sector de la producción	PIB (millones de pesos, precios 2003)	Volumen de agua utilizada (hm <sup>3</sup> )	Productividad del agua utilizada (\$/m <sup>3</sup> )
Primario	7 893.6	1 443.3	5.46
Secundario	308 594.6	51.8	5957.4
Terciario	247 467.3	508.0	487.1
<b>Total Regional</b>	<b>563 955.5</b>	<b>2003.1</b>	<b>281.5</b>

Fuente: CONAGUA 2012b.

La RHA XII, cuenta con 17 cuencas, de las cuales la de mayor disponibilidad media anual es Bajo Río Candelaria con 1,846.4 hm<sup>3</sup>, seguida del alto río candelaria con 1, 632.8 hm<sup>3</sup>. La totalidad de la Región cuenta con 5,941.0 hm<sup>3</sup> de disponibilidad media anual (ver Anexo II).

Para el caso de los acuíferos, entre las tres entidades que conformas la región cuentan con cuatro acuíferos, todos tienen volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas. Isla de Cozumel en Quintana Roo es el acuífero con mayor volumen concesionado, 17.057 055 hm<sup>3</sup> (Ver cuadro 10).

Cuadro 10. Acuíferos de la RHA XII.

ACUÍFEROS											
RHA	Entidad Federativa	Clave	Acuífero	R	DNC	VEA 8				DMA	
						VCA 8	VEALA	VAPTYR	VAPRH	Positiva	Negativa
XII Península de Yucatán	Campeche	405	Xpujil	2,099.40	1784.1	3.614056	0	0.000803	0	311.685141	0
	Quintana Roo	2301	Cerros y Valles	1,194.20	854.9	7.270822	30.3233	0.000365	0	301.705491	0
		2305	Isla de Cozumel	208.7	160.4	17.057055	0.009	0	0	31.233945	0
	Yucatán	3105	Península de Yucatán	21,813.40	14542.2	4,040.82	26.7855	360.880164	0	2,842.72	0

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales SEMARNAT, 2018a

NOTA R: recarga total media anual; DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen de extracción de aguas subterráneas; VCAS: volumen concesionado/asignado de aguas subterráneas; VEALA: volumen de extracción de agua en las zonas de suspensión provisional de libre alumbramiento y los inscritos en el Registro Nacional Permanente; VAPTYR: volumen de extracción de agua pendiente de titulación y/o registro en el REPDA; VAPRH: volumen de agua correspondiente a reservas, reglamentos y programación hídrica; DMA: disponibilidad media anual de agua del subsuelo. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales "3" (fracciones 3.10, 3.12, 3.18 y 3.25), y "4" (fracción 4.3), de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

## USO Y SANEAMIENTO

Los estados de Campeche y Yucatán son los que más destinan agua en usos consuntivos, específicamente para el uso agrícola, con un 86% y 84% respectivamente, mientras que Quintana Roo únicamente destina el 27% de agua para este uso, ya que gasta la mayor parte de agua en el uso de industria abastecida con el 51.8%. También se observa en el cuadro 11 que, en abastecimiento público, Campeche destina el 12%, Quintana Roo el 20.9%, y Yucatán el 12.9%. Y un mínimo porcentaje los estados de Campeche y Yucatán usan en energía eléctrica, con el 0.3% y 0.5% respectivamente. En cuanto al tipo de abastecimiento, la mayor parte proviene de fuentes subterráneas, donde Quintana Roo y Yucatán se abastecen al 100% de este tipo de fuentes, mientras que Campeche se abastece el 10.8% de fuentes superficiales, y el 89.1% de subterráneas.

Cuadro 11. Porcentaje de uso por usuario.

Entidad	Total (hm <sup>3</sup> /año)	Usos consuntivos en 2015 (Porcentajes)				Tipo de Abastecimiento (Porcentaje)	
		Agrícola	Abastecimiento Público	Industria Abastecida	Energía eléctrica excluyendo electricidad	Superficial	Subterránea
Campeche	1202	86%	12.0%	2.0%	0.3%	10.8%	89.1%
Quintana Roo	1014	27%	20.9%	51.8%	0.0%	0.0%	100.0%
Yucatán	1983	84%	12.9%	2.3%	0.5%	0.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2016.

En la figura 10, podemos observar gráficamente la priorización de los usos consuntivos del agua en las tres entidades. Vemos la prevalencia del uso agrícola en el estado de Yucatán, y en un menor porcentaje en Campeche.

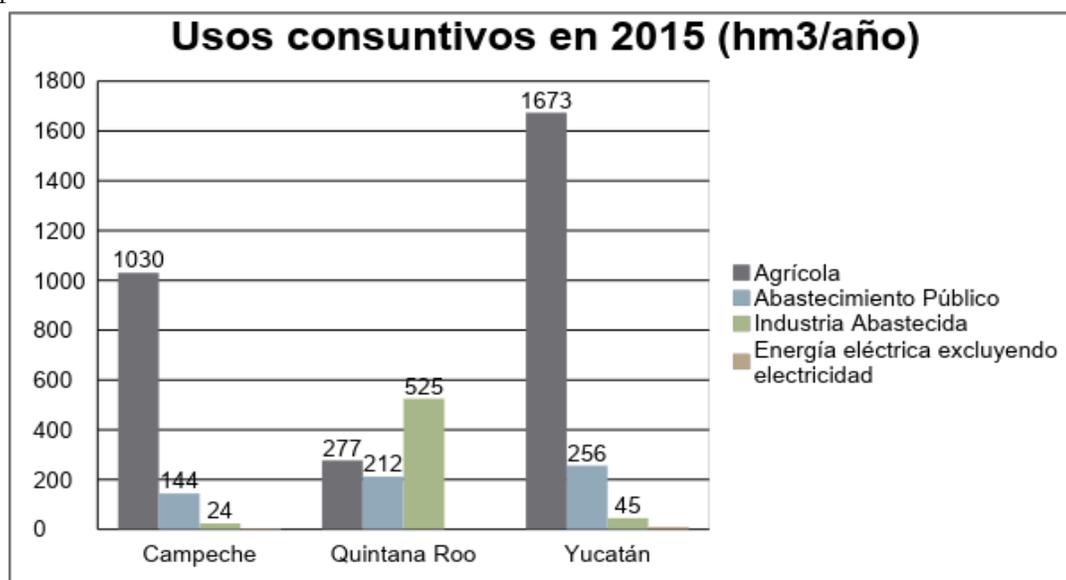


Figura 10. Usos consuntivos en 2015.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2016

## POBLACIÓN EN ÁREAS URBANAS EN LA RHA XII

La población urbana en la RHA XII se caracteriza por tener un suministro constante, en comparación con los estados de la RHA XI. Campeche cuenta con el 61.2% de suministro, Yucatán 76.1%, y Quintana Roo 67.5%. En el cuadro 12 podemos observar de manera general, que la población de Yucatán es la más satisfecha con el servicio de agua potable, con el 71.3%. Esto puede deberse a la prioridad que Yucatán da al abastecimiento público de agua potable (INEGI, 2017a).

Cuadro 12. Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de agua potable y satisfacción con el mismo (2017).

Entidad federativa	Suministro constante	Pureza y claridad	Potabilidad	Satisfacción con el servicio de agua potable
<b>Estados Unidos Mexicanos</b>	<b>60.5</b>	<b>61.1</b>	<b>23.7</b>	<b>53.8</b>
Campeche	61.2	61.2	12.3	61.6
Yucatán	76.1	81.5	26.1	71.3
Quintana Roo	67.5	60.2	7.4	47.4

Fuente: INEGI (2017a). Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental 2017 (ENCIG). Tabulados básicos

Con base en la misma Encuesta Nacional de Impacto Gubernamental 2017 realizada por el INEGI (2017a), se observa que en lo referente el servicio de drenaje y alcantarillado los números son más

alarmantes. Quintana Roo es la entidad que cuenta con una mayor cobertura de conexión y descarga, con el 72.8%. Mientras que Yucatán únicamente tiene el 24.6%, y Campeche el 28%. En cuestión de mantenimiento, éste no es constante en ninguna de las tres entidades, que se encuentran por debajo del 36.2% de mantenimiento. Así, la población no se muestra satisfecha con el servicio de drenaje y alcantarillado, lo que a su vez es una fuente de presión por contaminación de agua subterránea que se sobrepone a los efectos del cambio climático. En Campeche sólo el 29.1% está satisfecha, en Yucatán el 43.4%, y en Quintana Roo el 28.9% (cuadro 13).

**Cuadro 13. Población de 18 años y más que habita en áreas urbanas de cien mil habitantes y más por entidad federativa, según características del servicio de drenaje y alcantarillado, y satisfacción con el mismo (2017).**

Entidad federativa	Conexión y descarga adecuados	Mantenimiento frecuente	Sin fugas de aguas negras	Satisfacción con el servicio de drenaje y alcantarillado
<b>Estados Unidos Mexicanos</b>	<b>86.3</b>	<b>28.5</b>	<b>71.6</b>	<b>43.7</b>
Campeche	28.0	28.8	52.1	29.1
Yucatán	24.6	36.2	78.5	43.4
Quintana Roo	72.8	17.7	71.0	28.9

Fuente: INEGI. 2017a, Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental 2017 (ENCIG).

## PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

De acuerdo con el diagnóstico realizado por la CONAGUA en 2012, la problemática hídrica que enfrenta la Región Hidrológico- Administrativa XII Península de Yucatán se relaciona con aspectos de demanda de agua debido al crecimiento de la población hacia el año 2030, lo cual puede llevar a que se rebase la oferta disponible con la infraestructura actual. Lo anterior, sumado a la deficiencia en la gestión del recurso llevaría a que la disponibilidad y calidad a futuro en las cuencas y acuíferos vaya a estar limitando el desarrollo de la región y se registre una situación de escasez de agua. Se estima que la demanda podría ascender a 2,170 hm<sup>3</sup> para el año 2030, lo que traerá consigo una brecha hídrica del orden de los 780 hm<sup>3</sup>.

De acuerdo con el Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (CONAGUA, 2012b), destacan algunos aspectos en cuanto la cobertura de agua potable, alcantarillado y tratamiento, los cuales pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Baja cobertura de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales.
- Hay pocas fosas sépticas, se tienen pozos de absorción o también llamados “sumideros”. En las ciudades grandes como Mérida, Campeche o Cancún se cuenta con empresas que realizan la limpieza de las fosas sépticas, sin embargo, no existen plantas de tratamiento suficientes donde viertan los desechos, provocando descargas clandestinas.

- La falta de seguridad por no respetar las zonas federales ni el ordenamiento territorial y ecológico hacen que ante la presencia de ciclones y huracanes es un riesgo que pone en peligro la seguridad de una población.
- En la región, el agua concesionada para los diversos usos se incrementó en más del triple, de 917.7 hm<sup>3</sup> en 1995 a 2,770 hm<sup>3</sup> en 2010, lo que significó un aumento promedio anual de 7%. Del volumen anterior tan sólo 2.6% corresponde a aguas superficiales y el restante 97.4% a aguas subterráneas.
- Dadas las proyecciones de crecimiento poblacional, para el año 2030 la brecha de tratamiento de las aguas municipales se estima será de 354 hm<sup>3</sup>, 50% mayor al actual (CONAGUA 2012b).

Finalmente hay que recalcar que hay problemas que se han agravado con el tiempo y que pueden afectar tanto la disponibilidad como la demanda del agua, por una parte, los problema de contaminación ligados a las actividades agropecuarias (por ejemplo, granjas porcícolas, uso de plaguicidas), así como actividades industriales y turísticas (Batllori, 2017). Otros problemas emergentes o que no fueron considerados en 2012 tienen que ver con las interrelaciones entre aguas las condiciones hídricas de la región y la dinámica costera y marina como la llegada masiva de sargazo que ha sido un problema persistente en la región desde 2015, principalmente en la costa de Quintana Roo, lo cual ha generado problemas económicos y ambientales y aún requiere de investigación para saber más sobre sus vínculos con el cambio climático y la contaminación así como sus impactos en el largo plazo (Alba, 2018).

## **GRADO DE PRESIÓN SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

Como se ha anotado, con base en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018, el grado de presión sobre los recursos hídricos forma parte del Indicador Global de Sustentabilidad Hídrica, que tiene como objetivo fortalecer la gestión integrada y sustentada del agua. Éste considera el grado de presión sobre el agua superficial por uso agrícola (%), el grado de presión sobre el agua superficial por uso en abastecimiento público-urbano (%), el grado de presión sobre el agua superficial por los usos en la industria autoabastecida y termoeléctricas (%), el grado de presión sobre el agua subterránea por uso agrícola (%), el grado de presión sobre el agua subterránea por uso en abastecimiento público-urbano (%), y el grado de presión sobre el agua subterránea por los usos en la industria autoabastecida y termoeléctricas (%). En este sentido, la figura 11 muestra una mayor presión en la región de la península de Yucatán con respecto a la de la frontera sur, mostrando un aumento constante en la presión de los recursos hídricos, alcanzando un aumento de más del 300% en 2016 respecto al 2003, ya que en este año se reportaba una presión del 5.69%, y en 2016 se tiene el 15.17% de presión.

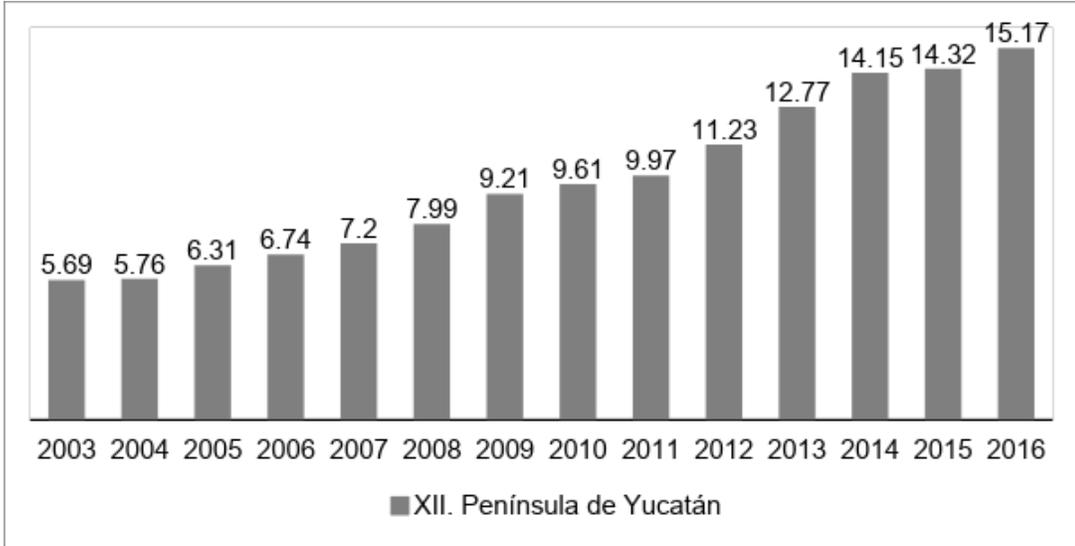


Figura 11. Porcentaje que representa el volumen concesionado de agua para usos consuntivos (usos que disminuyen el volumen de agua disponible), respecto del agua renovable total (también identificada como disponibilidad natural base media del agua).

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT 2018a

Así, considerando los datos de los sitios de monitoreo de la región, según el indicador Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos suspendidos Totales (SST) la calidad del agua se encuentra en una categoría de buena calidad, pero es posible ver la diferencia de porcentaje del agua excelente entre 2004 y 2010, y la disminución a partir de 2014 (figura 12).

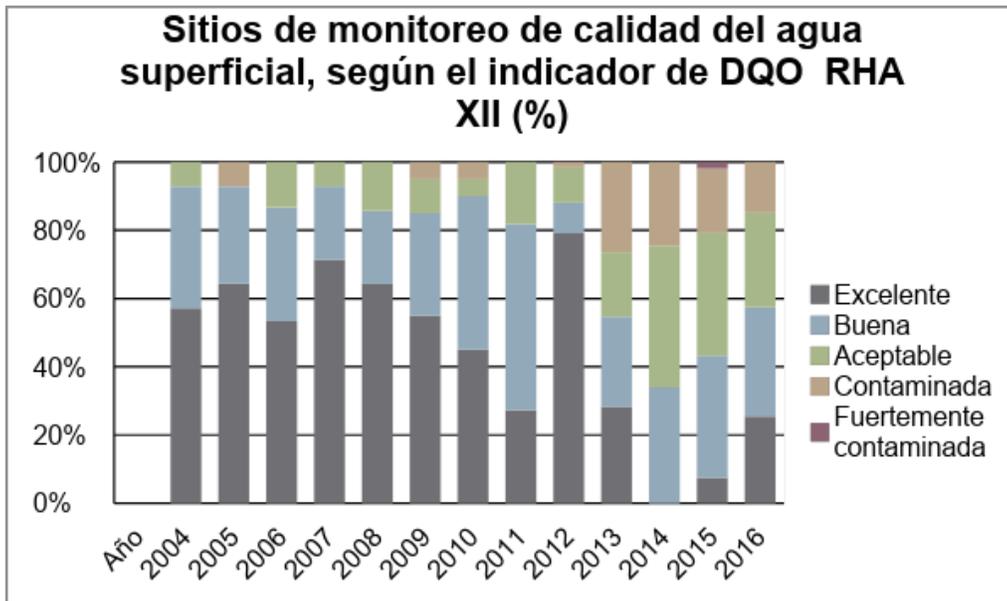


Figura 12. Porcentaje correspondiente a los sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de DQO RHA XII, en cada categoría.

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT 2018a

Cabe destacar que según el indicador de Sólidos Suspending Totales (SST) del periodo que comprende de 2004 a 2016, la calidad del agua ha mostrado un comportamiento mayormente de excelente, disminuyendo únicamente en 2007 a un porcentaje más amplio de calidad del agua “buena” (Ver figura 13).

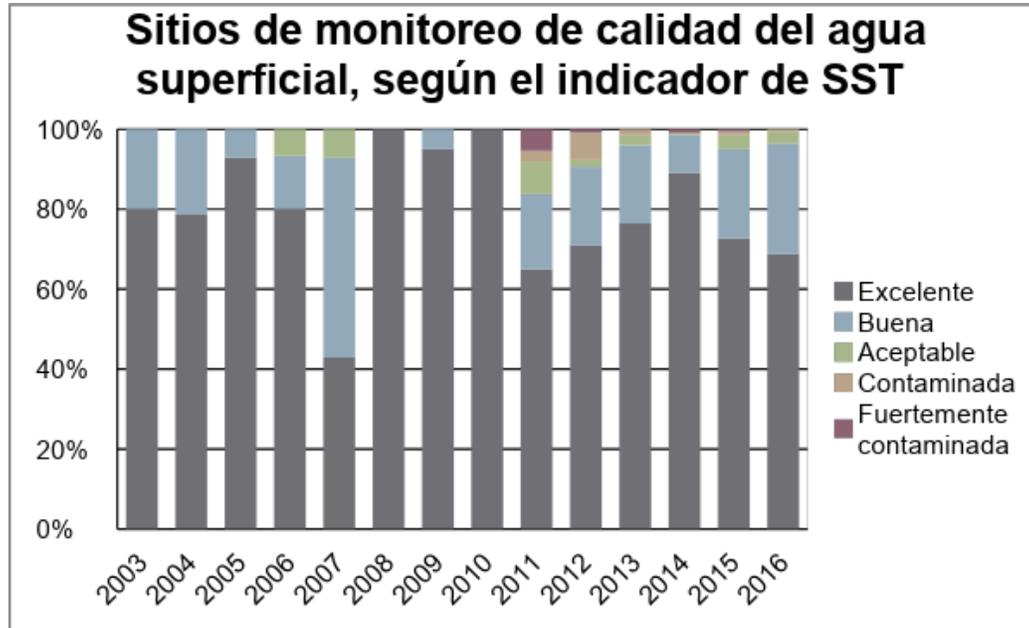


Figura 13. Porcentaje correspondiente a sitios de monitoreo de calidad del agua superficial, según el indicador de SST, para cada categoría.

Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT 2018a

### 2.3 Estructura y características de los organismos operadores del agua

En el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se establece que las aguas nacionales son propiedad de la nación, en el Artículo 115 se adjudica la responsabilidad de los gobiernos municipales para prestar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de las aguas residuales. Además, cabe destacar que el municipio también tiene la posibilidad de “...coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de sus funciones...” (DOF, 1917). Esto aplica para asociaciones intermunicipales o para que el Estado se haga cargo en forma temporal de la prestación de algún servicio o función del municipio. Adicionalmente, existe un conjunto de instrumentos jurídicos que establecen los lineamientos para el aprovechamiento y conservación del agua, así como los derechos y obligaciones que asume el organismo operador o empresa privada que obtiene una concesión para dar el servicio parcial o completo.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), los Organismos de Cuenca y las direcciones estatales de agua, “son las instituciones responsables de establecer las políticas para el uso sustentable, la

administración, disponibilidad y calidad del agua en el país; apoyan a los Organismos operadores para realizar sus funciones en las zonas urbanas y rurales” (INEGI 2011b).

Para esta región, los Organismos Operadores de Agua (OOA), operan principalmente en las Ciudades más grandes de cada entidad, como es el caso de Tabasco, que cuenta con su Comisión Estatal del Agua, la cual gestiona el agua de la entidad, y se ubica en Villahermosa, pero también tiene cinco Organismos Públicos, ubicados en otros municipios, y que depende directamente del Congreso Estatal para definir su presupuesto, tarifas, personal y planes estratégicos. En comparación con Quintana Roo que tiene un sólo Organismo Operador, éste es la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), mismo que depende también de su Congreso Estatal. Caso contrario de Campeche, Chiapas y Yucatán, en donde sus Organismos Operadores dependen de sus Consejos Directivos, esto muestra una composición de gestión pública-privada (ver cuadro 14).

Además, resulta importante el establecimiento de funciones que tiene cada organismo operador en la gestión del agua a nivel local. Para cada entidad se cuenta con un principal organismo operador, y se establecen delegaciones para gestionar el agua en los municipios, de esta forma cada localidad debería tener acceso a un servicio eficiente por parte de su organismo operador. Aunado a esto, las tarifas por el servicio se definen de acuerdo a las atribuciones conferidas por la ley de aguas de cada entidad, en ésta se establece cuál será el órgano encargado de delimitar la tarifa, así como el tipo de usuarios a los que se les proporciona el servicio, y bajo qué condiciones y restricciones.

Para Tabasco, el artículo 6° de la Ley de Usos de Agua del estado (Última reforma 2015), establece que “... la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento como organismo público descentralizado del Poder Ejecutivo, ... tiene, entre otras, las atribuciones siguientes: I. Colaborar en la integración del Programa Estatal Hidráulico; II. Vigilar el cumplimiento de los planes y programas, y establecer, en el ámbito de su competencia, las políticas y estrategias para la administración de las aguas de jurisdicción estatal y la prestación de los servicios a que se refiere la presente Ley; III. Administrar las aguas de jurisdicción estatal; IV. Asesorar, auxiliar y proporcionar asistencia técnica a los organismos operadores municipales que lo soliciten...” y “... IX. Coadyuvar con los organismos operadores municipales o intermunicipales, cuando así lo soliciten, en las gestiones de financiamiento y planeación de obras para los sistemas requeridos en la prestación de los servicios”.

En Chiapas, el artículo 6° de la Ley de Aguas para el estado (Última reforma 2016), fundamenta que “... el Instituto Estatal del Agua será considerado como el organismo globalizador y rector de las acciones, programas y proyectos del Estado en materia hídrica...” teniendo, entre otras, la siguiente atribución: “... Coordinar el Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en los municipios del Estado, así como proponer las acciones relativas a la planeación y programación hidráulica en el ámbito de su competencia...). Además, el artículo 17° dice que “... Los municipios tendrán a su cargo los servicios públicos en todos los asentamientos humanos de su jurisdicción territorial, los que se prestarán en términos de la Ley a través de: Organismos operadores municipales, Organismos operadores intermunicipales, los Patronatos Pro-introducción de tales servicios que se integren en las comunidades, barrios, colonias o diversos asentamientos humanos y que hayan celebrado contrato de prestación de servicios u otros análogos; los desarrollos industriales, turísticos y de otras actividades productivas que cuenten con la autorización del Gobierno del Estado; y el sector social y privado, que cuenten con

concesión del municipio o hayan celebrado contrato o convenio con el mismo para proporcionar estos servicios”.

Para el caso de Campeche, el artículo 3° de la Ley de agua potable y alcantarillado del estado (Última reforma 2017), establece que “...Los servicios públicos de agua potable y alcantarillado estarán a cargo de los Municipios, con el concurso del Estado a través de: I. Organismos Operadores Municipales; II. Organismos Operadores Intermunicipales; III. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche, o bien IV. Por particulares que cuenten con concesión o hayan celebrado el respectivo contrato de prestación de servicios u otro análogo”.

Para Quintana Roo, el artículo 7° de la Ley de agua potable y alcantarillado del estado (Última reforma 2017) establece que “...Para asegurar una mejor realización de las obras de abastecimiento de Agua Potable y para mejorar la prestación de los servicios a su cargo, cada Organismo Operador contará con una Junta Técnica que se integrará con el Presidente Municipal y con representantes de los principales sectores de la población en el Municipio de que se trate...” Y “... La Junta Técnica, por conducto del Presidente Municipal, notificará los resultados de las acciones anteriores al Consejo Directivo de la Comisión para los efectos correspondientes.”

En Yucatán, el artículo 1° de la Ley Orgánica de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del estado (Última reforma 2016), dice que “La Junta de Agua Potable y Alcantarillado ... tiene por objeto la administración, operación, conservación, ampliación y construcción de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el estado ...”

**Cuadro 14. Organismos Operadores de Agua.**

ORGANISMOS OPERADORES DE AGUA (OOA) DE LA REGIÓN FRONTERA SUR Y LA PENINSULA DE YUCATÁN (2018).				
Entidad	Organismos Operadores de Agua (OOA)	Delegaciones de organismos operadores	¿Quién define la Tarifa?	Usuarios
	<b>ORGANISMO PRINCIPAL</b>	<b>MUNICIPIOS</b>		
<b>Campeche</b>	Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (SMAPAC)	Todos	<b>Consejo del OOA</b>	1. Doméstico 2. Comercial 3. Industrial
		Escárcega Campeche Carmen (Con información electrónica disponible sobre su OOA)		
<b>Chiapas</b>	Instituto Estatal del Agua	Todos	<b>Consejo del OOA</b>	1. Doméstico 2. Comercial 3. Industrial 4. Servicios Públicos
	1. Comité de Agua potable y Alcantarillado de Comitán 2. Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Municipal Las Margaritas 3. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Palenque 4. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de San Cristóbal de las Casas	1. <b>Comitán de Domínguez</b> 2. Las Margaritas 3. <b>Palenque</b> 4. San Cristóbal de las Casas 5. Tapachula 6. Tuxtla Gutiérrez		

ORGANISMOS OPERADORES DE AGUA (OOA) DE LA REGIÓN FRONTERA SUR Y LA PENINSULA DE YUCATÁN (2018).				
Entidad	Organismos Operadores de Agua (OOA)	Delegaciones de organismos operadores	¿Quién define la Tarifa?	Usuarios
	<b>ORGANISMO PRINCIPAL</b>	<b>MUNICIPIOS</b>		
	5. Comité de Agua Potable y Alcantarillado de Tapachula 6. Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez			
<b>Quintana Roo</b>	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA)	Chetumal <b>Othón P. Blanco</b> Solidaridad (Con información disponible)	<b>Congreso Estatal</b>	1. Doméstico 2. Comercial 3. Industrial 4. Hotelero 5. De servicios 6. Para parques acuáticos
<b>Tabasco</b>	Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (Organismo descentralizado, Villahermosa)	Todos	<b>Ejecutivo Estatal y Congreso Estatal</b>	1. Doméstico 2. Comercial 3. Industrial 4. Servicios Públicos
	1. Sistema de Aguas y Saneamiento del municipio de Balancán 2. Municipio de Centro 3. Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (Comalcalco) 4. Municipio de Huimanguillo 5. Municipio de Macuspana	1. Balancán 2. Centro 3. Comalcalco 4. Huimanguillo 5. Macuspana		
<b>Yucatán</b>	Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (Organismo descentralizado, Mérida)	Todos	<b>Consejo del OOA</b>	1. Doméstico 2. Comercial 3. Industrial. 4. Servicios Públicos.
	1. Ayuntamiento de Mérida 2. Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Progreso, Yucatán 3. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Umán 4. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Valladolid	1. Mérida 2. Progreso 3. Umán 4. Valladolid		

Fuente: Elaboración propia con información de Conagua (2018) y de la información disponible en los sitios electrónicos de CEAS, Campeche (2018), JAPAY (2018), CAPA-Quintana Roo (2018), IEA-Chiapas (2018), SSMAPA-Tabasco (2018).

Vemos que para el cobro de tarifas por consumo de agua, los Organismos Operadores de Agua dividen a los Usuarios en: Doméstico, Comercial, Industrial, Hotelero y Servicio Públicos. También, de acuerdo al Panorama Censal de Organismos Operadores de Agua (INEGI 2011b), la mayor parte de ingresos

que entran a los Organismos proviene principalmente de la venta del agua potable domiciliaria, con el 50%, excepto Tabasco que tuvo una entrada de 45% y Yucatán de 47.5%.

Uno de los mayores retos que tienen los organismos operadores públicos, es el acceso oportuno a financiamiento para la rehabilitación de infraestructura, ya que en varios municipios, es la población la que se encarga del manejo y mantenimiento de su infraestructura, de forma comunitaria. Esto lo vemos en Tabasco, entidad que no tiene infraestructura para el tratamiento de aguas residuales en el centro de Villahermosa, e incluso en municipios en donde no cuentan con el servicio de abastecimiento de agua potable en sus casas, situación más visible en Tenosique, para el caso de Tabasco. En contraposición con el buen funcionamiento de los organismos operadores de Yucatán y Quintana Roo, que incluso son los que cuentan con mayor transparencia en los datos de gestión del agua.

Así, de forma preliminar podemos afirmar que los organismos operadores de la región presentan deficiencias de: insuficiencia de recursos económicos; falta de continuidad y planeación a largo plazo; deficiente e ineficiente gestión organizativa (técnica y comercial); marcos jurídico y regulatorio inadecuados; estructuras y niveles tarifarios no acordes con los costos del servicio; politización de acciones, decisiones y programas; baja disposición de pago de los usuarios; endeudamiento excesivo, y rigidez en los esquemas de autorización de tarifas.

Entre las oportunidades que quedan por analizar, se encuentran la permanencia de Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento (PRODI), y del Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA), mismo que canaliza apoyos del Fondo Nacional de Infraestructura, para atender las carencias en materia de cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

### **2.3.1 Determinación de las tarifas de agua**

Con base en el análisis de los elementos anteriores, podemos determinar que el esquema tarifario en los cinco estados de la región sureste se caracteriza por administrarse a través de su Organismo Operador de Agua y Saneamiento, sin embargo en cada entidad éste tiene una forma jurídica-administrativa diferente. Lo cual revela las debilidades y fortalezas de su composición, y sobre todo su efectividad en los cobros, y su responsabilidad en la calidad del servicio de agua que proporcionan.

De acuerdo con el Programa Hídrico Regional Visión 2030 de cada una de las RHA (CONAGUA 2012a y 2012b) de las dos regiones, existe falta de coordinación entre las diferentes instancia tripartitas para realizar una mejor programación de los recursos financieros y de los tiempos para la ampliación de la red de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas, y para implementar un programa que contemple la instalación en dispositivos o accesorios de bajo consumo de agua. Por otra parte, en los organismos operadores se presentan deficiencias en los aspectos financieros, administrativos y técnicos, lo que ocasiona principalmente ingresos insuficientes que no cubren el costo incurrido en la dotación de los servicios, insuficiente calidad de los mismos y condiciones de inequidad.

Adicionalmente, es notable la fuerte diferencia entre el volumen producido de agua y el facturado, en parte debido a las pérdidas por fugas y a la baja eficiencia en el cobro de los servicios. La insuficiente recaudación del pago de los servicios implica recurrir a subsidios, normalmente de los municipios,

distrayendo recursos que podrían ser canalizados hacia proyectos productivos. Ello redundaría también en una baja capacidad para la inversión en trabajos mayores de mantenimiento y expansión de los servicios.

En los Programas Hídricos Regionales Visión 2030, se considera que gran parte de la población de las regiones carece de una cultura ambiental que esté basada en el buen uso y cuidado del agua, debido a lo cual se incurre en una serie de malos hábitos que propician el desperdicio, la contaminación y la alteración del medio ambiente. Esto se debe a una cultura del no pago por los servicios de agua potable y saneamiento, con la consecuente baja recaudación de los Organismos Operadores.

Otro factor es la inadecuada aplicación de la normatividad. Dado que las aguas superficiales y subterráneas son, de conformidad con la Constitución Política, un bien propiedad de la Nación, corresponde al Poder Ejecutivo a través de la Comisión Nacional del Agua administrar sus usos y aprovechamientos mediante permisos, asignaciones y concesiones, los cuales se plasman en Títulos que son registrados en el Registro Público de Derechos de Agua. El sistema legal y operativo, para cumplirse con eficacia y eficiencia, requiere cuando menos de dos condiciones: que los pozos, infraestructuras y equipos de extracción dispongan dispositivos de medición de los caudales extraídos y que la institución responsable de la verificación cuente con los medios materiales, económicos y humanos necesarios para llevarla a cabo, con independencia del número y localización de instalaciones por verificar. Es claro que ninguna de las dos condiciones se cumple cabalmente, razón suficiente para justificar esfuerzos adicionales, tomando en cuenta que se trata de una parte sustantiva del proceso de gestión del agua.

Las figuras 14, 15, 16, 17 y 18 muestran la estructura de los Organismos Operadores en cada entidad, y cómo se define la tarifa del recurso hídrico con base en éstos.

Para el caso de Campeche, con base en el Artículo 85° de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del estado, vemos que “la Junta de Gobierno del organismo operador municipal o intermunicipal respectivo o, en su defecto, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Campeche, aprobarán las cuotas y tarifas de cada uno de los sistemas de agua potable y alcantarillado a su cargo”. Además, con base en el artículo 22° de la misma Ley, “... el organismo operador del agua, tendrá a su cargo: Formular y mantener actualizado el padrón de usuarios de los servicios; y Elaborar estudios necesarios que fundamenten y permitan el establecimiento de cuotas y tarifas apropiadas, para el cobro de los servicios, tomando en cuenta la opinión y sugerencias del consejo”

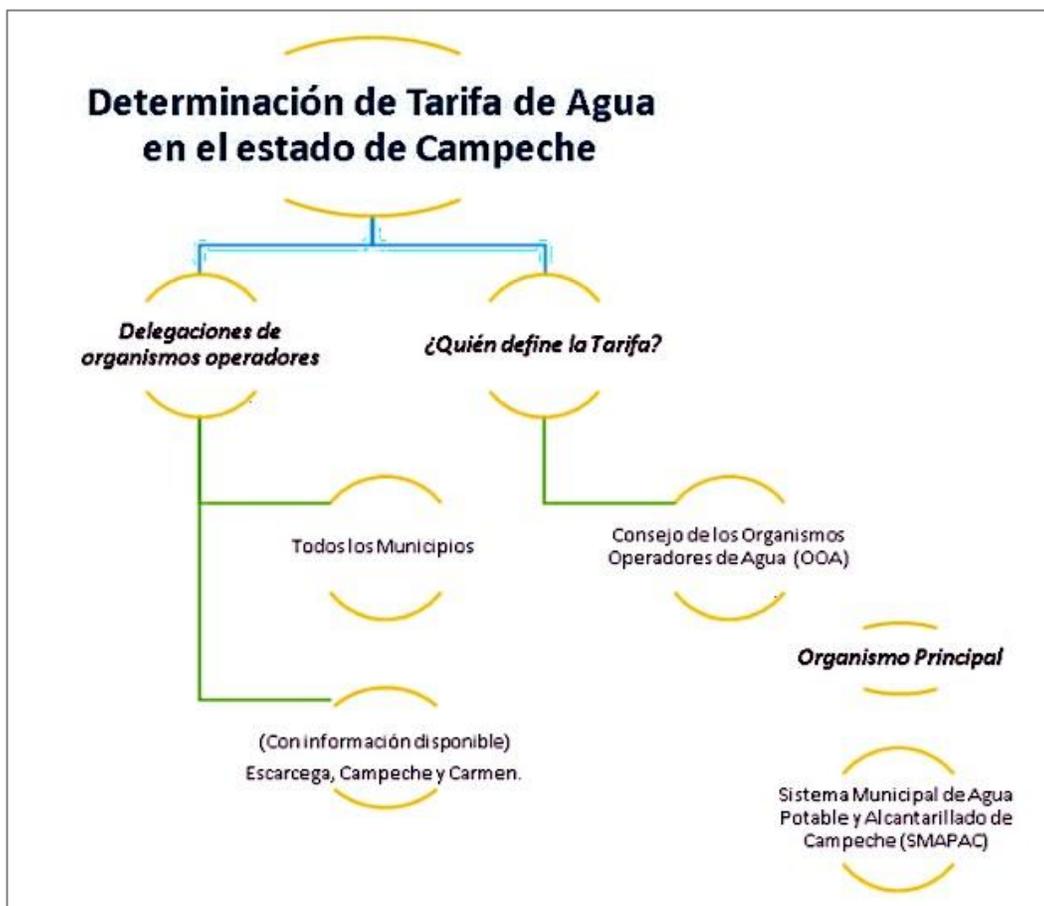


Figura 14. Determinación de tarifa de agua en el estado de Campeche.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2018) y CEAS Campeche (2018).

Para Chiapas, las tarifas las define el Instituto Estatal de Agua, por lo que tenemos que el artículo 6° de su Ley de Aguas para el estado, determina que el Instituto debe "... Establecer las fórmulas para la determinación de las cuotas y tarifas , emitir opinión sobre el contenido de disposiciones jurídicas y proyectos de éstas y la prestación de los servicios públicos relativos al recurso de agua... y orientar a los organismos operadores en la formulación y actualización de tarifas para el cobro de los servicios".

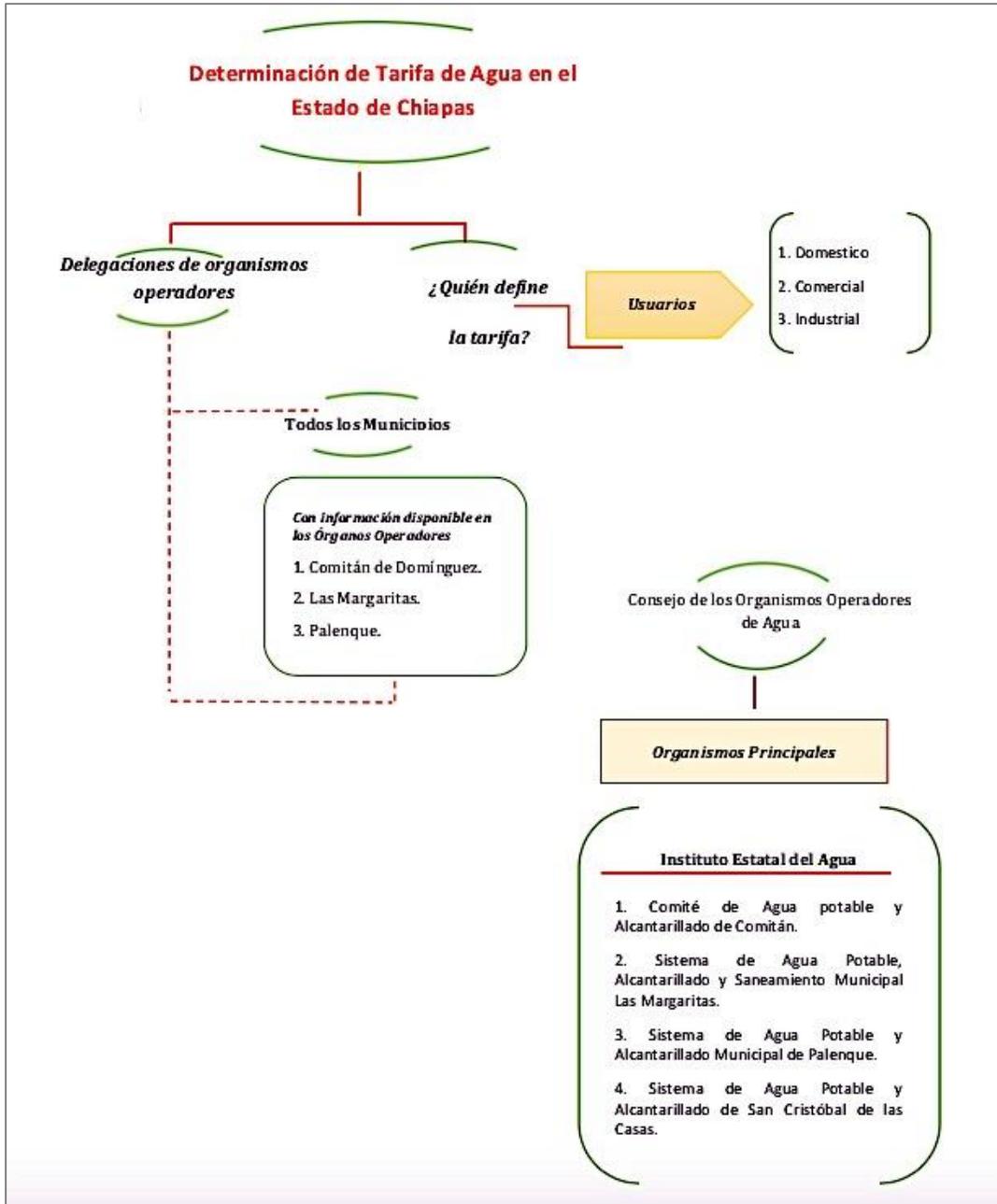


Figura 15. Determinación de tarifa de agua en el estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2018) e IEA-Chiapas (2018)

Por su parte, Quintana Roo define en su artículo 68° de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del estado, que “... Los servicios de agua potable y alcantarillado se cobrarán a los usuarios con base a las cuotas y tarifas que sean aprobadas y expedidas por la Legislatura del Estado, de conformidad con esta Ley, las que serán diferenciales en razón del consumo y uso autorizado observando lo dispuesto en el presente Capítulo y en la Ley de Cuotas y Tarifas para los Servicios Públicos de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales del Estado de Quintana Roo”.

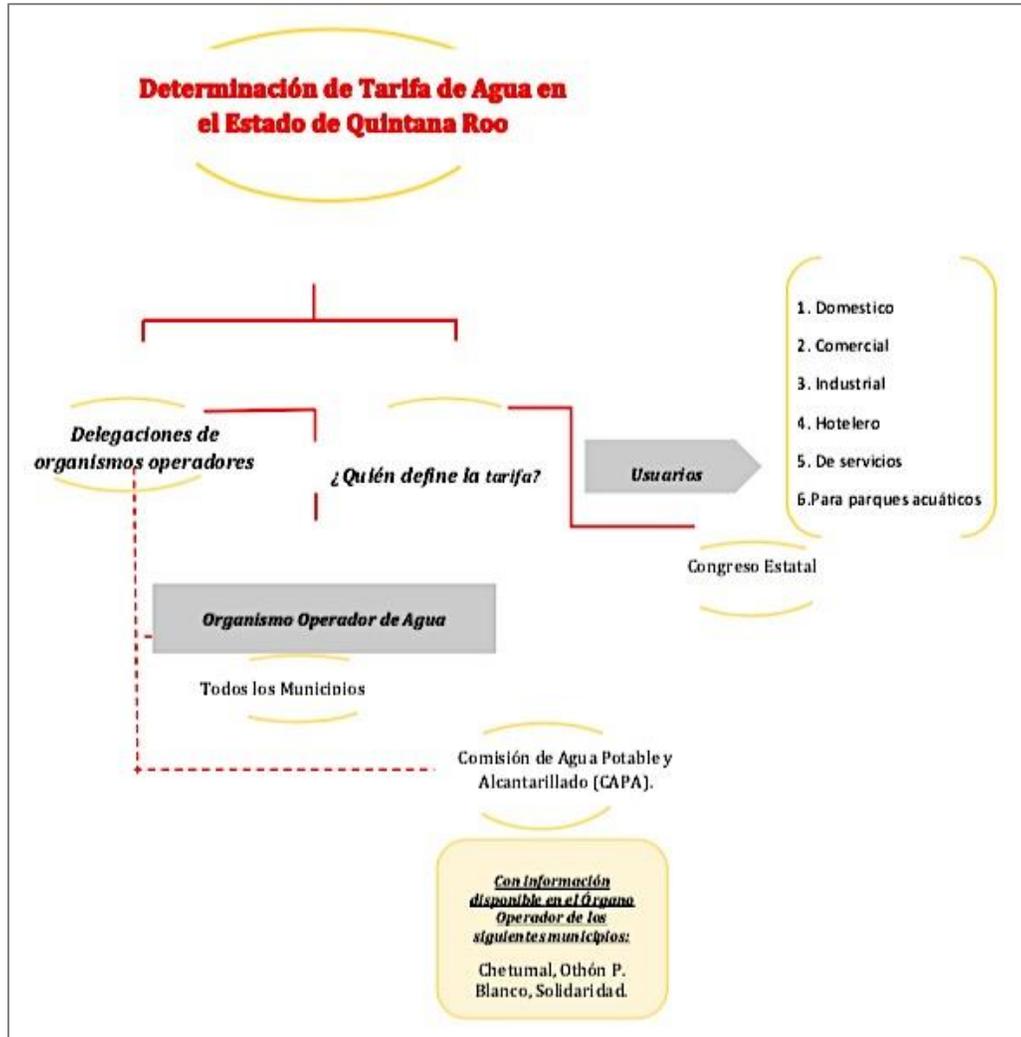


Figura 16. Determinación de tarifa de agua en el estado de Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2018) y CAPA-Quintana Roo (2018).

Para Tabasco, con base en la Ley de Usos del Agua del estado, en su artículo 78º, se afirma que “... Las cuotas o tarifas resultantes se determinarán y actualizarán por quien preste los servicios, previa aprobación del Congreso del Estado, con base en la aplicación de las fórmulas que defina el organismo operador, de conformidad a los criterios y lineamientos que establezca el Instituto del Agua del estado de Tabasco..”.

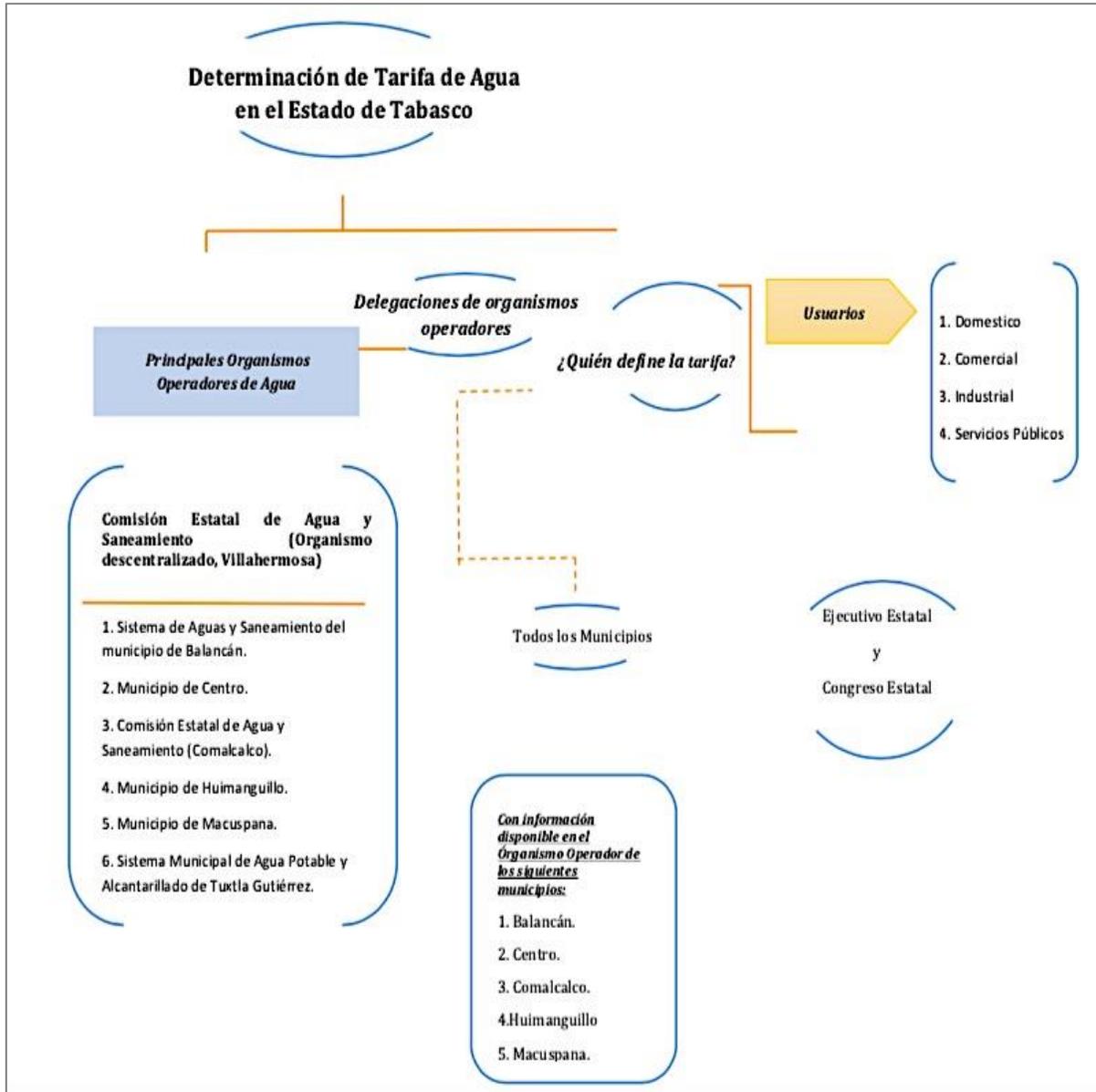


Figura 17. Determinación de tarifa de agua en el estado de Tabasco.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2018) y CEAS-Tabasco (2018)

Finalmente, para Yucatán, con base en el artículo 22° de la Ley Orgánica de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del estado, se tiene que “...la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado deberán pagarse a la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán conforme a las tarifas aprobadas por el Consejo Directivo de la misma Junta...”.

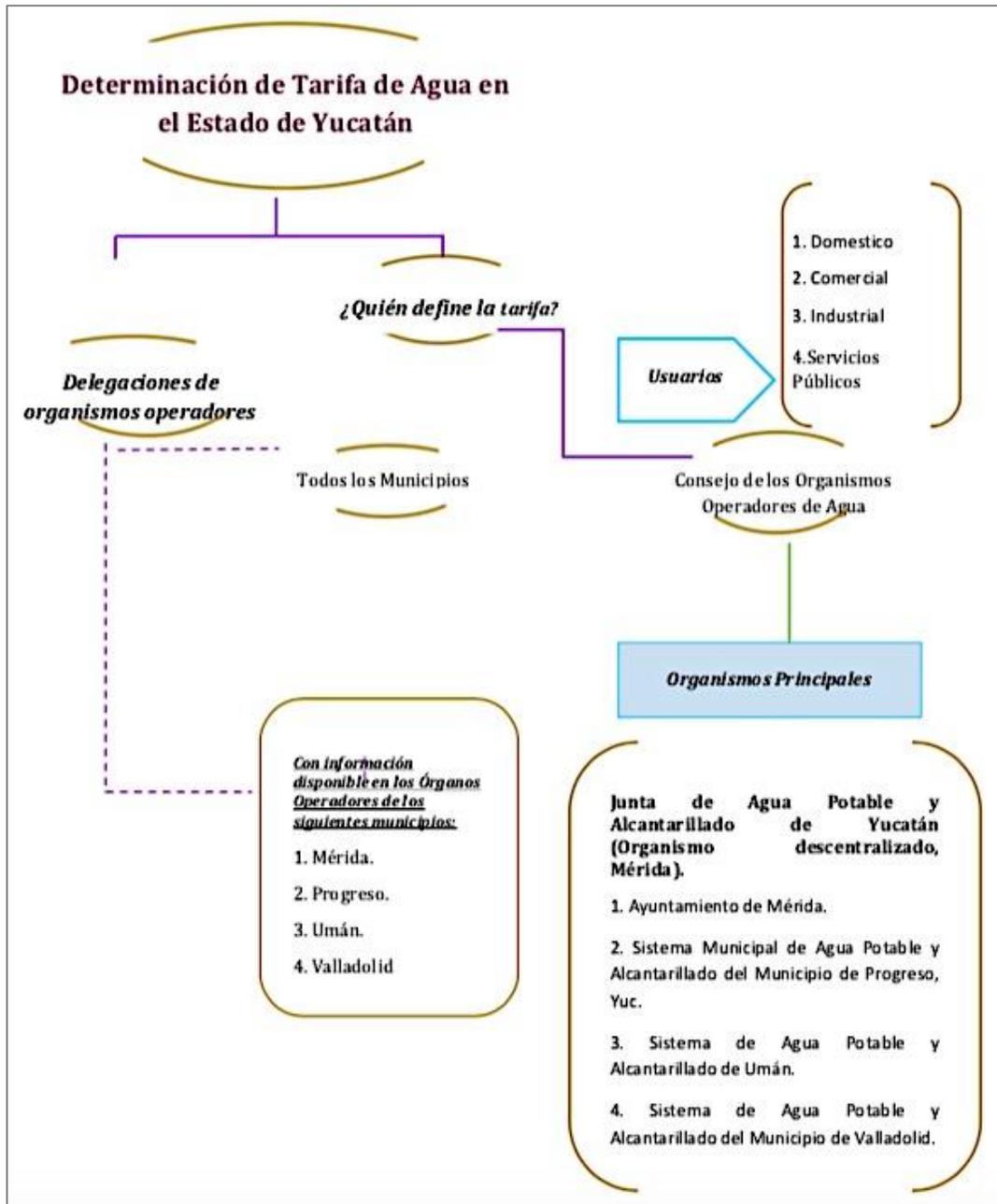


Figura 18. Determinación de tarifa de agua en el estado de Yucatán.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2018) y JAPAY (2018)

El concentrado de tarifas de consumo de agua determinado para los estados que componen las Regiones Hidrológicas Administrativas XI (Frontera Sur) y XII (Península de Yucatán), se realizó con base en el Sistema Nacional de Tarifas (2017) proporcionado por la CONAGUA. Éste se basa en la clasificación por cuota fija y cuota medida, con base en el tipo de usuario predominante por mayor consumo hídrico.

Para Campeche, Chiapas y Tabasco, tenemos una cuota fija mensual, definida con cuatro tipos de Usuarios: Doméstico, Comercial, Servicios Públicos e Industrial. Mientras que para Quintana Roo y Yucatán se tiene una cuota medida, y se agrega al Usuario hotelero y parques acuáticos. Lo cual da

muestra del peso que tiene el turismo en estas entidades, y que por tanto se consume agua preponderantemente en el sector turístico.

El cuadro 16 engloba las fortalezas y debilidades identificadas en los organismos operadores del agua de los cuales se pudo obtener información vía documentos oficiales y sitios de internet oficial de los organismos. Cabe destacar que existen otros trabajos (Amaya Ventura, 2010 y Pineda Pablos, 2017) que dan cuenta de las fortalezas y debilidades en otros organismos operadores del país. Estos trabajos coinciden en que el objetivo común que genera la colaboración entre los municipios, tratándose de la provisión del servicio de agua urbano, es necesariamente buscar mejorar la eficiencia del mismo (Amaya Ventura, 2010).

**Cuadro 15. Fortalezas y debilidades de los esquemas de cobro.**

Entidad	Fortalezas	Debilidades
<b>Chiapas</b>	El Organismo Operador de Agua, se encuentra descentralizado y no depende totalmente del Congreso, por lo que goza de autonomía en la toma de decisión sobre el cobro de este servicio, circunstancia que provoca mayor cobertura para efectuarlo el mismo, así como para que éste sea más acorde con los gastos de mantenimiento o renovación de la infraestructura hidráulica que pudiera requerirse.	Los costos totales del servicio deben recuperarse, a fin de garantizar la sustentabilidad, sin embargo, el logro de este objetivo requiere del empleo de subsidios Federales y estatales.
<b>Tabasco</b>	Se pueden descentralizar los mecanismos de financiamiento y decisión de los organismos operadores, para eficientizar el servicio.	El Ejecutivo Estatal o Congreso Estatal, no garantiza la cobertura total para el cobro de este servicio, debido a las tarifas subsidiadas y al bajo porcentaje de facturas cobradas, lo que ocasiona que la recaudación no cubra las necesidades de operación e inversión. Además, de que es muy común que en algunas localidades, y con motivo de campañas electorales, se establezca el no cobrar por el servicio de agua, sin importar que tan endeudado este el municipio con la Comisión Nacional de Agua por los derechos. Al ser su organismo operador un órgano que depende del Congreso del estado, éste depende de las prioridades presupuestales que establezca el Congreso, y no necesariamente responde a las demandas de la población, carencias de infraestructura, y/o de mantenimiento. Por lo que la estructura de cobro se vuelve débil e incluso “ a modo”.
<b>Campeche</b>	Los organismos operadores del agua en la entidad, tienden a realizar mejores prácticas en materia de cobro-pago del agua, además se ha tratado de implementar un sistema transparente a través del Consejo de los Organismos Operadores.	Aún no se cuenta con suficiente información sobre los montos tarifarios de cada organismo.
<b>Yucatán</b>	Cuenta con un Consejo de Organismos Operadores, en el cual normalmente se deciden las tarifas.	Los principales organismos operadores son parte del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, uno es el

Entidad	Fortalezas	Debilidades
		Ayuntamiento de Mérida, esto puede crear vacíos en el presupuesto de funcionamiento del Organismo, así como de la transparencia del cobro de tarifas.
<b>Quintana Roo</b>	Hay una buena categorización de los Usuarios del agua, lo cual debería ayudar a crear un sistema tarifario justo, con una recaudación importante del sector turístico.	Los esquemas de cobro se realizan por el Congreso Estatal, por lo que éstos pudieran no reflejar el verdadero costo de la prestación del servicio. Asimismo, no existe flexibilidad respecto del cambio de los esquemas de pago, ni tampoco de la revisión de las tarifas.

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis general de los esquemas tarifarios de cada entidad.

## 2.4 Capacidades para la gestión del agua y la gobernanza

La GIRH en el caso mexicano tiene las siguientes características (Valencia *et al.*, 2007): a) los recursos hídricos se gestionan a nivel de cuencas, subcuencas, microcuencas y acuíferos, b) se establece la política hídrica como una política transversal, c) integra los principios de subsidios, el principio precautorio y el del usuario y contaminador pagador. En México la gestión del agua se hace por regiones hidrológico-administrativa y organismo de cuenca y a través de una administración que, originalmente, ha respondido a las demandas de los estándares internacionales, donde se entiende al territorio mediante elementos que más que dividirlo, lo integran. Por tanto, las cuencas hidrográficas reconocen las conexiones entre regiones y los flujos de externalidades que se establecen entre ellas, lo que permite la vinculación entre asentamientos que pueden localizarse muy alejados unos de otros. Las cuencas otorgan bienes y servicios ambientales fundamentales para la existencia: el suministro de agua dulce, la regulación del caudal de los ríos, el mantenimiento de los regímenes hidrológicos naturales, la regulación de la erosión o la respuesta a eventos naturales extremos, entre otros (Garrocho, 2013). La cuenca constituye la unidad idónea para aproximarse al estudio de la evaluación del riesgo, la gestión de los recursos hídricos y el manejo del territorio ante el cambio climático (Murrieta *et al.*, 2010).

La figura 19 muestra un esquema general de la gestión por cuencas, específicamente para la RHA XI y RHA XII.



Figura 19. Gestión del agua por cuencas.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA 2017a.

De acuerdo con Ponchat (2018) los planes de la gestión integral de los recursos hídricos deben contar con cuatro componentes claves:

- a) Un diagnóstico de los recursos hídricos.
- b) Las aguas para el futuro (escenarios tendenciales y deseados).
- c) Directrices (que son las orientaciones generales para la toma de decisiones en el ámbito del plan).
- d) Los programas nacionales y metas que presentan propuestas acerca de los mecanismos con respecto al manejo de los recursos hídricos, incluyendo programas nacionales y locales, adecuaciones a las bases legales e institucionales, directrices para la implementación de los instrumentos de gestión y lineamientos para la capacitación material y técnica (De León 2015).

El punto central de este tipo de gestión es poder incidir en el flujo de agua, con el fin de garantizar el abastecimiento continuo y de calidad. Los arreglos de cogestión son flexibles y se adaptan a las

condiciones cambiantes y específicas del lugar, desde la base local hasta escalas geográficas y administrativas superiores (municipio, subcuenca, estado, municipio).

Para la gestión adaptativa es importante construir una agenda común o plan de cogestión para la concertación de una visión territorial colectiva. Esta agenda es una herramienta flexible que refleja los acuerdos generados entre las organizaciones participantes en un arreglo determinado y debe buscar de forma conjunta, priorizar las acciones y desarrollar mecanismos de repuesta (Orozco *et al.*,2008, Kammerbauer *et al.*,2010). Asimismo, se debe contar con mecanismos de financiamiento, que puede ser de tipo descentralizado y autónomo, o aportes de cada institución involucrada (Kammerbauer *et al.*,2010). Las intervenciones de los actores locales se pueden plasmar en una serie de arreglos y reglas del juego. La mayoría de las propuestas realizadas sólo pueden tener sentido y ser sostenibles si se enmarcan dentro de políticas locales o nacionales que garanticen un efecto a nivel del territorio, en este caso tanto hídrico como urbano. Por su parte, en la planeación adaptativa del agua, los escenarios prospectivos del agua juegan un papel esencial y deben cumplir ciertas características: a) Ayudar a los planeadores, diseñadores y operadores a aprender cómo un sistema se puede desempeñar considerando varias opciones y colaborar en el diseño de soluciones futuras (innovación tecnológica), b) Proveer integración, alcance y perspectiva, los escenarios permiten capturar la interdependencia y complejidad entre otros componentes del sistema (enfoque de sistemas), y c) Cubrir los intereses y preocupaciones de los tomadores de decisión involucrados en todos los niveles: locales, regionales y nacionales (participación) (Coates *et al.*, 2012, De León 2015).

Del análisis realizado se puede observar que el abastecimiento del agua en estados y municipios se da de manera muy desigual, mostrando irregularidades en la cobertura, acceso, disponibilidad, así como en el uso y condiciones del líquido en cada localidad. Uno de los aspectos que más destacan es la importante extracción que se realiza directamente de fuentes naturales como ríos, manantiales y lagunas, lo que representa una situación de riesgo en el contexto de desarrollo sustentable al no garantizar las condiciones óptimas de extracción de agua, lo que redundará en un mal uso del recurso.

Otro factor a considerar es el pleno acceso al agua, ya que de los datos observados se puede concluir que si bien a nivel de cobertura los estados y municipios reflejan una amplitud en la prestación del servicio, ello difiere cuando se analiza a partir de la modalidad de acceso, ya sea agua entubada dentro de la vivienda, o fuera de ella pero dentro del terreno hasta el hecho de contabilizar también el acceso mediante acarreo ya sea de llave comunitaria o si se trata de acarreo de otra vivienda, lo que hace pensar que no todo acceso es igualitario, esta situación se reflejó con mayor claridad en los municipios, particularmente los más pequeños, situación que no se observó en los municipios más grandes o capitales, donde el servicio rebasa la media estatal. De igual manera otra conclusión ha sido la distancia que entre estados y municipios se registra en la cobertura, acceso y disponibilidad del recurso hídrico, pasando por las distintas fuentes de abastecimiento y el registro promedio diario de extracción de metros cúbicos de agua. En este punto resalta en primer término el estado de Chiapas con la menor cobertura de acceso al agua entubada dentro de la vivienda, con apenas el 54%, frente al 82% que registra Quintana Roo.

### 2.4.1 El reto de gestionar el agua en la región sureste

Con base en la Encuesta Nacional de Impacto Gubernamental 2017, la cual mide el nivel de satisfacción de la población con respecto del agua potable, el drenaje y alcantarillado, el alumbrado público, los parques y jardines, así como de otros servicios públicos, y problemas públicos, se estima que a nivel nacional, de los 47.8 millones de personas de 18 años y más en áreas urbanas de 100,000 habitantes y más, en relación con el servicio de agua potable, 60.5% refiere que el suministro de agua es constante; mientras que 23.7% considera que el agua es potable, es decir que puede beberse. Cabe destacar que estos números no varían significativamente respecto al año 2015, donde el 51.7% afirma estar satisfecho con su servicio de agua potable, frente al 53.8% del año 2017. Por otra parte, se remarca la distancia que entre estados y municipios se registra en la cobertura, acceso y disponibilidad del recurso hídrico, pasando por las distintas fuentes de abastecimiento y el registro promedio diario de extracción de metros cúbicos de agua. En este punto, el estado de Chiapas cuenta con la menor cobertura de acceso al agua entubada dentro de la vivienda, con apenas el 54%, frente al 82% que registra Quintana Roo.

Asimismo, es evidente que la cuestión institucional retoma trascendencia al momento de comparar la situación que guarda el acceso al servicio de agua en el ámbito estatal versus el ámbito municipal, o al hacer la comparativa entre las entidades federativas de la región, lo que denota una debilidad institucional, al reflejar situaciones tan diversas, esto nos demuestra que el tratamiento en la organización y administración del recurso se da de formas establecidas de manera irregular, lo que contraviene los esfuerzos por homologar y hacer más equitativo el suministro.

Lo anterior da cuenta de la dificultad de traducir las reformas en la materia a la aplicación práctica en las localidades. Si bien desde el ámbito legal las reformas sugieren cambios estructurales y facultades divididas entre el ámbito estatal y municipal así como la participación del sector privado en la prestación y suministro del servicio de agua, en la realidad se cuenta con escasa participación de actores, en su mayoría es el sector público quien se encarga de la prestación del servicio, siendo en su mayoría operado a través de organismos descentralizados de la administración pública municipal con cierta autonomía de gestión pero limitados a su vez por la facultad de los congresos estatales de establecer las tarifas del servicio por considerarse en pago de derechos. Esto no es un asunto menor y al respecto viene al caso retomar propuestas de gobernanza en el servicio, que permitan una mayor participación del sector privado y del sector social, a través de mecanismos de participación ciudadana, así como mediante la activación de organismos de la sociedad civil que permitan el engranaje institucional conveniente para la operación del recurso. Además de que solo de esta manera se puede avanzar en las modificaciones necesarias que permitan tener mayor autonomía en la materia a la administración municipal para que pueda asumir la atribución concedida desde el marco constitucional como responsabilidad primordialmente municipal.

## 3 Exposición a fenómenos extremos y al cambio climático en el sureste de México

En este apartado se realiza un análisis del clima en los estados y la región sureste de México a partir de datos observados en estaciones climatológicas y datos de re-análisis de la *Climatic Research Unit* (CRU), de la Universidad de East Anglia de Reino Unido, con los cuales se caracterizan, entre otros, las condiciones medias, tendencias y extremos de temperatura mensual/anual máxima, media y mínima, y precipitación en el periodo 1950-2010. Así mismo, se analizan los impactos asociados a la afectación de fenómenos hidrometeorológicos extremos a partir de la base de datos del CENAPRED, para el periodo de 2000 al 2015, y de la base de datos de Desinventar (Corporación Observatorio Sismológico del Suroccidente [OSSO], 2017), para el periodo de 1970 al 2013. Otra fuente que se considera son las declaraciones de desastres, emergencias y contingencias climáticas del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN).

Posteriormente se incluye un análisis del cambio proyectado en la temperatura media, mínima, máxima y precipitación bajo escenarios de cambio climático de los modelos climáticos HADGEM2-ES y MPI-ESM-LR, forzados con las trayectorias de emisiones representativas de 4.5 Watts/m<sup>2</sup> y 8.5 W/m<sup>2</sup> (RCP4.5 y RCP8.5, por sus siglas en inglés) (Moss *et al.*, 2010), para el periodo 2015 a 2044, 2026 a 2055 y 2036 a 2065, en los que se alcanza un incremento de 1.0 °C, 1.5 °C y 2.0 °C en la temperatura media mundial (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [INECC-PNUD], 2017).

### 3.1 Análisis climático

#### 3.1.1 Patrones de precipitación y temperatura en la región de 1950 a 2010

El clima de la región sureste de México es cálido húmedo. La temperatura media anual varía de temperaturas templadas (16.0 °C a 20.0 °C) en regiones montañosas de Chiapas a temperaturas cálidas y muy cálidas (26.0 °C a 30.0 °C) en la costa de la región (figura 20a). En tanto que la mayor cantidad de precipitación anual (mayor a 2,000.0 mm/año) se presenta en Chiapas y Tabasco (figura 20b), mientras que en la planicie de la Península de Yucatán la precipitación aumenta desde el noroeste hacia el resto de la Península; los valores van de 750.0 a 1,350.0 mm/año.

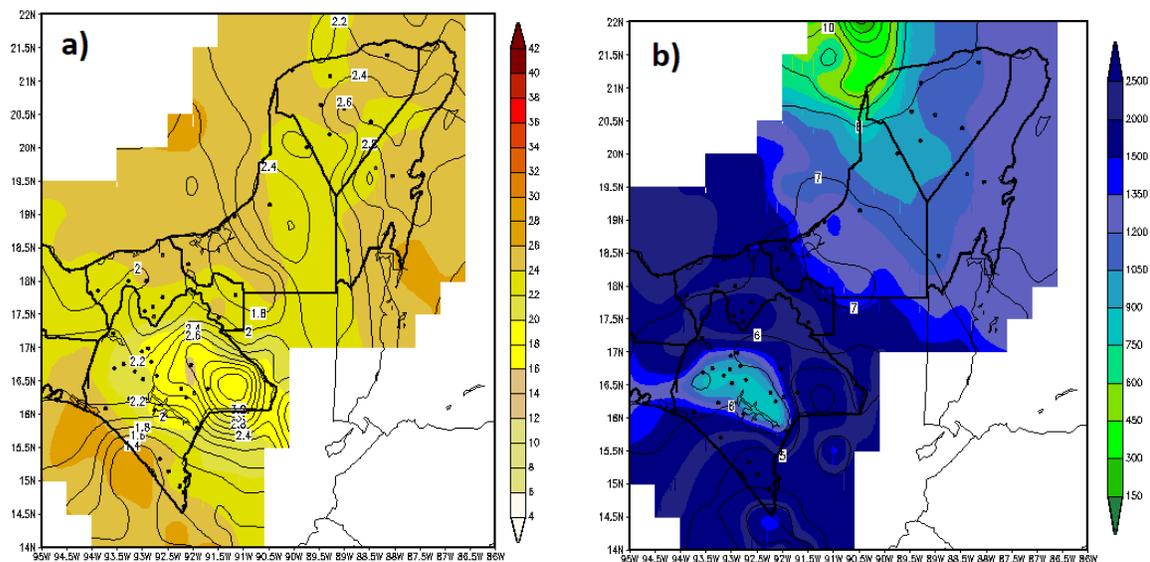


Figura 20. Climatología del periodo 1950-2010 de a) temperatura media (°C), b) precipitación (mm). Las isóneas representan la variación de la temperatura (en °C) y precipitación (en %).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2017).

Entre verano (junio a agosto) y otoño (septiembre a noviembre) se da la mayor proporción y distribución de la precipitación del año en la región (figura 21b y 21c), resultado por el efecto de las ondas del este y la influencia de ciclones tropicales que ingresan humedad desde el océano. Los valores más altos de precipitación se concentran en las zonas montañosas al sur de la región (en Chiapas). En invierno (diciembre a febrero) y primavera (marzo a mayo) se presenta el mínimo de precipitación en la región (figura 21a y 21d), con la diferencia de que en invierno la precipitación en Tabasco y Chiapas es mayor que en primavera, relacionado con el efecto de los frentes fríos.

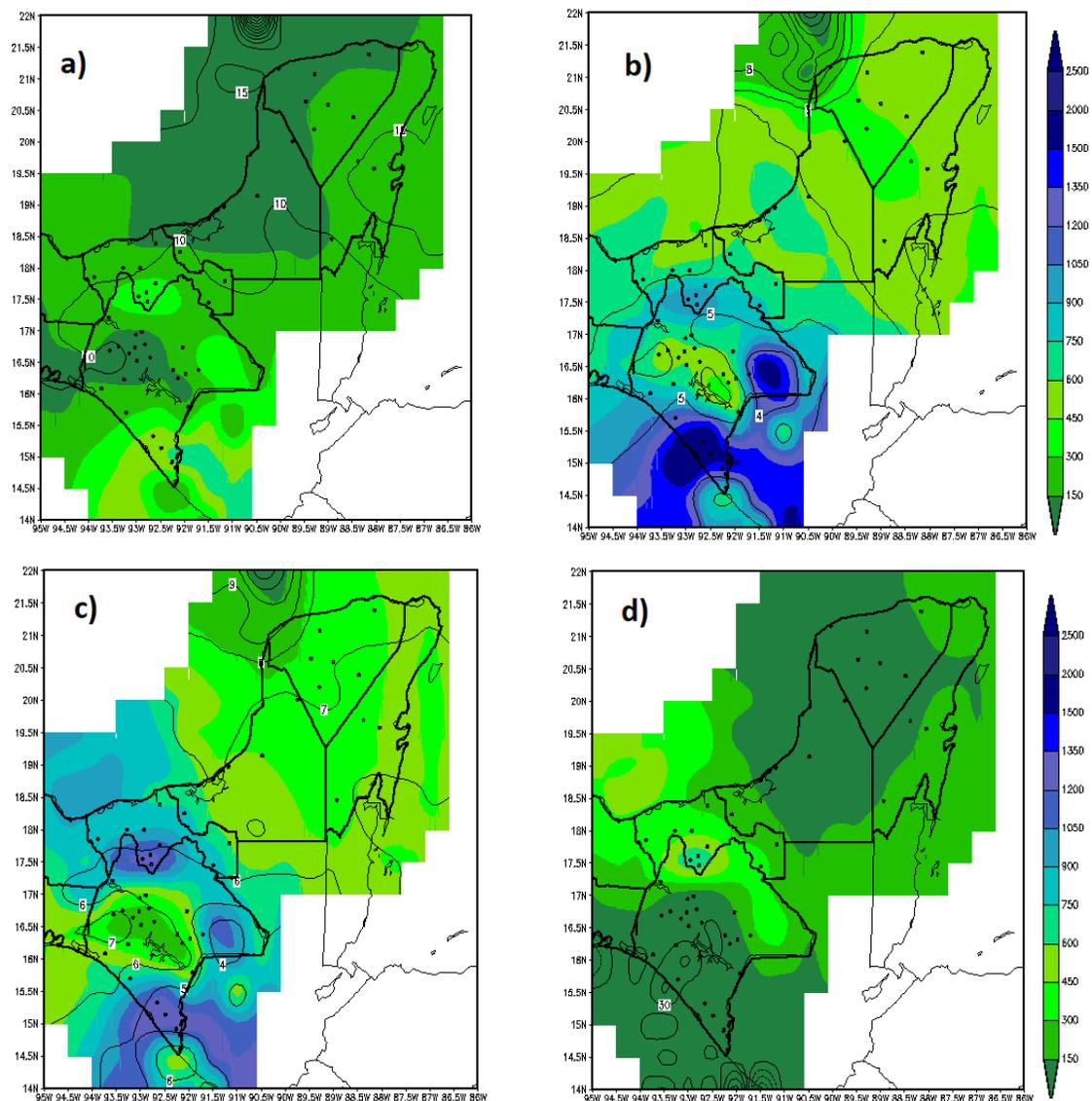


Figura 21. Climatología estacional de la precipitación (mm) del periodo 1950-2010 de a) primavera, b) verano, c) otoño, d) invierno. Las isóneas representan la variación de la precipitación (en %).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SMN (2017).

La temperatura máxima extrema mensual (percentil 95) se presenta en primavera, con valores mayores a 38.0 °C en la costa occidente de la Península de Yucatán y superiores a 34.0 °C en una gran extensión de la región, con excepción de la zona montañosa y altiplanicie en Chiapas (figura 22a). En verano se observan valores cercanos a los que se alcanzan en primavera, mientras que en invierno la temperatura disminuye entre los 28.0 °C a 32.0 °C (figura 22d).

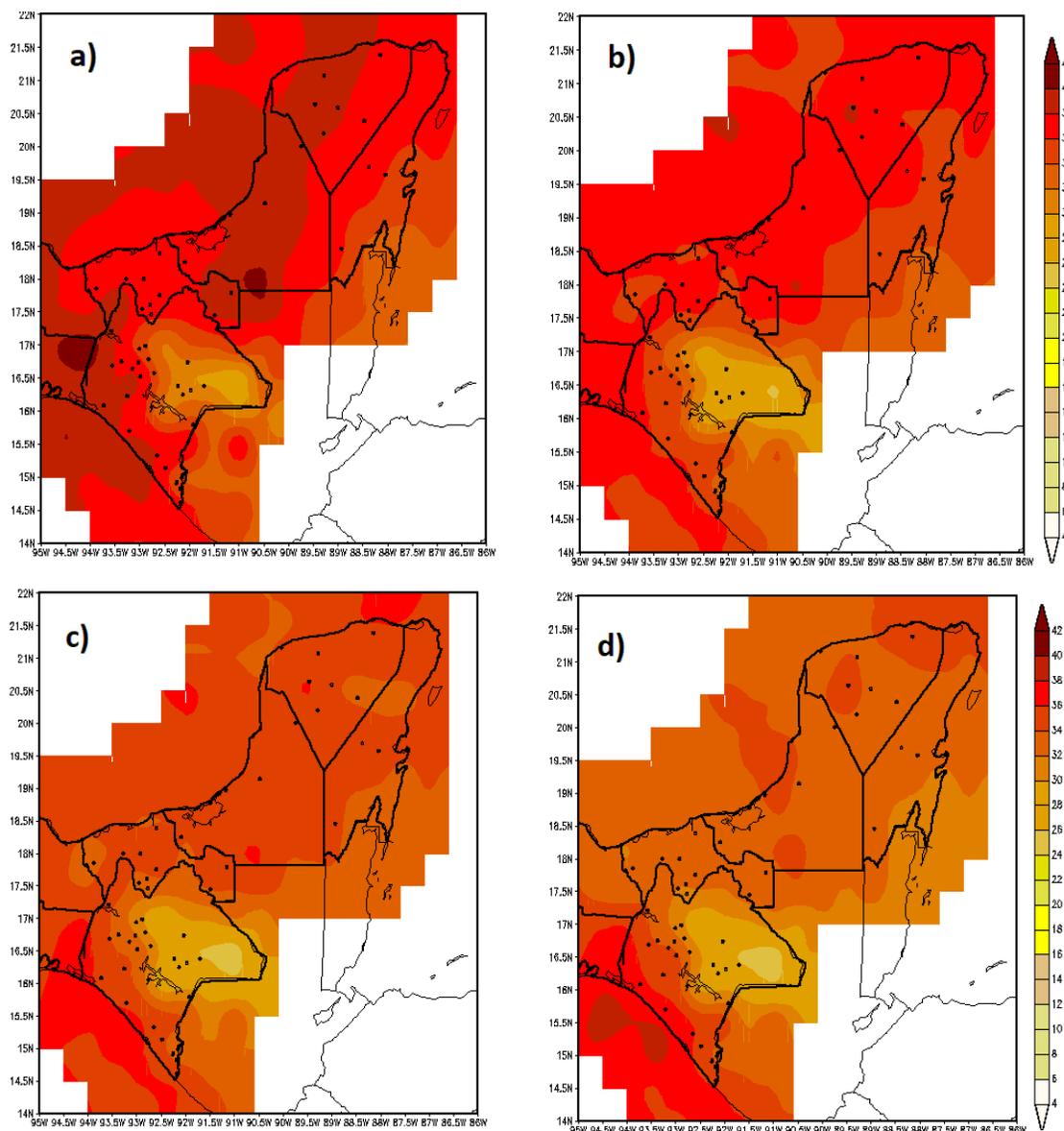


Figura 22. Climatología estacional del percentil 95 de la temperatura máxima (°C) del periodo 1950-2010 de a) primavera, b) verano, c) otoño, d) invierno.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SMN (2017).

A lo largo del año se presentan dos periodos de baja precipitación (figura 23), uno en primavera y otro a la mitad de la estación lluviosa en verano, éste último es conocido como sequía intraestival o de medio verano, en el cual la precipitación se reduce aproximadamente 10.0 % en julio y agosto. En lo que respecta a la temperatura media, los valores más altos se presentan durante mayo a septiembre, entre 24.0 °C y 25.5 °C, y en los meses de invierno la temperatura presenta su mínimo, entre 19.0 °C y 22.5 °C.

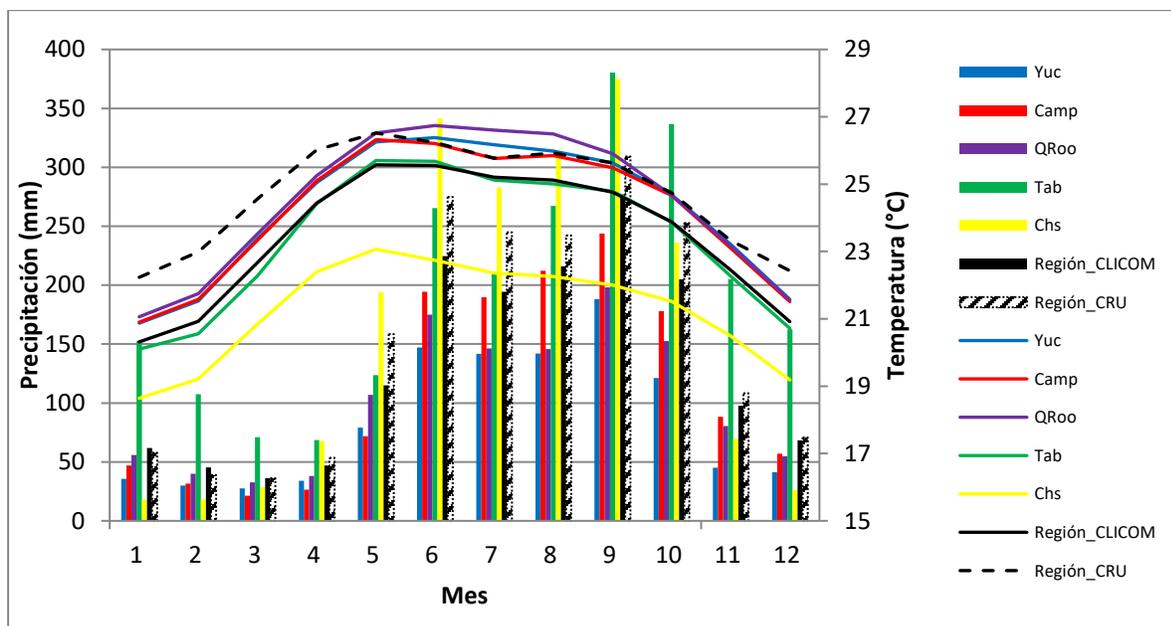


Figura 23. Climatología mensual de precipitación (mm) y temperatura media (°C) para la región sureste de México y los cinco estados que la integran.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SMN (2017) y de la CRU.

La tendencia de la temperatura media para la región desde 1950 a 2010 es positiva hasta finales de los 1990 y se estabiliza a partir del año 2000 (figura 24), probablemente como reflejo de la pausa del calentamiento que se presenta a escala planetaria a partir de los 1990's (Lewandowsky, Risbey y Oreskes, 2016). La variabilidad multianual de la anomalía de la temperatura oscila en  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ .

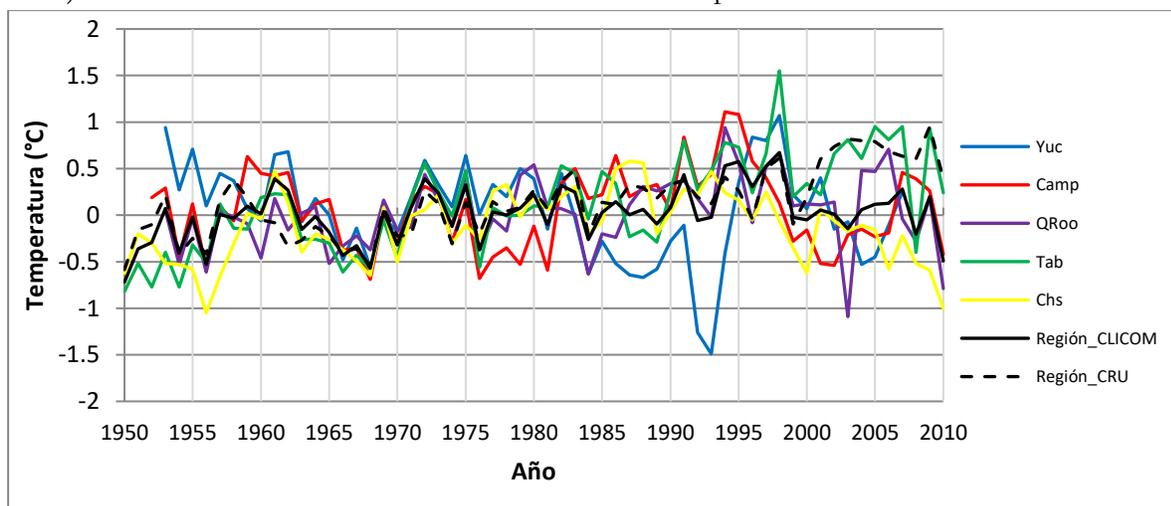


Figura 24. Serie anual de anomalía de temperatura media (°C) calculada con respecto al periodo de referencia 1961-1990 para la región sureste de México y los cinco estados que la integran.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SMN (2017) y de la CRU.

En el caso de la tendencia de la precipitación, no es concluyente la señal de cambio en el largo plazo, independientemente de la variabilidad natural de año con año (figura 25), la cual presenta una importante variación interanual de hasta  $\pm 30.0\%$ .

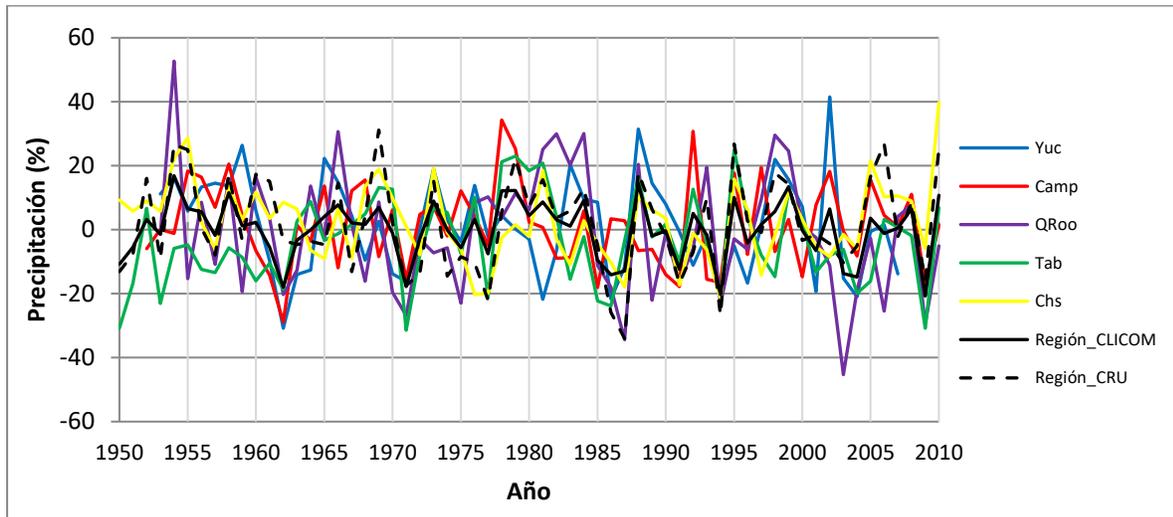


Figura 25. Serie anual de anomalía de precipitación (%) calculada con respecto al periodo de referencia 1961-1990 para la región sureste de México y los cinco estados que la integran.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SMN (2017) y de la CRU.

En toda la región los cambios en la temperatura media son notables (figura 26). Al graficar los valores a partir de la función de densidad de probabilidad (FDP) normal o de Gauss, se puede observar el desplazamiento de la probabilidad de años con temperatura más cálida. La FDP del periodo más actual (1981-2010), representado por la línea amarilla, ha aumentado su anchura (indica variabilidad) en la mayoría de los estados para abarcar temperaturas más altas que la curva del clima de referencia (1961-1990), representado con línea negra. Un caso interesante se da en Yucatán, donde está aumentando la probabilidad de que se presenten años con temperaturas anuales menos cálidas que en el periodo de referencia (desplazamiento hacia la izquierda de la PDF del periodo actual).

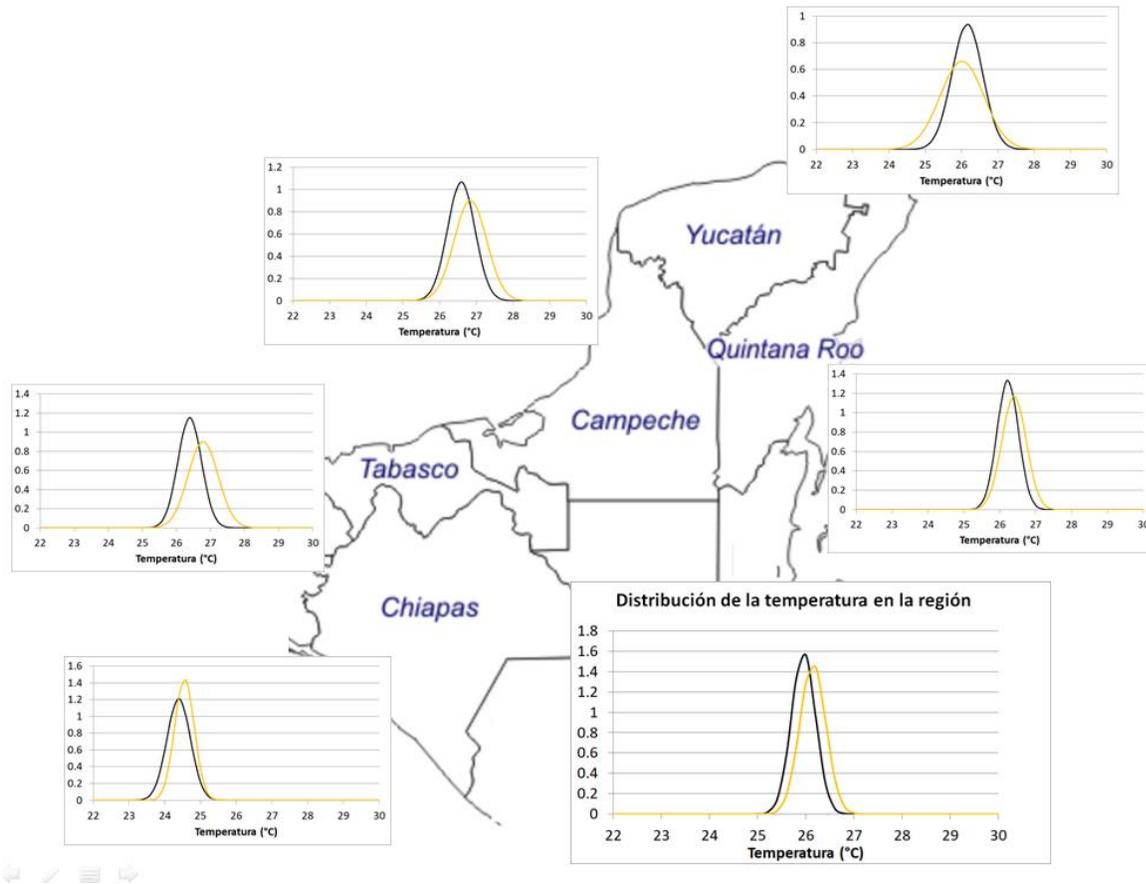


Figura 26. Función de densidad de probabilidad anual de la temperatura media por estado y para la región. La línea negra representa el periodo 1961-1990 y la amarilla 1981-2010.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SMN (2017).

La temperatura media y los extremos anuales para la región indican valores más cálidos en el clima presente en comparación con el histórico, como se observa a partir del desplazamiento de la FDP hacia la derecha en relación con el clima de referencia, lo que se podría interpretar como una señal de calentamiento global que está presente en el sureste de México.

### 3.1.2 Recurrencia de ciclones tropicales de 1950 a 2010

El siguiente análisis de los ciclones tropicales, de intensidad tormenta tropical, depresión tropical y huracán categorías 1 a 5, se desarrolló a partir de la base de datos de re-análisis de ciclones tropicales (HURDAT2<sup>7</sup>) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2017 por sus siglas en inglés). Entre 1950 y 2010 se registraron 328 ciclones tropicales que impactaron o pasaron cerca de la región sureste de México, entre la latitud 12.0° N a 25.0° N y longitud -80.0° W a -95.0° W (figura 27).

<sup>7</sup> HURDAT2, disponible en: [http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data\\_Storm.html](http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data_Storm.html) [Consultado el 01-09-2018].

De estos, 69 tocaron tierra en al menos un punto de la región sureste, aunque durante su trayectoria hayan ingresado en más de una entidad federativa. El 55.1% corresponde a depresiones tropicales, 27.5% a tormentas tropicales y 17.4% a huracán de categoría 1 a 5. Los ciclones que se originan en el océano Atlántico son los que más ingresan a los estados del sureste mientras que los del océano Pacífico regularmente siguen trayectorias paralelas a la costa mexicana.

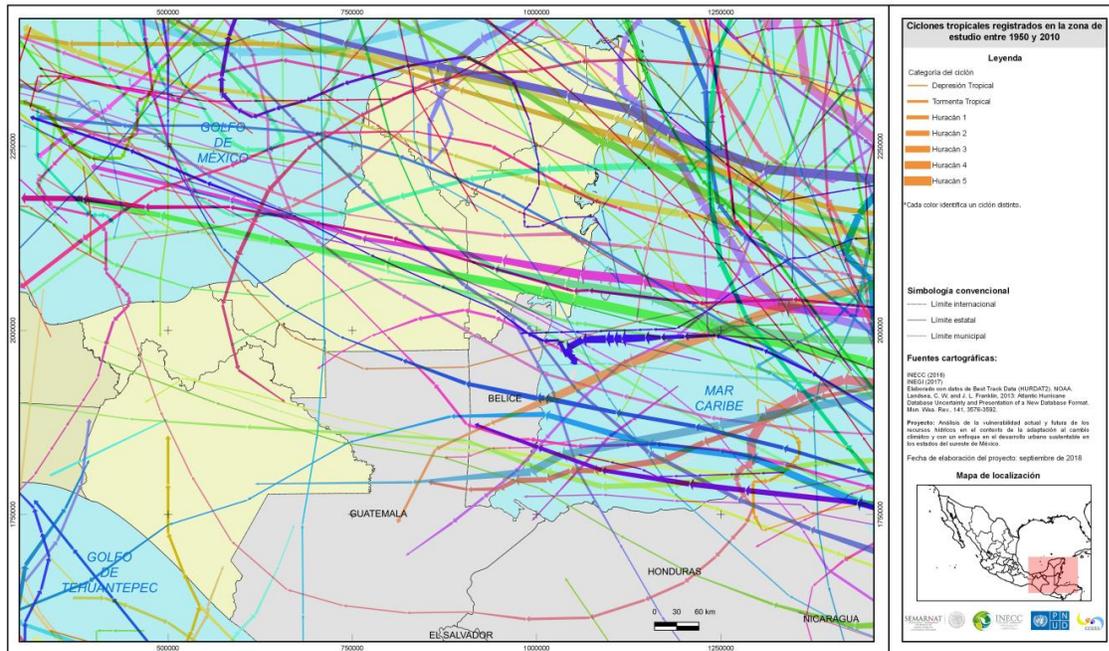


Figura 27. Trayectorias de 328 ciclones tropicales que ingresaron o pasaron cerca de la región sureste de México entre 1950 y 2010.

Fuente: NOAA (2017).

Del total de ciclones que han ingresado en los cinco estados del sureste de México (figura 28), 35.1 % han impactado Quintana Roo, 22.9 % Campeche y 22.1 % Yucatán, lo que denota la alta exposición de la Península de Yucatán, y en particular de la región oriente de la Península ante dichos fenómenos hidrometeorológicos. En tanto que en Chiapas y Tabasco, aunque han ingresado el 11.5 % y 8.4 % de los ciclones, las características orográficas amplifican el nivel de la amenaza. Cabe señalar que los ciclones tropicales tienen efectos directos por los vientos y la precipitación en los estados cuando ingresan a tierra, y tienen efectos indirectos a larga distancia relacionados con la precipitación, aunque no toquen tierra. En particular, la planicie costera en la cuenca baja de las cuencas del Grijalva y Usumacinta, en la que se encuentra parte de una de las regiones de estudio, se ha visto severamente afectada por lluvias extremas. En la siguiente sección se presentan mayores detalles de los impactos de este y otros tipos de fenómenos hidrometeorológicos en la región.

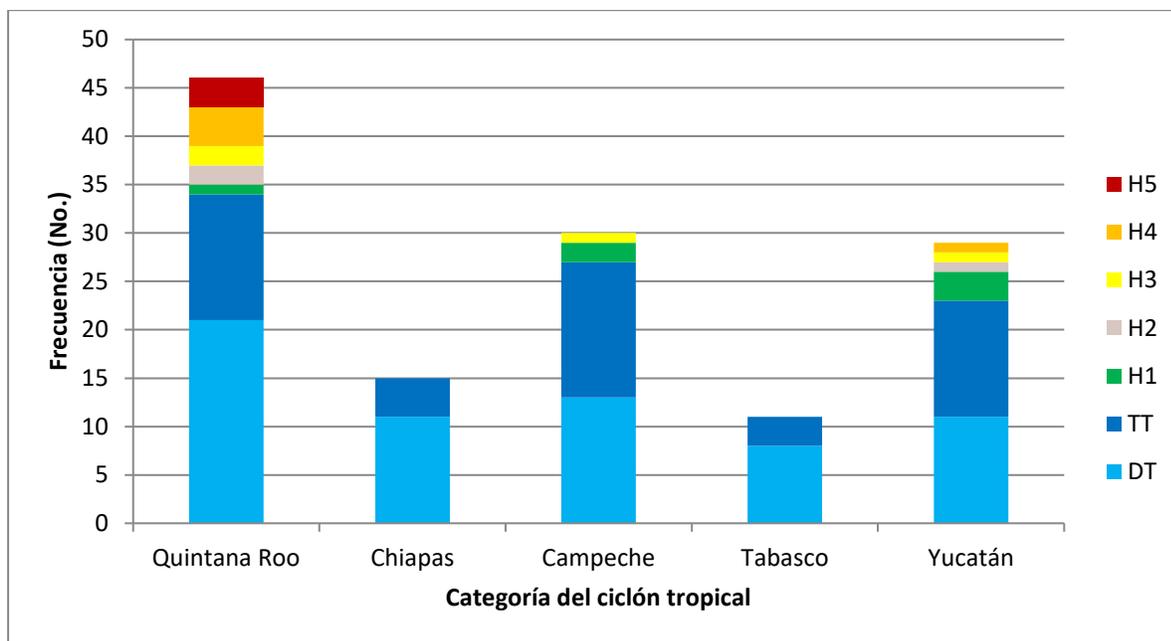


Figura 28. Número de ciclones tropicales, por categoría, que han tocado tierra por estado de 1950 a 2010.

Fuente: NOAA (2017).

Nota: Depresión tropical (DT), tormenta tropical (TT), huracán categoría 1 a 5 (H1 a H5). En el conteo se considera que algunos ciclones tropicales ingresaron a diferentes estados durante su misma trayectoria.

La tendencia y patrón de los ciclones tropicales que ingresaron en algún punto del sureste de México refleja que las categorías de depresión y tormenta tropical han incrementado el número de veces por década desde 1950 (figura 29). Huracanes de categoría 1 y 2 redujeron el número de veces de ingreso a tierra en las décadas de 1980's (año 1971 a 1980) y 1990's (año 1981 a 1990), probablemente relacionado a la influencia de la fase negativa de la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO). Se percibe que huracanes de categoría mayor a 2 coinciden con la fase positiva de la AMO en combinación con la fase negativa de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Mantua, Hare, Zhang, Wallace y Francis, 1997), en el que la temperatura del océano Pacífico es anómalamente fría a lo largo de la costa de Norteamérica, Centroamérica y el Ecuador, y cálida al interior del Pacífico norte. Durante la fase positiva de la AMO la temperatura del océano Atlántico es mayor a lo normal y los vientos en la troposfera favorecen la circulación ciclónica profunda en la atmósfera (Jiménez, S/A).

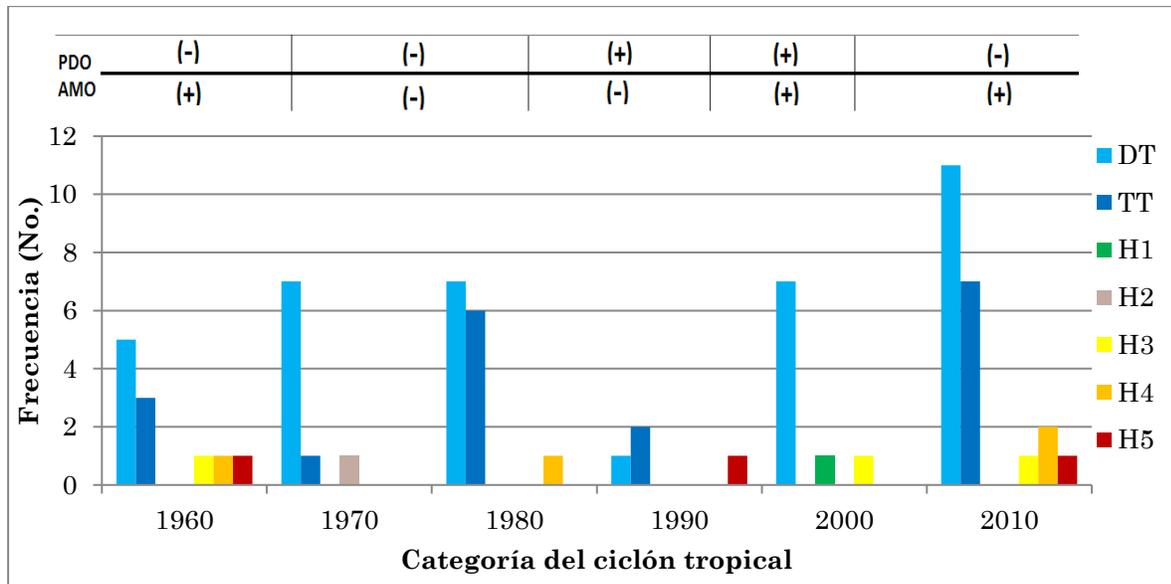


Figura 29. Número de ciclones tropicales por década y categoría y representación de las fases de la AMO y PDO.

Fuente: Elaborada a partir de Lobato-Sánchez y Altamirano, (2017) y datos de NCEP, disponibles en <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>.

Nota: Depresión tropical (DT), tormenta tropical (TT), huracán categoría 1 a 5 (H1 a H5).

Las fases frías y cálidas de la AMO duran entre 20 a 40 años, con lo cual se tendría que la amenaza de los ciclones tropicales intensos sería recurrente hasta el 2030, y se intensificarían por efecto del cambio climático. El IPCC (2007) indica que, basados en modelos numéricos, es probable que estos fenómenos sean más intensos bajo cambio climático, por el aumento en la temperatura de la superficie del mar tropical. Sin embargo, no hay consenso científico sobre los cambios en la frecuencia de éstos.

## 3.2 Impactos por fenómenos hidrometeorológicos

El impacto de fenómenos hidrometeorológicos y climáticos extremos en combinación con condiciones socioeconómicas de la región (véase sección de vulnerabilidad), por ejemplo, bajo porcentaje de acceso a servicios básicos de vivienda, como son agua entubada y drenaje, y alta dispersión de la población, representan un reto actual y futuro para satisfacer la demanda de agua para consumo humano y actividades productivas.

### 3.2.1 Análisis de los impactos

El exceso de agua por precipitación extrema, debida a ciclones tropicales, frentes fríos o lluvia por ascenso orográfico (convección vertical profunda), se relaciona con inundaciones que afectan temporalmente la calidad de agua superficial para el consumo público y en ocasiones la infraestructura hidráulica de almacenaje, por asolvamiento, y suministro de agua potable, entre otras afectaciones.

Mientras que episodios de precipitación por debajo de lo normal, denominados sequías meteorológicas<sup>8</sup>, en combinación con altas temperaturas repercuten en la disponibilidad de agua para actividades productivas primarias y terciarias, así como para el consumo humano, y pueden derivar en sequías agrícola, hidrológica y socioeconómica (Shien-Tsung, Tao-Chang, Chen-Min, Chih-Hao y Pao-Shan, 2013) no obstante que en el sureste de México la disponibilidad hídrica superficial y subterránea no sea un problema actual.

De acuerdo con registros sistemáticos del CENAPRED, disponibles del año 2000 al 2015, los cinco estados de la región sureste de México son afectados principalmente por lluvias extremas (65.0 %), ciclones tropicales (11.0 %), inundaciones (5.0 %), sequías (4.0 %) y temperaturas altas (3.0 %) (figura 30). Éstos ocasionan repercusiones sociales, económicas y ambientales, e impactan en la disponibilidad y acceso al recurso hídrico. Al respecto, con base en información del FONDEN se identifica que en el mismo periodo se han presentado en la región 254 declaratorias, de las cuales 38 corresponden a contingencias climatológicas (se refieren únicamente a las afectaciones en el sector agropecuario), 93 a desastres y 123 a emergencias. La mayoría de las declaratorias por desastres y emergencias están relacionadas con la ocurrencia de lluvias extremas, en el caso de las declaratorias por contingencia climatológica, las principales causas son las sequías y las lluvias extremas. Chiapas es el estado que cuenta con mayor número de declaratorias (129), seguido de Tabasco (46), Quintana Roo (43) y, en menor proporción, Campeche (19) y Yucatán (17) (figura 30).

---

<sup>8</sup> Sequía meteorológica: evaluada a partir del grado de sequedad o falta de lluvia en una región, y de la duración de dicho período seco (en comparación a una condición considerada normal). Esta definición considera específicamente las condiciones atmosféricas de la región, ya que la cantidad y distribución de la precipitación varía de una zona a otra (Wilhite y Glantz, 1985).

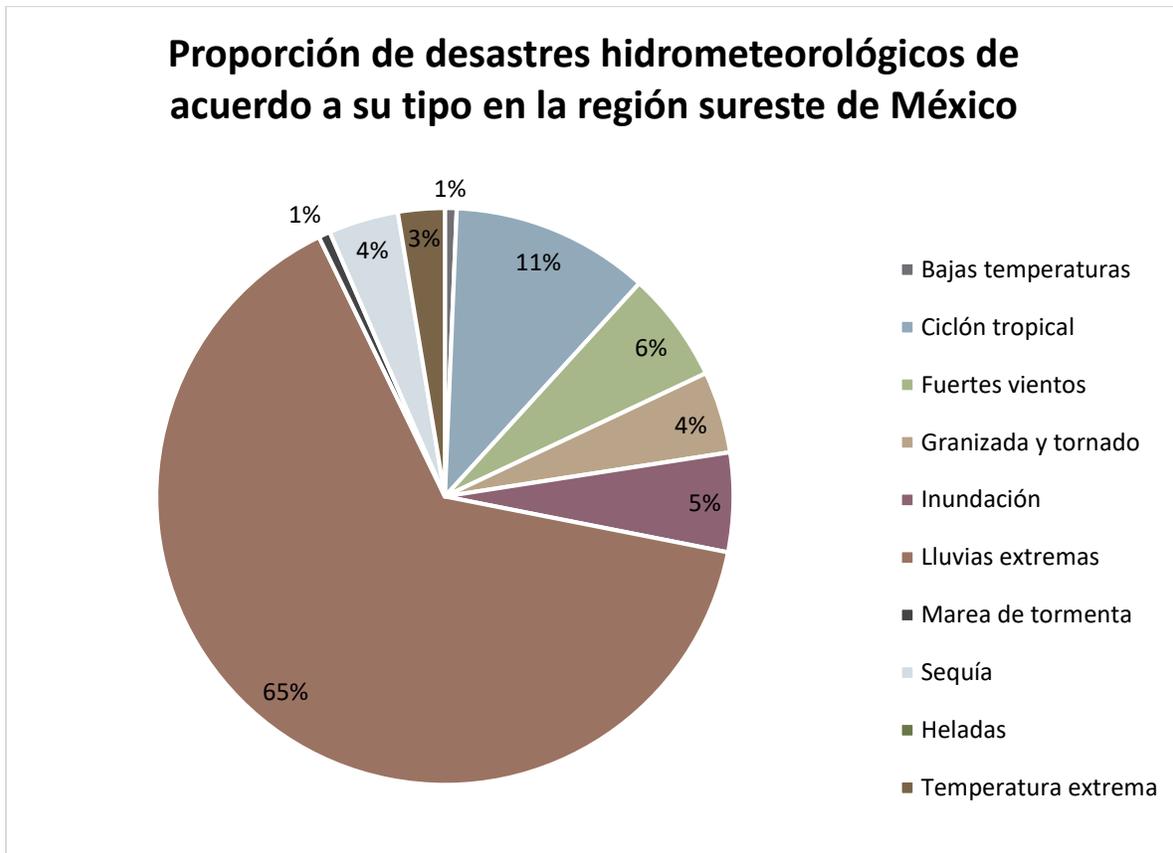


Figura 30. Proporción de desastres hidrometeorológicos de acuerdo a su tipo en la región sureste de México.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CENAPRED (2017).

Como se observa en la figura 31, en Chiapas y Tabasco, donde está la mayor parte de la RHA XI y una de las regiones de estudio en la parte media-baja de la cuenca Grijalva-Usumacinta, la proporción de registros de desastres por lluvias extremas (155 casos) es 360 % superior a los tres estados de la Península de Yucatán (43 casos), no obstante que en la Península sea más recurrente el ingreso de las trayectorias de los ciclones tropicales. Los desastres asociados con las lluvias extremas hacen evidente que las condiciones físico-geográficas en esta región amplifican la sensibilidad ante el efecto de fenómenos que provocan lluvias extremas. Asimismo, aunque haya alta disponibilidad del recurso hídrico se podrían presentar problemas para la distribución y el suministro, como sucedió durante la inundación de 2007.

Cabe destacar que en Tabasco la mayor parte del terreno está comprendido por lomeríos bajos y zonas planas, por lo que las zonas inundación son cercanas al 90 % del territorio; solamente en la parte más al sur del municipio de Tenosique es menos propensa a la inundación, por una pequeña cadena de montañas con dirección noroeste, que se extiende desde la parte norte del estado de Chiapas, (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2013). En el caso de Campeche los ríos del estado se caracterizan por presentar desbordamientos lentos, de grandes dimensiones y con una duración temporal alta, estas cualidades permiten que se lleven a cabo las acciones de evacuación, por lo cual las pérdidas se concentran en bienes materiales (Posada, Vega y Silva, 2013).

El impacto directo de la alta frecuencia de ciclones tropicales que ingresan a la RHA XII (véase apartado de ciclones tropicales) se evidencia con el número diferenciado de registros de desastres en comparación con la RHA XI, no obstante Chiapas y Quintana Roo son los estados con mayores afectaciones. Los fenómenos que han marcado una pauta importante son el huracán Stan en el 2005 en Chiapas, por el número de defunciones y por los daños que ocasionó, y el huracán Wilma en 2005 en Quintana Roo.

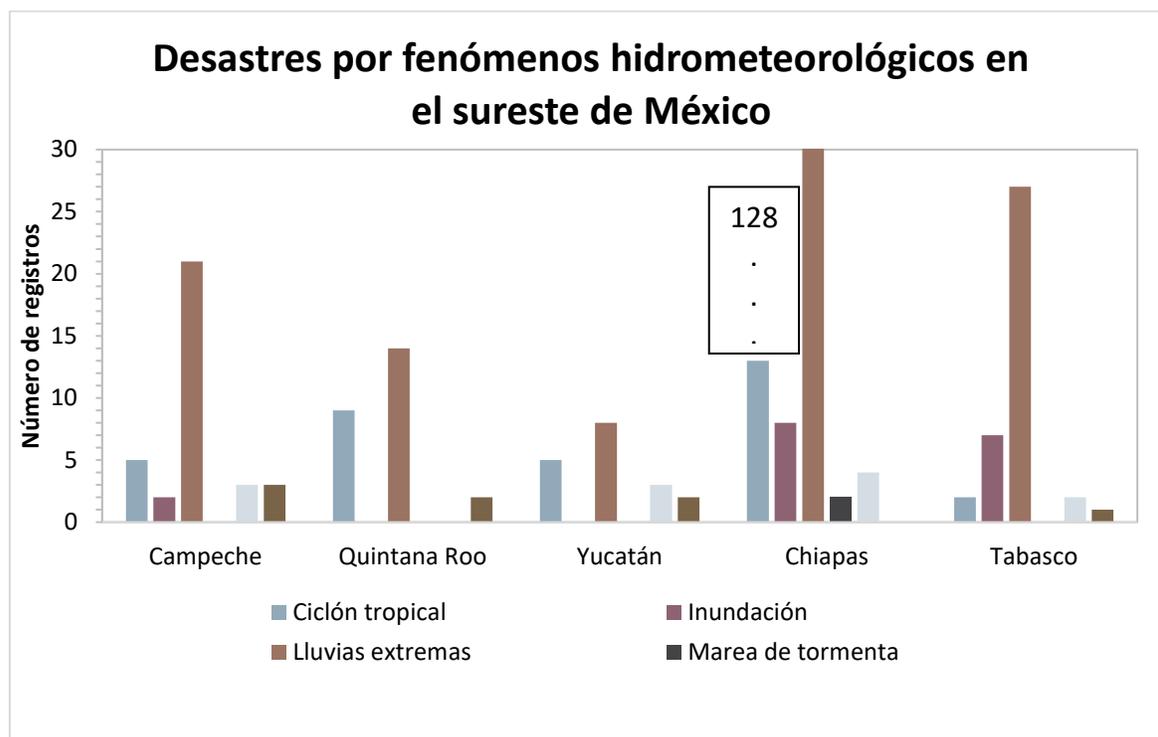


Figura 31. Número de registros de fenómenos hidrometeorológicos que causaron desastres en estados de la región sureste de México.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CENAPRED (2017).

El impacto de las temperaturas máximas extremas se relaciona principalmente con la salud de la población, calidad de alimentos, y la aparición de epidemias, como el dengue. Diversos estudios muestran que, con temperaturas altas y mayor humedad, el potencial de ocurrencia de epidemias de dengue aumenta (Guzmán, 2014). Por otra parte, temperaturas máximas extremas en combinación con déficit o retraso de la precipitación incrementan la evapotranspiración del agua superficial y la demanda para actividades productivas, con la aparición de sequías agrícolas que afectan principalmente a Chiapas, Yucatán y Campeche.

Tabasco presenta la mayor cantidad de registros de infraestructura de viviendas, casas y hospitales dañados, muy probablemente relacionado con las inundaciones por efecto de la precipitación extrema (figura 32a). La inundación del 2007 en Villahermosa, Tabasco, fue significativa por la cantidad de población afectada (figura 32b), así como los costos de los impactos. Yucatán es el segundo estado con mayor afectación en infraestructura, probablemente relacionado al efecto de ciclones tropicales, le sigue Chiapas. Alrededor del 95 % de la infraestructura dañada en el sureste corresponde a viviendas, lo que

se suma a un porcentaje bajo de acceso a servicios de agua entubada y drenaje en las casas. La cantidad de personas afectadas tiene relación con el número de viviendas dañadas. Se encuentra una relación de al menos cinco personas afectadas por vivienda dañada, aunque este número se puede incrementar a más de 100 ya que sólo se cuenta con el número total de personas afectadas y en el conteo podrían estar incluidos personas afectadas por otros fenómenos, como olas de calor y ondas gélidas.

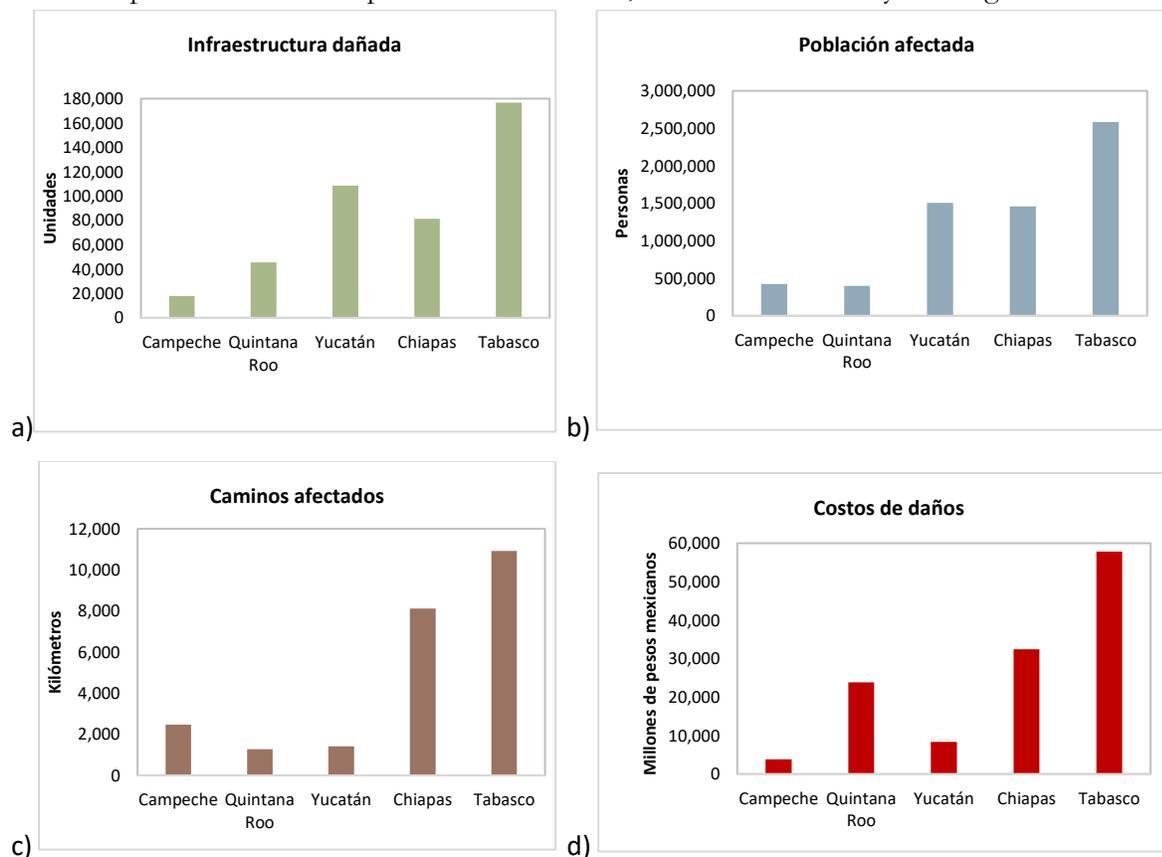


Figura 32. Impactos por fenómenos hidrometeorológicos en la región sureste de México. a) Población afectada, b) Viviendas, escuelas y hospitales dañados, c) Caminos afectados y d) Costos de daños.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CENAPRED, (2017).

En cuanto a registros de infraestructura de transporte, Chiapas y Tabasco tienen una proporción de más de 3.5 km de carreteras dañadas en comparación con la Península (figura 32c), principalmente relacionado con el impacto de precipitación extrema que causa inundaciones y remoción de tierra. Los caminos dañados inciden en el restablecimiento de la provisión de bienes y servicios, así como en el transporte de personas y mercancías, posterior a la afectación del desastre.

Los daños anteriores, en combinación con afectación a cultivos, resultan en costos que son superiores en los estados de la RHA XI en comparación con la RHA XII en el periodo 2000 a 2015. Éstos son por más de 57,000 millones de pesos para Tabasco y más de 32,000 millones para Chiapas (figura 32d), en comparación con los más de 23,000 millones de pesos en Quintana Roo, que es el estado de la RHA XII con más costos económicos por desastres y del que el 76 % correspondió al ciclón tropical Wilma, en 2005. Los desastres, entre otros factores externos como desvío de recursos, regularmente reorientan el gasto e inversión originalmente considerada para servicios e infraestructura y podrían incidir en el

rezago social que enfrentan algunos de los municipios de las regiones de estudio. Los costos y el tiempo de recuperación se aminoran cuando existen seguros o programas gubernamentales para enfrentarlos.

Considerando la base de datos Desinventar (Corporación OSSO, 2017), a nivel local se identifican 2,897 registros de desastres en el periodo 1970 a 2013. La distribución es consistente con las declaratorias reportadas por el CENAPRED en la que Chiapas y Tabasco cuentan con el mayor número de registros, con la particularidad de que la proporción es entre 8 a 14 veces mayor con Desinventar debido a la mayor longevidad de la base de datos local y que consideran afectaciones que bajo criterios gubernamentales no se catalogan como desastres. Los estados de Chiapas (1,059), Tabasco (630) y Yucatán (611) concentran casi el 80 % de los registros de Desinventar, Campeche (336) y Quintana Roo (261).

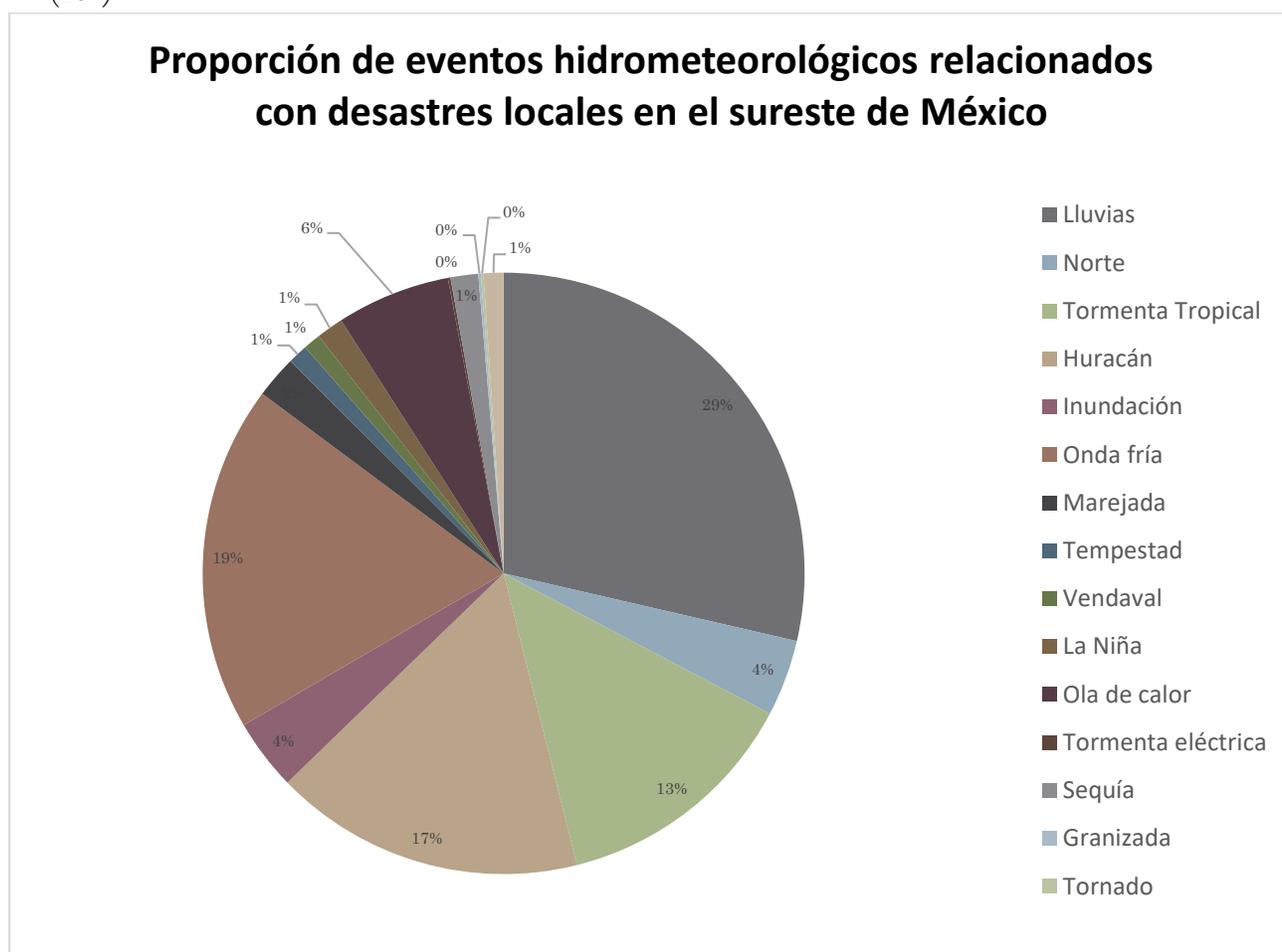


Figura 33. Proporción de eventos hidrometeorológicos relacionados con desastres locales en la región sureste de México.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Corporación OSSO (2017).

Los registros locales en su mayoría se asocian con el efecto de lluvias extremas (29.0 %) y ciclones tropicales (30.0 %), principalmente (figura 33), que coinciden con el orden de afectación de los fenómenos registrados por el CENAPRED, aunque en diferente proporción. Asimismo, en Desinventar las ondas frías tienen alto porcentaje de repercusión, 19.0 %, probablemente en zonas altas y por efecto de los frentes fríos.

Uno de los fenómenos de lenta a parición que han causado afectaciones en estados del sureste son las sequías, a las que se debe prestar atención en la planificación hídrica ante cambio climático, no obstante que la disponibilidad de agua sea alta en el sureste del país. En México, los efectos de las sequías están fuertemente relacionados con la situación de los recursos hídricos, pues la mayoría de las fuentes de agua se encuentran bajo una presión alta por el incremento en las demandas, éste no es el caso del sureste de México, y la insuficiente gestión del recurso. Por esto, la sequía es generalmente percibida no tanto como la falta de precipitación, sino a través de los impactos asociados a la falta de agua en los que a su vez influyen otros factores como son los usos y manejo de este recurso. Así, resulta necesario separar al fenómeno climático de sus impactos.

El peligro de que se presente una sequía meteorológica puede ser definido a partir de la estimación de la probabilidad de ocurrencia de una anomalía de precipitación representada en términos de percentiles o a través de un valor umbral asociado a los impactos. Considerando únicamente el aspecto meteorológico, se tiene que un déficit de precipitación no necesariamente se traduce en sequías agrícolas o hidrológicas. Por lo tanto, es mínima la probabilidad de que una condición de sequía meteorológica afecte significativamente la disponibilidad de agua en las RHA XI y RHA XII. Para comprender y explicar los diversos impactos a consecuencia de las sequías en las RHA donde no hay presión del recurso hídrico, es necesario considerar aspectos como la distribución y los usos del recurso agua.

Si bien, los costos de las pérdidas por sequía son asociados principalmente con daños en el sector agropecuario, la proporción de productores afectados es significativa. Tal es el caso de la sequía del 2007 que afectó a 9,169 productores agrícolas en Campeche, o la sequía del 2008 que ocasionó siniestros en más de 11 mil hectáreas de maíz afectando a 11,238 productores agrícolas en Yucatán y la sequía del 2009 que afectó a 1,482 productores de ganado en el mismo estado (CENAPRED, 2017).

### 3.3 Análisis de escenarios

En el apartado se presenta un análisis de los escenarios de cambio climático para el sureste de México, los estados y municipios de estudio, tomando como punto de referencia los horizontes de tiempo en que se alcance un incremento de 1.0 °C, 1.5 °C y 2.0 °C en la temperatura media global, adicionales al incremento observado de 0.48 °C entre los años 1765 y 1990 (INECC-PNUD, 2017), a partir de los escenarios proporcionados por el INECC con resolución espacial de 0.5° x 0.5° de latitud y longitud, generados con los modelos climáticos de circulación general (MCG) HADGEM2-ES y MPI-ESM-LR, forzados con los escenarios para las trayectorias de emisiones representativas (RCP) 8.5 y 4.5 (Moss *et al.*, 2010).

Con el fin de contar con series continuas mensuales para el análisis de los escenarios de cambio climático en el sureste de México del periodo 2015 a 2065, que incluyen tres periodos de treinta años, centrados en el año 2030, 2041 y 2051, en los que se alcanza un incremento de la temperatura media global de 1.0 °C, 1.5 °C y 2.0 °C (INECC-PNUD, 2017), se procesaron datos de acceso público de los escenarios originales de cambio climático generados con los modelos HadGEM-ES y MPI-ESM-LR, utilizados como parte del Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

Los datos mensuales de las variables temperatura media, máxima, mínima y precipitación se obtuvieron de los sitios públicos en internet del Proyecto de Intercomparación de Modelos Fase 5 (CMIP5, por sus

siglas en inglés) y del *Climate and Environmental Retrieval and Archive* (CERA, por sus siglas en inglés) del *World Data Center for Climate* (WDCC-CERA, por sus siglas en inglés), donde los centros internacionales de modelación resguardan los escenarios de cambio climático para las RCP 4.5 y RCP 8.5, entre otros datos.

Se homologó la resolución de los datos, mediante interpolación bilineal (Jun, Knutti y Nychka, 2008), a un tamaño de celda gruesa de  $1.875^\circ \times 1.875^\circ$  para considerar la resolución de los dos MCG. Esto con el fin de evitar reducir la escala espacial original de los datos (por ejemplo, pasar de un tamaño de celda de malla de 200 km x 200 km a 50 km por 50 km) e incrementar la incertidumbre en los cambios proyectados, ya que metodológicamente no es recomendable reducir la escala mediante interpolación o estadísticamente sin incluir la consideración de procesos físicos. La reducción de escala está más allá de los alcances del presente proyecto.

Se calculó la climatología mensual con los datos de cada MCG para el periodo de referencia 1961 a 1990 y ésta se restó a los datos de las proyecciones futuras de cada MCG para obtener los cambios o anomalías de temperatura (en °C) y precipitación (%). El procesamiento se realizó con Operadores de Datos Climáticos en el sistema operativo GNU Linux.

### 3.3.1 Temperatura y precipitación media al 2030, 2041 y 2051 en el sureste de México

El cambio de la temperatura media en el sureste del país, con respecto al periodo de referencia 1961 a 1990, es variable con relación al esperado a escala global, en función del escenario RCP y MCG (cuadro 16). Con el RCP 4.5, por ejemplo, se tendrían cambios menores al global para el promedio de 30 años centrado en el 2051, mientras que el RCP 8.5 y con el modelo HadGEM-ES el cambio sería superior, cerca de  $0.5^\circ\text{C}$  mayor que el incremento global esperado.

Cuadro 16. Cambio proyectado en la temperatura media (°C) en el sureste de México para periodos de treinta años, por escenario RCP y MCG.

Año	MPI-ESM-LR RCP 4.5	HadGEM-ES RCP 4.5	MPI-ESM-LR RCP 8.5	HadGEM-ES RCP 8.5
2030	1.18	1.30	1.36	1.47
2041	1.46	1.63	1.73	1.96
2051	1.67	1.87	2.15	2.46

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

La serie anual del cambio de la temperatura media en el sureste de México, representada por líneas en la figura 34, muestra que los dos MCG, bajo los dos RCP, son próximos hasta el año 2030, a partir del cual comienza a separarse la señal (líneas), presentando mayor calentamiento los modelos bajo el RCP 8.5 a mediados del siglo XXI, de estos el -ES es más extremo, con un aumento promedio de temperatura de  $3.0^\circ\text{C}$ .

El cambio de la precipitación en la región sureste de México (barras en la figura 34) tiene alta variación en el signo de un año a otro (incremento seguido de reducción de precipitación), no obstante, la tendencia de déficit de largo plazo es consistente entre los dos modelos bajo los dos RCP. Después del

año 2040 es notoria una tendencia de reducción de la precipitación anual, con decremento recurrente en torno al 10.0 %.

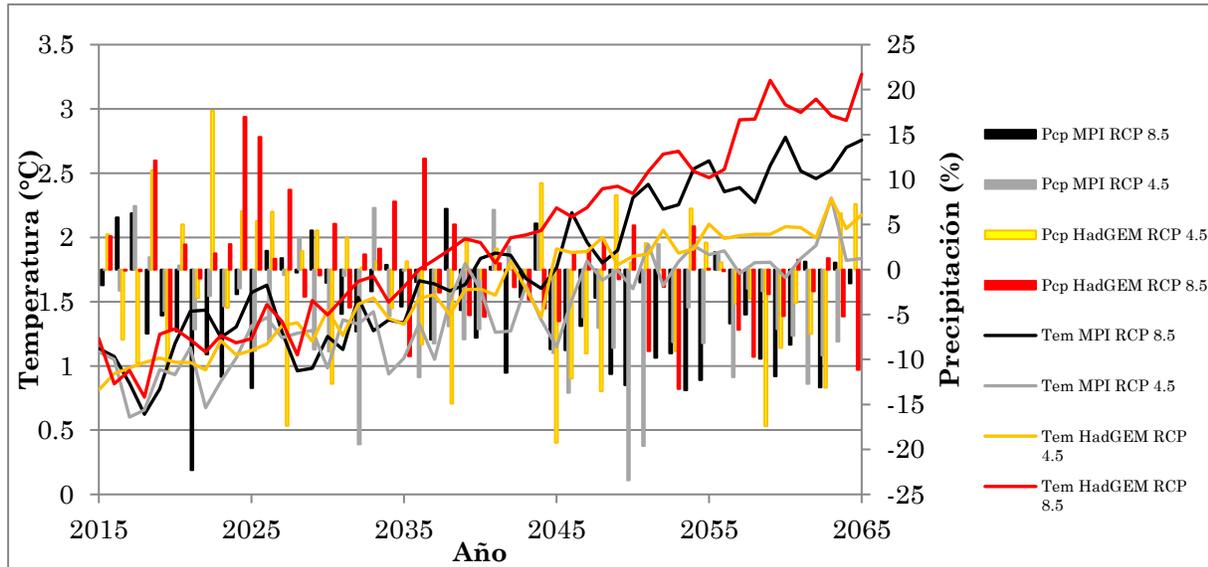


Figura 34. Cambio anual proyectado en el sureste de México para los escenarios del MCG HadGEM-ES y MPI-ESM-LR, en temperatura media (°C, Tem.) y precipitación (% Pcp), con respecto al periodo 1961-1990.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

En las RHA XI y XII la intensidad de calentamiento es mayor con el modelo HadGEM-ES que, en la totalidad del sureste de México, debido a que se excluyen del análisis los incrementos de menor intensidad que se dan en el océano. En la RHA XI el calentamiento es de mayor intensidad que en la RHA XII (figura 35), debido al efecto amortiguador del océano en la Península de Yucatán y que es una plataforma continental en la mayor parte, mientras que en la zona montañosa de las cuencas Grijalva-Usumacinta el incremento es mayor. A escala local el calentamiento llega a ser mayor a 1.0 °C bajo el RCP 8.5 en comparación con el RCP 4.5.

Los cambios de la precipitación en las RHA XI y XII son consistentes con la tendencia de reducción en el sureste del país, después del año 2040. La intensidad de reducción de precipitación es mayor en la RHA XII, alcanzando valores superiores al 10.0 o 20.0 % en algunos años, mientras que en la RHA XI el déficit suele ser menor al 10.0 % (figura 35). Es importante resaltar que en el periodo 2020 a 2035 habría años con precipitación mayor a la histórica, por lo que en la planificación de mediano plazo y operación de infraestructura de almacenamiento y distribución de agua se tendrían que considerar estos potenciales escenarios de superávit.

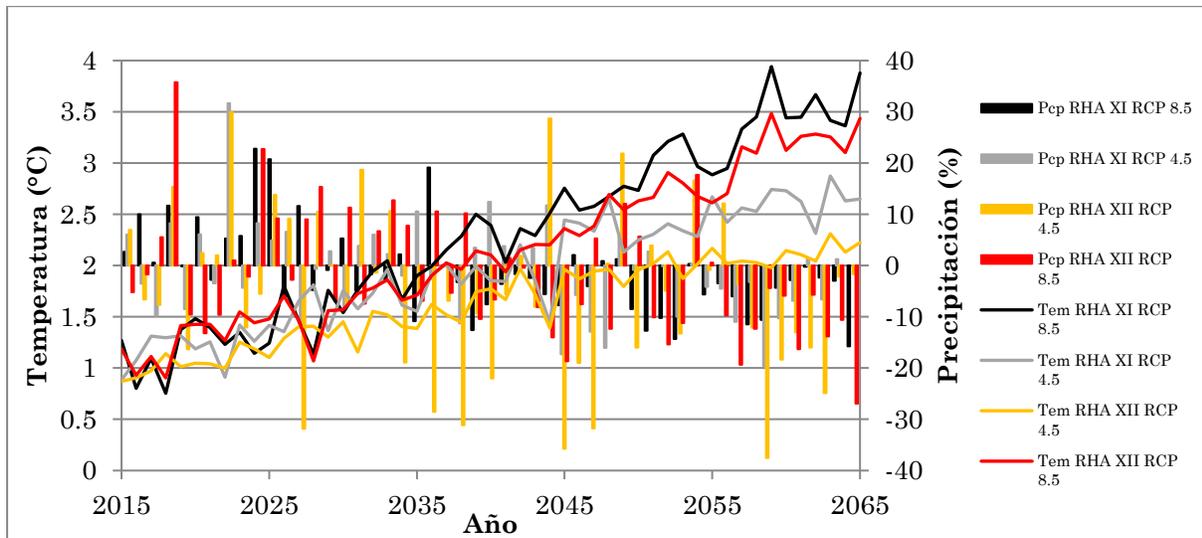


Figura 35. Cambio anual proyectado en las RHA XI y RHA XII para los escenarios del MCG HadGEM-ES, en temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ , Tem.) y precipitación (% Pcp), con respecto al periodo 1961-1990.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

Las series de la temperatura mínima y máxima anual son similares en el sureste de México y las RHA XI y XII, en cuanto a comportamiento, a la temperatura media. El incremento de la temperatura mínima promedio, con respecto a la temperatura mínima del periodo 1961-1990, tiene valores próximos al aumento de la temperatura media, lo que implicaría una mayor frecuencia de noches cálidas, así como días con temperaturas cálidas más extremas ya que los cambios proyectados en la temperatura máxima son hasta  $0.5^{\circ}\text{C}$  de mayor intensidad a los de la temperatura media.

En el análisis espacial y estacional de los escenarios se presentan los resultados para el MCG menos y el más extremo entre los dos RCP; MPI-ESM-LR para el RCP 4.5 y HadGEM-ES para el RCP 8.5, respectivamente, que abarcan los otros dos casos.

En verano y otoño se tendrían mayores incrementos de temperatura y en primavera los más bajos para los dos MCG, lo que resultaría en meses más calurosos en la estación de verano de la climatología del 2041, que es de las más cálidas del periodo histórico. Con el MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5, en Chiapas se darían los mayores cambios, entre  $1.5^{\circ}\text{C}$  y  $2.5^{\circ}\text{C}$  y de ahí se atenúan hacia Tabasco (figura 36). En la Península de Yucatán el cambio es de menor intensidad en la porción norte, con valores entre  $0.5^{\circ}\text{C}$  y  $1.5^{\circ}\text{C}$ , y se incrementan hacia el sur, entre  $1.0^{\circ}\text{C}$  y  $2.0^{\circ}\text{C}$ . Con el HadGEM-ES, en la mayor parte de la región sureste se tendrían incrementos de temperatura entre  $1.5^{\circ}\text{C}$  y  $3.0^{\circ}\text{C}$ , con cambios de menor intensidad en la zona costera del norte y oriente de la Península de Yucatán e incrementos extremos del centro hacia el noreste de Chiapas, este de Tabasco y sur de Campeche, donde se incrementaría la temperatura hasta en  $3.5^{\circ}\text{C}$  en la climatología del año 2051.

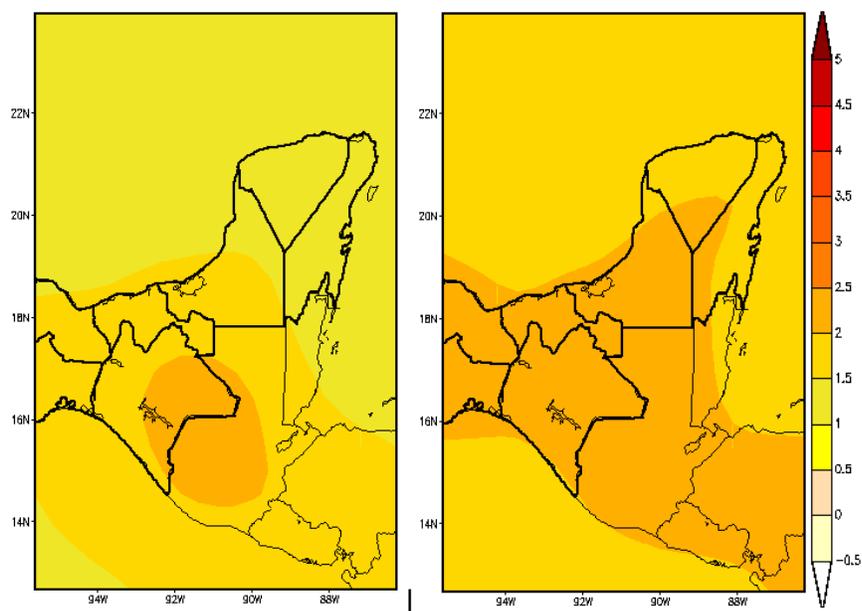


Figura 36. Cambio de la temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ ) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha). Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

La precipitación anual se reduciría entre un 5.0 % y hasta 20.0 % principalmente en Campeche, del sur hacia al centro de Quintana Roo, el sur de Yucatán, el este de Tabasco y el noreste de Chiapas para las climatologías de 2030, 2041 y 2051 con el MPI-ESM-LR, bajo el RCP 4.5. En el caso de HadGEM-ES bajo el RCP 8.5, se proyectan reducciones de menor intensidad, entre el 5.0 % y 10.0 %, inclusive incrementos de hasta el 5.0 % en la zona costera y norte de Campeche, Yucatán y Quintana Roo en las climatologías de 2030 y 2041 (figura 37). En invierno se tendrían incrementos de hasta el 20.0 % de la precipitación en la región con los dos MCG. En verano y otoño se tendrían las mayores reducciones en la región, de hasta el 30.0 % de reducción de la precipitación en la estación.

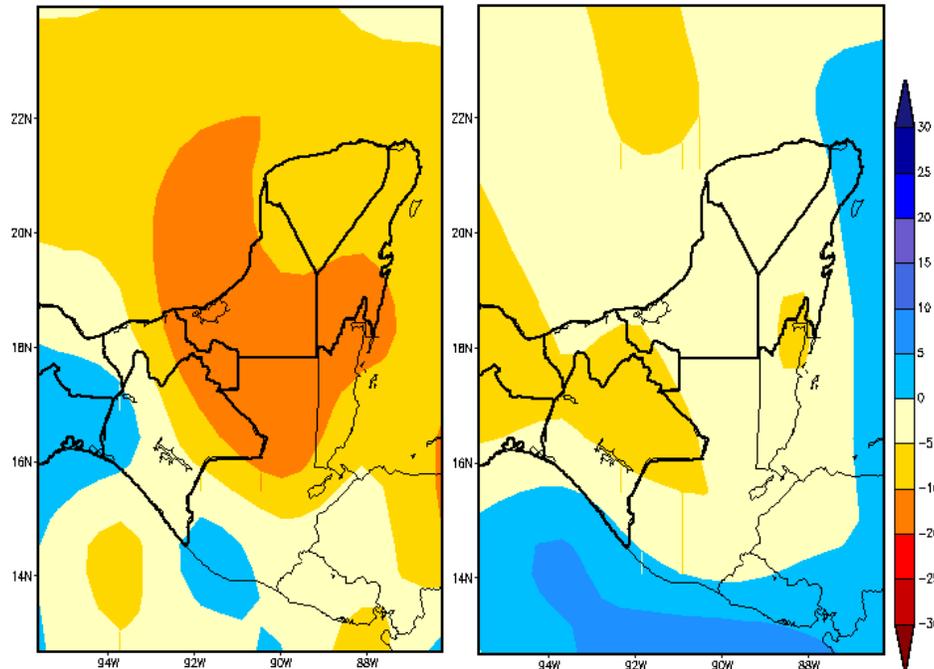


Figura 37. Cambio de la precipitación (%) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

El ciclo mensual del cambio proyectado de la temperatura indica recurrentemente que los cambios por mes para el MCG HadGEM son superiores al MPI, al comparar las líneas de los dos modelos para un mismo año, bajo los dos RCP (figura 38a), y la diferencia es mayor para la climatología del 2051 en comparación con la del 2030. Los mayores cambios de la temperatura se dan en los meses de verano y otoño, que coinciden e intensificarían los valores altos de temperatura registrados en la climatología 1950-2010, y son bajos en invierno. En el caso de la precipitación se identifican dos picos con reducción, uno en los meses de primavera, con déficit entre el 25.0 % y 35.0 % con el MCG MPI para los dos RCP, otro en verano con un déficit de hasta el 25.0 % con los dos modelos, que, en combinación con los mayores incrementos de la temperatura en esos meses, acentuaría el fenómeno de la canícula que se registra en el periodo histórico. Destaca un incremento en la región en el último trimestre del año, que va de 10.0 % a 40.0 % (figura 38b).

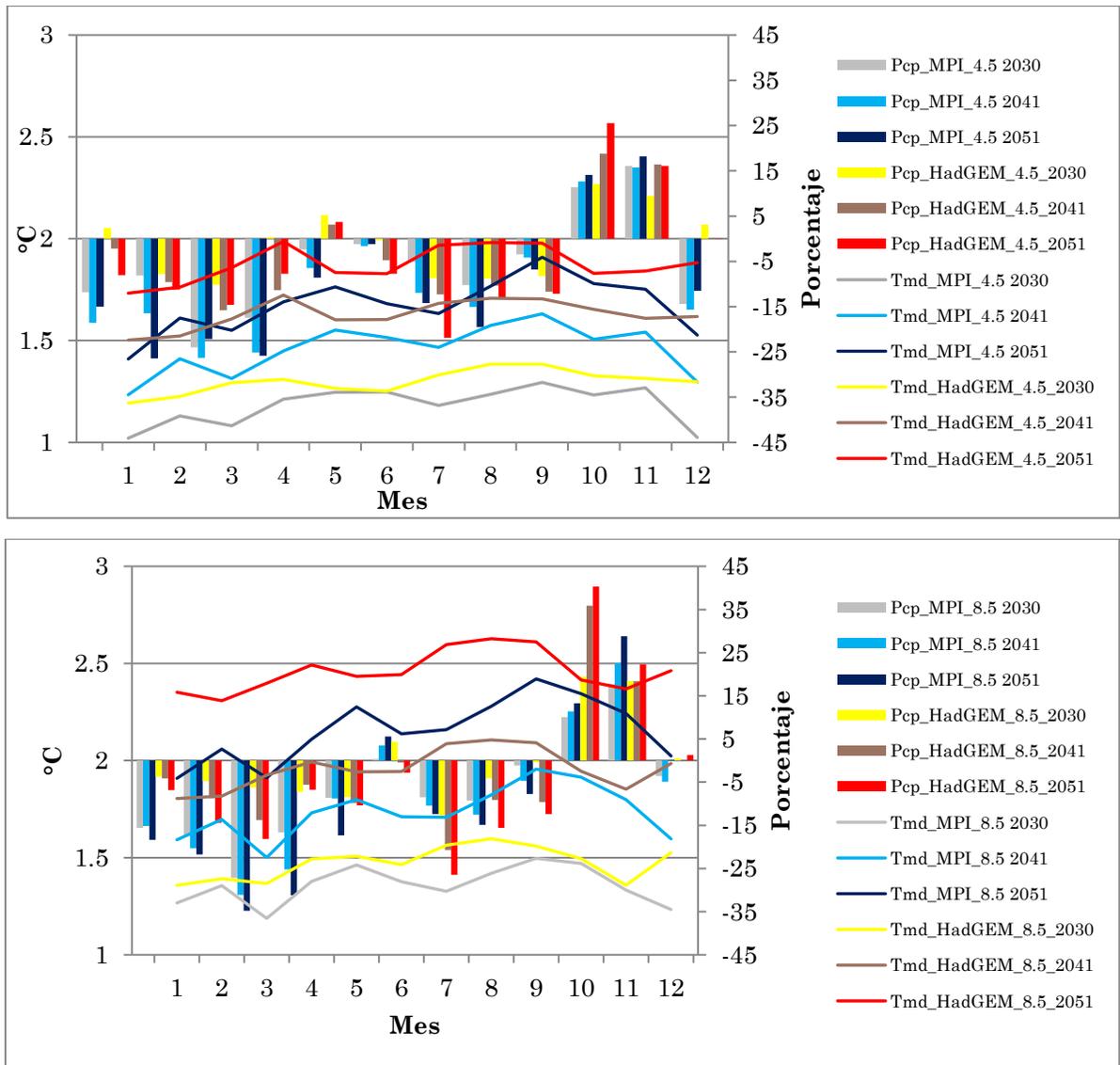


Figura 38. Cambio mensual de la temperatura (Tmd) y precipitación (Pcp) en el sureste de México en 30 años centrados en 2030, 2041 y 2051, con respecto al periodo 1961-1990 para a) el RCP 4.5 (superior) y b) el RCP 8.5 (inferior).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDC-CERA.

### 3.3.2 Temperatura y precipitación máxima al 2030, 2041 y 2051 en el sureste de México

Los extremos de la temperatura máxima, representado por el percentil 95 (figura 39) muestran, con el RCP 4.5, un incremento entre 1.5 °C y 3.0 °C en los años climatológicos 2030 a 2051 con respecto al periodo 1961-1990 e incrementos entre 1.5 °C y 4.0 °C bajo el RCP 8.5. Los dos MCG coinciden en que los cambios más intensos se centran en Chiapas y Tabasco así como el sur de Campeche. En tanto que el MPI presenta anomalías 0.5 °C menores que el HadGEM en la Península de Yucatán.

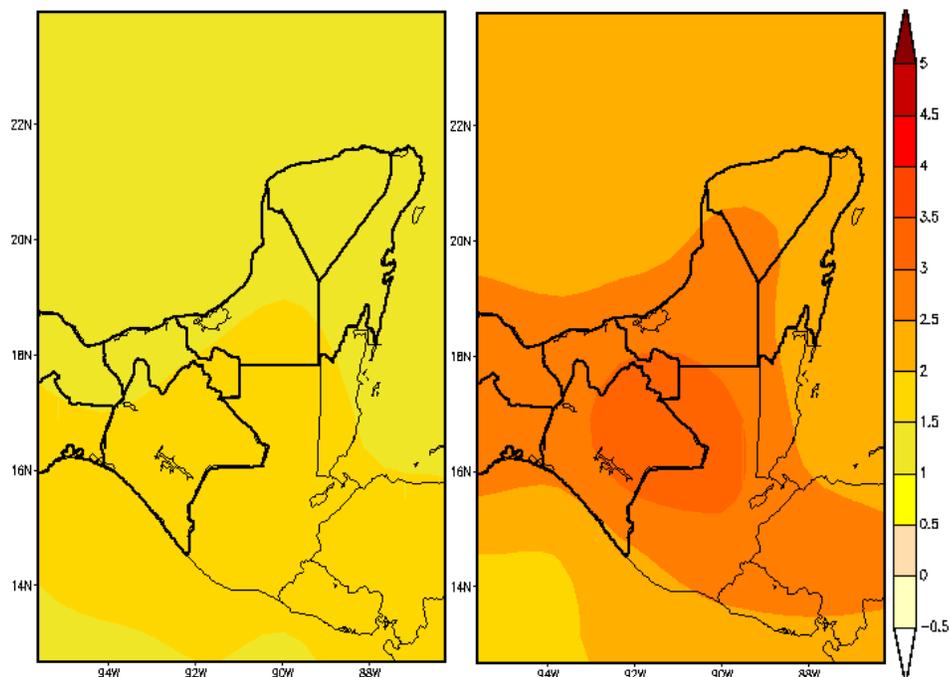


Figura 39. Percentil 95 de la temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

Mientras que para el extremo inferior de la temperatura, representado por el percentil 05 de la temperatura mínima, se proyectan cambios consistentes de aumento entre  $1.0^{\circ}\text{C}$  y  $2.5^{\circ}\text{C}$  hacia la climatología 2051 con los dos MCG y los dos RCP. El HadGEM proyecta un cambio uniforme en la región sureste, en tanto que el MPI resulta con mayores incrementos sobre Chiapas y el este de Tabasco (figura 40).

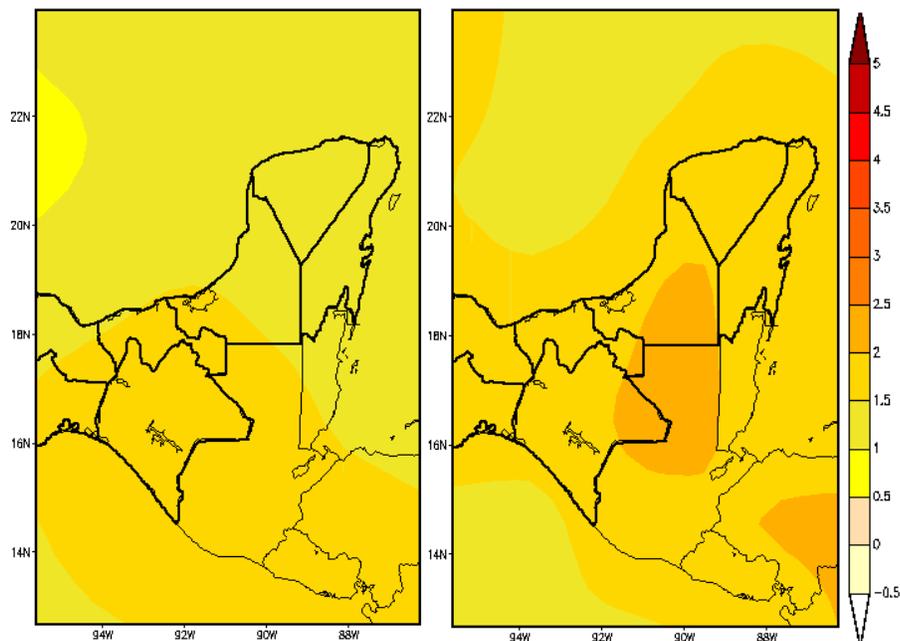


Figura 40. Percentil 05 de la temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

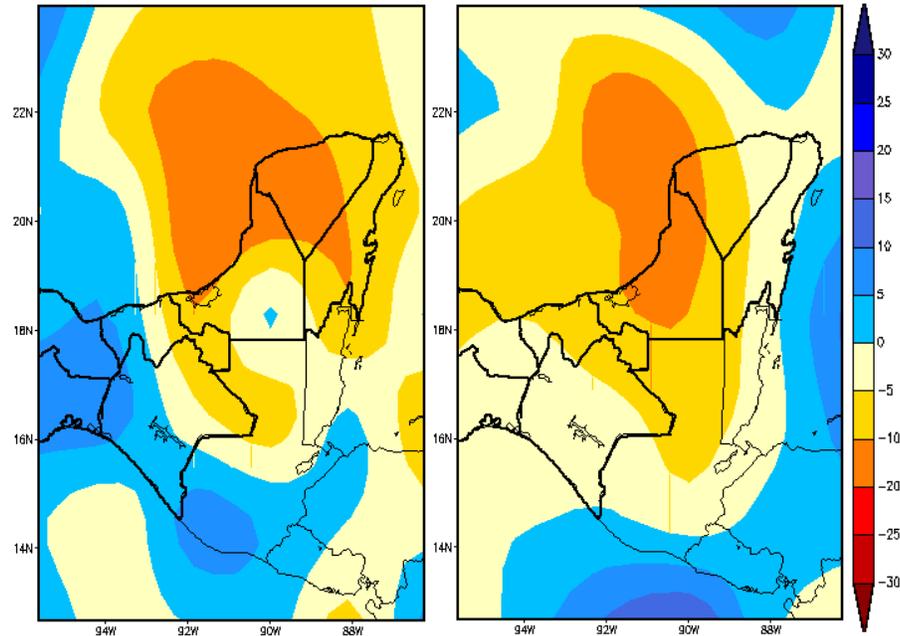


Figura 41. Percentil 95 de la precipitación (%) en 30 años centrados en 2041, con respecto al periodo 1961-1990 para a) MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5 (izquierda) y b) HadGEM-ES bajo el RCP 8.5 (derecha).

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CMIP5 y WDC-CERA.

Se proyecta que los extremos de la precipitación máxima mensual (percentil 95) se reduzcan entre 5.0 % y 20.0 % con el MCG MPI, bajo el RCP 4.5, conforme la climatología más alejada (2051) y se amplía en cobertura espacial desde Campeche y el este de Tabasco hasta cubrir el total de la Península de Yucatán, mientras que se incrementaría la precipitación intensa entre 5.0 % a 10.0 % en el sur y oeste de Chiapas (figura 41). El MCG HadGEM proyecta una reducción en la precipitación entre 5.0 % y 20.0 % en la región sureste para la climatología del 2051, en torno al 5.0 % en la climatología de 2041 e incremento de la precipitación extrema en Chiapas y el oriente de la Península de Yucatán en la climatología de 2030.

### 3.3.3 Extremos Climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso

Con base en las series mensuales de temperatura máxima, mínima y precipitación del modelo HadGEM-ES, para el RCP más extremo de 8.5 W/m<sup>2</sup>, se calculó el percentil 05/95 climatológico del periodo de referencia 1961 a 1990, como una aproximación del umbral de peligros climáticos mensuales extremos, y se obtuvo el número de meses que están por arriba o debajo de dichos percentiles, tanto del periodo de referencia como de los tres periodos de 30 años centrados en 2030, 2041 y 2051. Por ejemplo, para caracterizar la magnitud crítica de una sequía meteorológica (valor umbral), es necesario estimar la cantidad de precipitación que daría lugar a la insuficiencia de agua disponible para las actividades socioeconómicas y los requisitos ambientales. Dado los vacíos de información, una aproximación para estimar el peligro de que se presente una sequía meteorológica puede ser considerada

a partir de la estimación de la probabilidad de ocurrencia de una anomalía de precipitación representada en términos de percentiles.

Se proponen cinco categorías para caracterizar el grado de exposición a fenómenos climáticos extremos con base en la comparación entre el número de meses que en el periodo futuros se está por arriba/debajo del percentil 95/05, con respecto al número de meses que en el periodo histórico se está por arriba/debajo de dichos percentiles (cuadro 17).

**Cuadro 17. Definición de categorías para caracterizar la exposición a peligros climáticos extremos.**

Categoría	Definición
5. Muy alta	El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro es 50 % mayor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
4. Alta	El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro está en un rango entre 10 % a 50 % mayor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
3. Media	El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro está en un rango entre +/- 10 en torno al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
2. Baja	El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro está en un rango entre 10 % a 50 % menor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
1. Muy baja	El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro es 50 % menor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.

Fuente: Elaboración propia.

Se identificaron las celdas/pixeles de la malla del escenario de cambio climático del MCG HadGEM-ES, en que se encuentran contenidos cada uno de los 10 municipios de caso, y se valoró la categoría de exposición a lluvias intensas y olas de calor, caracterizada por valores mensuales mayores al percentil 95 de precipitación y de temperatura máxima, así como sequías meteorológicas y ondas frías, caracterizada por valores mensuales menores al percentil 05 de precipitación y de temperatura mínima (cuadro 18).

**Cuadro 18. Categoría de la exposición a fenómenos climáticos mensuales extremos a escala municipal.**

Periodo (años)	Lluvias intensas (Percentil 95)			Sequías meteorológicas (déficit de lluvia) Percentil 05			Olas de calor (Percentil 95)	Ondas frías (Percentil 05)
	2015-2044	2026-2055	2036-2065	2015-2044	2026-2055	2036-2065	2015-2044 2026-2055 2036-2065	2015-2044 2026-2055 2036-2065
Comitán	A	B	B	M.B.	M.B.	M.B.	M.A.	M.B.
Palenque	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.
Tenosique	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.
Emiliano Zapata	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.
Palizada	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.
Carmen	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.
Tizimín	M	A	M	M.A.	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.
Valladolid	M	A	A	M	B	M	M.A.	M.B.
Felipe Carrillo Puerto	M	A	A	M	B	M	M.A.	M.B.
Othón P. Blanco	M	A	M	A	A	M.A.	M.A.	M.B.

Fuente: Elaboración propia con datos del CMIP5 y WDCC-CERA.

Cabe señalar que se caracteriza y se presenta un análisis de la categoría de exposición por municipio ante diferentes amenazas climáticas, y se omitió generar un índice que integre el total de las amenazas al estar más allá de los alcances del proyecto. En la sección de análisis de “vulnerabilidad futura” se retoman los resultados de la exposición y se asignan colores de semáforo para completar los análisis.

Resulta importante reafirmar, como se detalla en la sección “Análisis de los impactos”, que la sequía meteorológica no siempre conlleva a un desastre. Lo que hace que se convierta en un desastre o no, depende de las características socioeconómicas de la sociedad, es decir, de su vulnerabilidad ante la escasez del recurso agua. Es por ello, que el análisis de la vulnerabilidad es primordial, al no ser lo mismo la escasez de agua porque llovió poco, que el mal manejo de ésta en diversos sectores. La sequía meteorológica es parte de la variabilidad natural del clima, aunque algunos sugieren que, con el cambio climático global, la falta de precipitación por periodos prolongados es más frecuente (Dai, 2013).

## **REGIÓN 1. CUENCA DEL RÍO USUMACINTA-LAGUNA DE TÉRMINOS**

En Comitán sería baja la exposición a episodios de precipitación mensual extrema hacia mediados del siglo XXI y muy baja la exposición a sequías meteorológicas. En los cinco municipios restantes de la región sería muy alta la exposición a precipitación mensual extrema debido a que aumentaría en más del 50 % el número de meses con el percentil 95 de precipitación, con respecto al periodo 1961-1990. De igual forma, en estos municipios sería muy alta la exposición a episodios de sequías meteorológicas hacia mediados del siglo XXI, lo que es consistente con la proyección mundial en que la precipitación se presente en episodios de precipitación intensa y se den episodios de sequías para una misma región. En los seis municipios sería muy alta la exposición a episodios de temperatura extrema máxima, y una categoría de muy baja exposición a episodios de ondas frías.

## **REGIÓN 2. ORIENTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

En Tizimín sería media la exposición a episodios con precipitación mensual extrema y muy alta la exposición a sequía meteorológica. En Valladolid y Felipe Carrillo Puerto sería media la exposición a la precipitación mensual extrema al 2030 y pasaría a ser alta hacia mediados de siglo. La exposición a episodios de sequía meteorológica sería de baja a media en las próximas décadas. En Othón P. Blanco sería media la exposición a la precipitación mensual extrema y alta ante sequía meteorológica. En los cuatro municipios sería muy alta la exposición a episodios de temperaturas mensuales extremas máximas y muy baja la exposición a episodios de ondas frías.

Finalmente hay que señalar que no obstante la alta disponibilidad del recurso hídrico superficial y subterráneo en el sureste, un cambio en los sistemas hidrológicos, tales como los causados por la sequía agrícola/socioeconómica, imponen un riesgo significativo a la sociedad (Jenkins y Warren, 2015), y más aún con la posibilidad de un incremento en la frecuencia, severidad y/o duración de la sequía bajo condiciones de cambio climático. Por ello, es urgente entender la situación de la sequía actual y evaluar la sequía futura (Wang *et al.*, 2015) lo que refuerza la necesidad de planificar ante este fenómeno, dado que cambios en el promedio climático podrían tener impactos en la disponibilidad de agua.

## 4. Vulnerabilidad actual y futura en el sector hídrico: análisis de dos regiones

El objetivo de este capítulo es hacer un análisis de las condiciones de vulnerabilidad actual y futura con un enfoque en el sector hídrico tomando como referencia dos regiones; la Cuenca del Río Usumacinta-Laguna de Términos y la zona oriental de la Península de Yucatán, conformadas la primera por seis municipios y la segunda por cuatro. Dicho análisis sigue el Enfoque Integral propuesto por Lampis (2010) e integra las variables tanto climáticas como sociodemográficas e institucionales (véase más detalles en el enfoque metodológico presentado en el Capítulo 1).

El análisis de vulnerabilidad actual parte de la identificación de la problemática hídrica regional y su incidencia en las condiciones de sensibilidad y capacidad de adaptación de la población a nivel municipal. Para ello, se realizó una revisión de estudios e información existente, entre los que destacan los planes municipales de desarrollo 2015-2018, censos poblacionales, indicadores de condiciones socioeconómicas, así como índices de vulnerabilidad existentes. A partir de esto se identifican los siguientes aspectos; i) condiciones de los recursos hídricos de la región y en los municipios, ii) impactos históricos asociados a la variabilidad climática con la finalidad de identificar cuáles han sido los sectores socioeconómicos a nivel municipal más afectados ante la presencia de condiciones climáticas adversas, iii) condiciones que hacen sensible a la población de cada municipio relacionadas con el uso y acceso al agua, y iv) acciones y programas dirigidos a la adaptación a la variabilidad y al cambio climático.

La información e instrumentos de política para desarrollar el análisis de las condiciones de vulnerabilidad es dispar entre los municipios, aun así, se considera que se puede realizar un análisis comparativo. Para ello, se utilizaron datos e índices oficiales, tal es el caso del índice de rezago social calculado para 2010 (CONEVAL, 2011) y para 2015 (CONEVAL, 2016), el cual resulta de utilidad como una aproximación a la sensibilidad de la población y se presenta cada cinco años a nivel estatal y municipal, y cada 10 años a nivel de localidad, por lo que se pueden percibir cambios en un periodo de tiempo corto<sup>9</sup>. Si bien, el índice contiene el indicador de porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública, para detallar la problemática entorno al acceso al recurso hídrico, se recuperan estos datos y se analizan en conjunto con la fuente de abastecimiento volumen de miles de metros cúbicos extraídos por fuente de abastecimiento para cada municipio.

Para la parte del análisis de las capacidades de adaptación tuvo como fuente esencial son los planes municipales de desarrollo 2015-2018, ya que cada Plan Municipal de Desarrollo (PMD) presenta una aproximación para conocer cuáles son las preocupaciones y percepciones de la problemática ambiental y social de los municipios y permiten identificar las acciones prioritarias en el tema hídrico y, en caso de que sea considerado, en el tema de cambio climático. Sin embargo hay que destacar que se hizo una

---

<sup>9</sup> Este índice se compone de las siguientes variables; población de 15 años o más analfabeta, Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, Población de 15 años y más con educación básica incompleta, Población sin derechohabiencia a servicios de salud, y Viviendas con piso de tierra y disponibilidad de servicios y bienes en las viviendas (energía eléctrica; lavadora; refrigerador y excusado) (CONEVAL, 2016)

investigación de otras fuentes como portales de las instituciones de gobierno estatal y municipal, así como portales de noticias para identificar si había acciones concretas en marcha para fortalecer las capacidades adaptativas desde los municipios, pero no se encontraron datos o referencias contundentes.

Considerando la importancia de contar con una evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad y sus componentes, se revisan los resultados de los siguientes índices; 1) Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2018), 2) Índice de Vulnerabilidad al cambio climático (Monterroso *et al.*, 2014): 3) Índice de Vulnerabilidad social (Soares *et al.*, 2015) y 4) Índice de capacidad adaptativa desarrollado por Transparencia Mexicana (PNUD-INECC, 2017). Estos índices son parte de un esfuerzo nacional que permiten generar una plataforma para avanzar en el conocimiento de la vulnerabilidad en México. Se debe considerar que el objetivo de este análisis no es obtener un número o una clasificación agregada sobre la vulnerabilidad actual y futura, sino visibilizar los retos socioeconómicos y ambientales que derivarán en la propuesta de acciones del capítulo siguiente.

Posteriormente, se analiza la vulnerabilidad futura, la cual considera principalmente la exposición futura definida a través de los escenarios de cambio climático, en conjunto con las condiciones de la vulnerabilidad actual identificadas y los resultados de los índices revisados se definen los posibles impactos en el sector hídrico y su afectación en los sectores prioritarios de cada región. Cabe señalar que se caracteriza y se presenta un análisis de la categoría de exposición por municipio ante diferentes amenazas climáticas, con base en los resultados presentados en el capítulo 3 de este estudio, y se omite generar un índice que integre el total de las amenazas al estar más allá de los alcances del proyecto.

Hay que destacar que el uso de escenarios de cambio climático como un insumo principal para definir los impactos es parte de la metodología que sigue el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2018). En este proyecto el grado de exposición de los municipios ante escenarios de cambio climático se caracterizó a partir de: i) análisis de los cambios proyectados en la precipitación y la temperatura media anual y estacional para las regiones en que se ubican los municipios a partir del análisis de los escenarios de cambio climático para el MCG menos y el más extremo entre los dos RCP; MPI-ESM-LR para el RCP 4.5 y HadGEM-ES para el RCP 8.5, respectivamente, que se detallan en las secciones de “Análisis de escenarios”, del capítulo “Exposición a fenómenos extremos y al cambio climático en el sureste de México” y, ii) de la categorización de la exposición a peligros climáticos extremos a partir de la proporción en que el número de meses en cada uno de los tres periodos de 30 años centrados en 2030, 2041 y 2051, en los que de acuerdo al INECC-PNUD (2017) se alcanzaría un incremento en la temperatura media global de 1.0 °C, 1.5 °C y 2.0 °C, está por arriba o debajo del número de meses del periodo de referencia 1961-1990 en que se presenta valores mayores/menores al percentil 95/05 de temperatura máxima, mínima y precipitación. En el análisis de peligros climáticos se consideró el modelo HadGEM-ES y el escenario más extremo de trayectoria de emisiones representativas, RCP 8.5. Esta aproximación se detalla en la sección “extremos climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso” del apartado Análisis de escenarios. Las categorías propuestas para caracterizar el grado de exposición a peligros climáticos extremos son:

- Muy alta. El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro es 50 % mayor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.

- Alta. El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro está en un rango entre 10 % a 50 % mayor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
- Media. El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro está en un rango entre +/- 10 en torno al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
- Baja. El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro está en un rango entre 10 % a 50 % menor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.
- Muy baja. El número de meses en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 en el futuro es 50 % menor al número de meses del periodo de referencia 1961-1990.

Por otra parte, reconociendo que la construcción de capacidades está vinculada no sólo a las condiciones institucionales sino también a la construcción y la sistematización del conocimiento, al establecimiento de redes y al desarrollo de proyectos (INECC-CICC, 2012; PNUD-CCPY, 2015), en el análisis de capacidades futuras de cada región se identifican otros procesos que pueden contribuir a enfrentar en el futuro cercano los impactos del cambio climático.

## 4.1 Condiciones de la vulnerabilidad actual en las regiones

### 4.1.1 Región 1. Cuenca del Río Usumacinta-Laguna de Términos

Esta región forma parte de la Cuenca del río Usumacinta, el cual es un sistema hidrológico complejo que está constituido por sistemas lagunares y numerosos ríos y arroyos, en donde el agua regula todos los aspectos bióticos de los sistemas hidrológicos (figura 42). A pesar de los procesos de cambio de uso de suelo y deterioro de los recursos naturales al que ha estado sometida la región por más de 50 años (figura 43), el río Usumacinta es considerado el último río vivo que desemboca en el Golfo de México (De la Maza y Carabias, 2010; March y Castro 2010; García-García y Kauffer, 2011), lo cual quiere decir que “la dinámica de inundación aún persiste de forma natural; el conjunto de un clima cálido, intensas lluvias y altas temperaturas, y el gran volumen de agua superficial que llega desde las zonas montañosas de la cuenca, son elementos clave para la biodiversidad que alberga la región” (CCGSS, 2015).

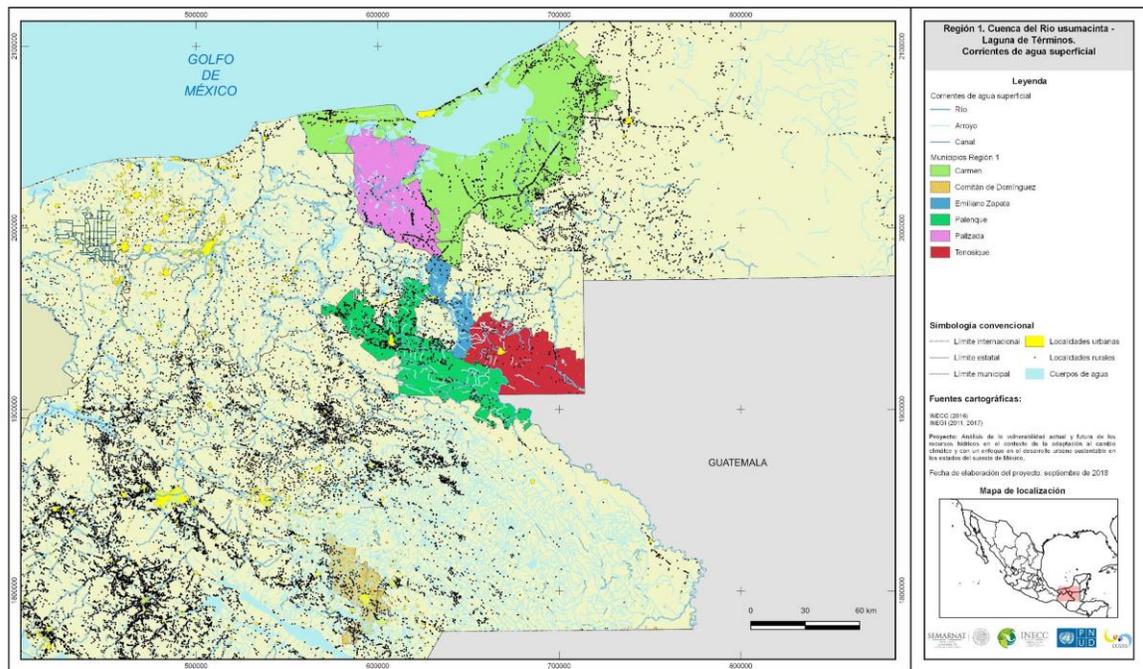


Figura 42. Agua superficial en la región 1.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2011a).

En el estudio desarrollado por March y Castro (2010) se identificó que las condiciones vinculadas a la vulnerabilidad de los recursos hídricos en la región tienen que ver con los altos niveles de pérdida y fragmentación de vegetación; más de un 36% de la Cuenca del Usumacinta ya ha sido transformada afectando a más de 2,687,361 ha. principalmente por la apertura de caminos, la colonización y el avance de los desmontes. De acuerdo con el CCGSS (2015), además de la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación de ecosistemas, otros de los problemas que se han identificado son la pérdida de especies originarias, la introducción de especies exóticas invasoras que han causado estragos a la integridad ecológica en diversas partes de la cuenca (por ejemplo, el pez diablo en el río Usumacinta), cambios en la dinámica hidrológica de la cuenca, prevalencia de prácticas agropecuarias y silvícolas insustentables (por ejemplo, la introducción de palma de aceite), urbanización creciente sin planeación implica ocupación territorial de espacios cada vez más vulnerables y aumento en los impactos de un modelo de desarrollo urbano insustentable. También se han identificado problemas relacionados con la contaminación del agua debido a diversos factores como son las carencias de servicios básicos de agua y saneamiento en que se viven en las áreas rurales de la cuenca, la falta de tratamiento de los desechos sólidos y líquidos de los centros urbanos, así como el uso de pesticidas y herbicidas (CCGSS, 2015).

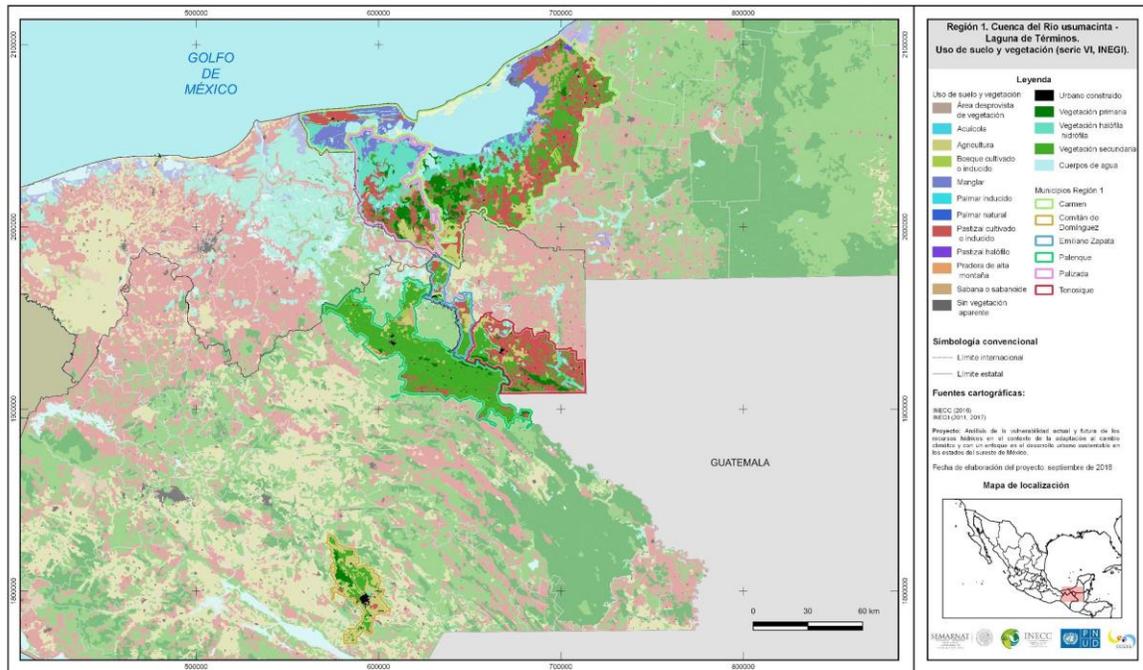


Figura 43. Uso de suelo y vegetación en la Región 1.  
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2017b).

En los planes municipales de desarrollo 2015-2018 se identifican otros problemas que sufren los recursos hídricos además de los mencionados anteriormente. En el caso de Comitán, la falta de agua de manera temporal, la baja en el nivel de pozos y el deterioro en las redes del sistema son los problemas más significativos. Así mismo, el municipio tiene problemas en la infraestructura para el saneamiento y se menciona que la laguna de oxidación estaba al 60 % de su capacidad, significativa tala inmoderada, alta contaminación de los cuerpos y corrientes de agua principalmente en el área de Montebello que es de especial interés como atractivo turístico (Ayuntamiento del Municipio de Comitán de Domínguez, 2016). En Palenque, se menciona la tala inmoderada que ha llevado a la disminución de los recursos forestales, los asentamientos humanos irregulares y la disposición de la basura (Ayuntamiento del Municipio de Palenque, 2016). En Emiliano Zapata, destacan el crecimiento poblacional superior a la dotación de servicios públicos, así como la antigüedad de la infraestructura y la acumulación de residuos en los cuerpos de agua (Ayuntamiento del Municipio de Emiliano Zapata, 2016). En Carmen, se identifican como problemáticas los asentamientos irregulares, la generación de residuos, el hecho de que la mancha urbana haya interrumpido los caminos del agua pluvial hacia los cuerpos de agua y la contaminación por los desechos y por la industria petrolera (Ayuntamiento del Municipio del Carmen, 2016). En Palizada y Tenosique los diagnósticos desarrollados son muy pobres en relación con otros municipios.

La situación actual de los recursos hídricos tiene un impacto directo en la calidad de vida de las sociedades. En particular, las pérdidas y afectaciones asociados a fenómenos hidrometeorológicos están relacionadas principalmente con la ocurrencia de lluvias extremas (por nortes, tormentas tropicales y

huracanes) (véase sección de análisis climático). Éstas derivan en inundaciones y remoción de tierra (véase sección de análisis de impactos) que afectan la infraestructura hídrica y exacerba el acceso al agua. Los municipios seleccionados para esta región de estudio cuentan con 178 registros de desastres locales en el periodo 1970 al 2013, Carmen es el municipio que tiene el mayor número de registros (figura 44). Los impactos de los peligros climáticos son diferenciales en los municipios (cuadro 19), lo cual se relaciona con las condiciones de sensibilidad de la población. Sobresale la cantidad de personas afectadas ante la ocurrencia de inundaciones, así como el número de viviendas dañadas. Estas afectaciones son en parte resultado del crecimiento demográfico en zonas susceptibles a inundaciones. Este factor es considerado como un indicador en el Atlas de Nacional de Vulnerabilidad al cambio climático (INECC, 2018), donde se evalúa con mayor detalle la vulnerabilidad de la población ante inundaciones (ver más detalles en el apartado 4.2). La caracterización de los desastres históricos relacionados con eventos hidrometeorológicos extremos, como son las lluvias y temperaturas extremas, así como de los daños y costos asociados, es un punto de referencia para el análisis de la vulnerabilidad. A través de la historia reciente de los desastres se pueden identificar los tipos de peligros que afectan un territorio, sistema o sector, es decir, brindan detalles de la exposición, y al mismo tiempo provee información de los factores que generan el contexto de vulnerabilidad. Los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos medidos a través del número de muertos, afectados o daños económicos en un sector y/o ambientales revelan el enfoque que deben seguir las acciones para reducir la vulnerabilidad.

Otro aspecto que debe ser considerado es la distribución de la población en pequeñas localidades; 60 % de la población de Palenque y 65 % de Palizada se ubican en localidades con menos de 2,500 habitantes, lo cual dificulta que se atienda de manera oportuna y eficiente a la población afectada ante la ocurrencia de inundaciones, así como en la provisión de los servicios básicos.

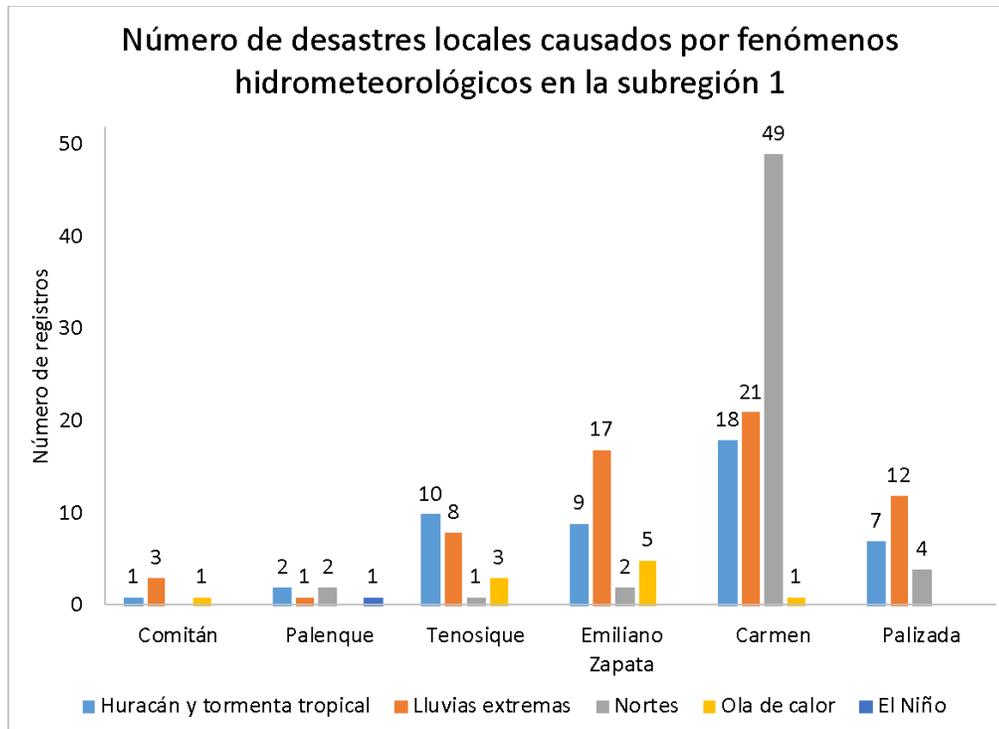


Figura 44. Número de desastres locales causados por fenómenos hidrometeorológicos en la los municipios de la Región 1.

Fuente: Elaboración propia con base en Corporación OSSO (2017).

Cuadro 19. Impactos causados por fenómenos hidrometeorológicos en los municipios de la Región 1.

Daños	Comitán	Palenque	Tenosique	Emiliano Zapata	Carmen	Palizada	Total región 1
Defunciones	2	0	1	0	88	4	95
Personas afectadas	82	100	374,020	59,000	117,445	4,485	555,132
Evacuados	0	0	40	0	31,796	400	32,236
Viviendas afectadas	200	262	9,290	0	3,749	120	13,621
Cultivos y bosques (ha)	0	0	62,000	100	9,500	18,000	89,600
Ganado (cabezas)	0	0	1,500,000	4,000	0	12,000	1,516,000

Fuente: Elaboración propia con base en Corporación OSSO (2017).

Cuadro 20. Variables relacionadas con las condiciones de sensibilidad de la población en los municipios de la Región 1.

Datos de sensibilidad	Comitán	Palenque	Tenosique	Emiliano Zapata	Carmen	Palizada
Población total 2000 <sup>1</sup>	105,210	85,464	55,712	26,951	172,076	8,401
Población total 2015 <sup>2</sup>	153,448	119,826	59,814	30,637	248,303	8,971
Índice de masculinidad* <sup>3</sup>	92.3	97.6	95.6	92.3	99.6	102.6
Índice de rezago social 2010 <sup>3</sup>	Bajo	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo
Índice de rezago social 2015 <sup>4</sup>	Medio	Medio	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Situación de pobreza <sup>3</sup>	66.40%	82.30%	69.7%	65.9%	41%	62.7%
Pobreza alimentaria <sup>4</sup>	30.8%	52.8%	24%	19.7%	15.9%	26.3%

Fuente: Elaboración propia con base en 1) INEGI (2001); 2) INEGI (2016); 3) CONEVAL (2011); 4) CONEVAL (2016).

\*También conocido como Relación hombres-mujeres. Es el cociente del número de hombres entre el de mujeres en una población dada, por cien. Se interpreta como el número de hombres por cada 100 mujeres.

Los problemas que enfrenta el sector hídrico en la región, tales como contaminación y falta de acceso, aumentan el ciclo de la pobreza, encarecen la salud de la población por el aumento de enfermedades transmitidas por el agua y acentúan otras problemáticas como lo es la inequidad de género. Se ha identificado que las personas que viven en condición de pobreza son las más vulnerables a cambios ambientales, al asociar las variables de pobreza y género, se tiene que la mayoría de los pobres son mujeres (véase índice de masculinidad y situación de pobreza en el cuadro 20).

Desde el punto de vista del rezago social al 2010, tres de los seis municipios de la región presentaban un nivel muy bajo: Tenosique, Emiliano Zapata y Palizada, mientras que Comitán y Carmen presentaban un nivel bajo y Palenque un nivel medio (cuadro 20). Estos niveles se relacionan con los criterios usados para la selección de los municipios de estudio, que responde a una orientación hacia urbanas, lo interesante en este de este índice es tener en cuenta su evolución en plazo de tiempo corto, lo cual da una idea de que algo está cambiando en términos de educación, acceso a servicios de salud, de servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y activos en el hogar. Al 2015, el rezago social en tres de los municipios de interés empeoró, Comitán, Tenosique y Palizada, mientras en los otros tres se mantuvo (figura 45). La mejora de los medios de vida, depende en gran medida del acceso a recursos hídricos suficientes. Tal es el caso de la disponibilidad del agua en las viviendas, lo cual resulta esencial para el desarrollo reproductivo de la mujer, la seguridad alimentaria (véase pobreza alimentaria en el cuadro 20), entre otros aspectos.

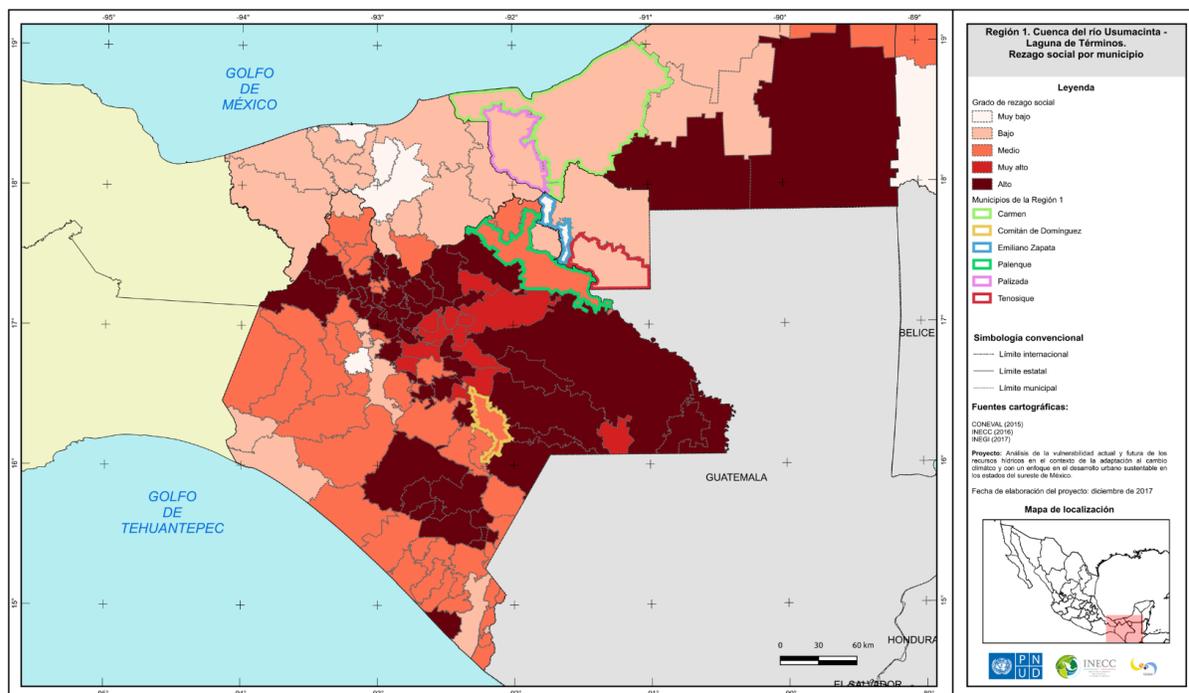


Figura 45. Rezago social por municipio. Región 1. Cuenca del río Usumacinta – Laguna de Términos.

Fuente: Elaboración propia con base en CONEVAL (2016).

De acuerdo con los resultados definitivos de los Censos Económicos de 2014 (INEGI, 2014), en los municipios de estudio, en el caso de Chiapas, las cifras muestran una situación preocupante ya que el registro de acceso al agua entubada dentro de vivienda alcanza apenas un 53.2 % en Comitán de Domínguez y un 42.7 % en Palenque (contrasta con la capital del estado, Tuxtla Gutiérrez, cuyo acceso de agua entubada dentro de la vivienda es de casi el 85 %). En los municipios de Tabasco, Emiliano Zapata alcanza una cifra de 79.8 % de acceso al líquido vital (8 puntos arriba del promedio estatal, 72.1 %) y Tenosique alcanza el 68.1 %. Mientras que en Campeche, el municipio de Carmen el porcentaje de agua entubada dentro de la vivienda es de 76%, en Palizada representa el 76.8 % (arriba de la media del estado, 63.4 %) (INEGI, 2014).

Otro factor a considerar es la fuente de abastecimiento, de acuerdo con INEGI (2014) en el caso de Comitán se registraron 109 fuentes de abastecimiento en total, siendo los manantiales la principal fuente de abastecimiento de agua. En el municipio de Palenque la situación es mucho más marcada, pues se contabilizaron un total de 592 fuentes de abastecimiento de agua, de las cuales apenas el 8.7 % son pozos profundos (52) frente a los manantiales que representaron casi el 80% (473). En Emiliano Zapata se cuenta con 48 fuentes de abastecimiento, de las cuales 46 son pozos profundos, esto es 96 %, mientras que en el municipio de Tenosique se contaron 62 fuentes de abastecimiento, siendo 56 pozos profundos, lo que representa un 90 %. En contraste, en los municipios de Campeche, de los 15 ríos que atraviesan la entidad, 3 abastecen al municipio de Carmen y 12 a Palizada, esto se relaciona con la baja cantidad de pozos que hay en Palizada, 4, en comparación con los 60 que se encuentran en Carmen.

El siguiente factor a tomar en cuenta es el volumen de miles de metros cúbicos extraídos por fuente de abastecimiento (cuadro 21). En el municipio de Comitán cuya fuente primordial de abastecimiento de agua es el pozo profundo, con un 86 % (26 mil m<sup>3</sup>) del total, seguido, pero muy por debajo, por el río,

con un 12 % (3.8 mil m<sup>3</sup>) y muy por debajo el manantial con una participación del 0.6 % (200 m<sup>3</sup>). El caso del municipio de Palenque es distinto toda vez que la principal fuente de abastecimiento de agua por volumen promedio diario de extracción es el manantial, con un registro de 5.6 mil m<sup>3</sup> diarios de agua extraídos, lo que representa casi el 64 %, seguido por el pozo profundo con un registro de 2.8 mil m<sup>3</sup>, esto es un 31.8 %, mientras que los ríos apenas representaron un 5.6 % del volumen promedio diario de extracción con un registro de 0.5 mil m<sup>3</sup> de agua. Por su parte, el municipio de Emiliano Zapata extrae a diario 20 mil metros cúbicos de agua, siendo extraídos el 85 % de fuentes primarias como ríos (17 mil m<sup>3</sup> diarios) frente a un 15 % (3 mil m<sup>3</sup> diarios) provenientes de pozos profundos. En el caso del municipio de Tenosique, registra una extracción promedio diaria de 30 mil m<sup>3</sup> de agua, de los cuales, el 86 % (26 mil m<sup>3</sup>) corresponden a la extracción proveniente de ríos, frente a un 10 % (3 mil m<sup>3</sup>) que se extrae de pozos profundos. En el caso de los municipios de Campeche, hay una fuerte dependencia a los pozos profundos en cuanto a la extracción, en metros cúbicos, el municipio de Carmen, con 36 mil m<sup>3</sup> diarios, mientras que en Palizada no se tiene dato del volumen extraído de los 4 pozos, pero del río se extraen mil m<sup>3</sup> diarios.

**Cuadro 21. Extracción de agua a nivel municipal en la Región 1.**

Municipios	Volumen promedio diario de extracción / (Miles de metros cúbicos)				
	Total	Pozo profundo	Manantial	Río	Otros
Comitán de Domínguez	30	26	0.2	3.8	30
Palenque	8.8	2.8	5.6	0.5	8.8
Tenosique	30	3	0	26	NS
Emiliano Zapata	20	3	0	17	NS
Carmen	37	36	0	NS	1
Palizada	1	NS	0	1	NS

**Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2014.**

En términos de capacidades de adaptación, no haya acciones de adaptación al cambio climático identificadas en los planes municipales de desarrollo de 2015 a 2018 (con excepción de Carmen y Palizada), en contraste, todos los municipios tienen un interés explícito en mejorar las condiciones del agua en los términos de sus competencias. En Carmen las dos medidas enfocadas al cambio climático se presentan en el eje de Ecología y Medio ambiente, estas son: “Elaborar un conjunto de recomendaciones para la conservación y restauración de los recursos naturales, en particular el ecosistema del manglar, y combatir el cambio climático” y “Formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar el cambio climático, en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo y el programa estatal en esta materia” (Municipio de Carmen, 2016). Mientras que en Palizada se integra una medida concreta de adaptación al cambio climático dentro de la estrategia “Conservar y proteger los patrimonios territoriales para fortalecer el desarrollo social sustentable”, dicha línea de acción es “Impulsar el uso de sistemas de información y políticas ambientales de mitigación y adaptación al cambio climático, especializadas en las regiones territoriales del municipio” (Municipio de Palizada, 2016). En algunos casos la adaptación se menciona con relación a la mitigación, tal es el caso del PMD de Comitán donde se hace referencia al mantenimiento de espacios arbolados como medida de mitigación del cambio climático (Municipio de Comitán de Domínguez, 2016). Cabe mencionar que los

municipios de Carmen y Comitán son los únicos que cuentan con un Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN) lo cual es un tema importante para el desarrollo y fortalecimiento de capacidades.

En esta región se encuentran deficiencias importantes en lo que corresponde a la falta de instrumentos de política vigentes que atiendan de manera específica la adaptación del cambio climático, sin embargo, hay que señalar que en los últimos años ha habido un desarrollo de investigaciones y acciones en torno al tema por parte de la comunidad científica y de organizaciones sociales en donde destacan acciones concretas de conservación y manejo sustentable del territorio y más recientemente, acciones específicas de adaptación al cambio climático. Entre estos hay que destacar el trabajo de la organización Natura Mexicana en la Selva Lacandona en Chiapas (Natura Mexicana, 2017) y las investigaciones coordinadas por el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad (CCGS) (anteriormente CCGSS) para avanzar en la construcción del conocimiento, entre las cuales destacan el proyecto que se llevó a cabo entre 2013 y 2015 titulado "Retos para la sustentabilidad en la Cuenca Baja del río Usumacinta en Tabasco: ecosistemas, cambio climático y respuesta social" financiado por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET), y actualmente el proyecto denominado "Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del río Usumacinta y zona marina de influencia. Bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio" financiado también por CONACYT y cuyos resultados finales estarán en diciembre de 2019. Además, otras instituciones y redes trabajan en la región, como es el caso de ECOSUR, Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y más recientemente el IMTA. La importancia de articular este conocimiento con la toma de decisiones es central para el futuro.

#### **4.2.2 Región 2 - Zona Oriental de la Península de Yucatán**

Las condiciones fisiográficas de la península de Yucatán le confieren elementos únicos en México. Desde la perspectiva hidrológica esto ha generado que en la Península se haya formado "una extensa red cavernosa subterránea, por la que escurre el agua hacia el norte; es de destacar también la profusión de cenotes (dolinas) que muestran la red de drenaje subterráneo" (CCPY, 2015) que se concentran en la parte norte de la Península. Con respecto a la hidrología superficial (figura 46), justamente es el estado de Campeche quien concentra la mayor cantidad de corrientes ligadas al sistema Usumacinta, siendo el río Palizada el brazo oriental del mismo (CCPY, 2015). En un estudio realizado por ECOSUR (2012), la Península de Yucatán se describe como "una gran losa calcárea emergida del fondo del mar, en la que se está labrando un paisaje cárstico con Ecotopos y topo formas típicas de este tipo de paisajes, en los que también se distribuye la diversidad de suelos de la región" (ECOSUR, 2012: 30). De acuerdo con el CICY (2010) entre los principales tipos de vegetación están las selvas bajas caducifolias, presentes en Yucatán, Campeche y Quintana Roo, selva baja caducifolia en el norte de la Península, y cerca de la costa de los tres estados se encuentra los siguientes tipos: vegetación halófila típica de la línea de costa, la duna costera y el matorral de duna costera así como varios tipos de manglar y la marisma y lo que se conoce como "petenes" que son lugares cerca de la costa, donde aflora el drenaje subterráneo (figura 47).

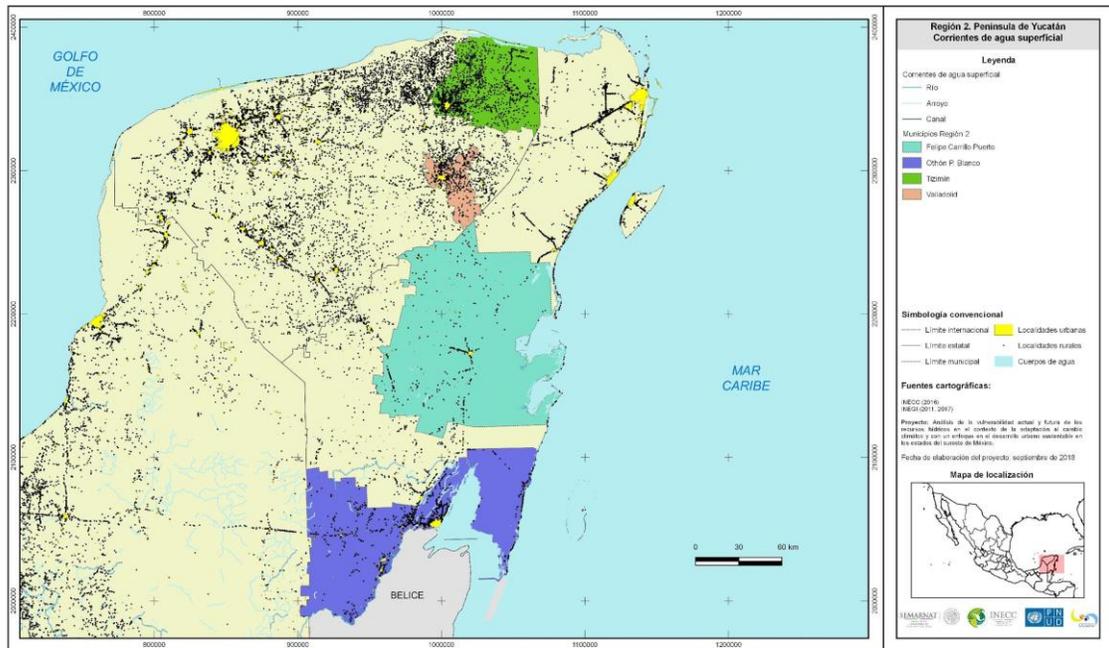


Figura 46. Agua superficial en la región 2.  
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2011a.

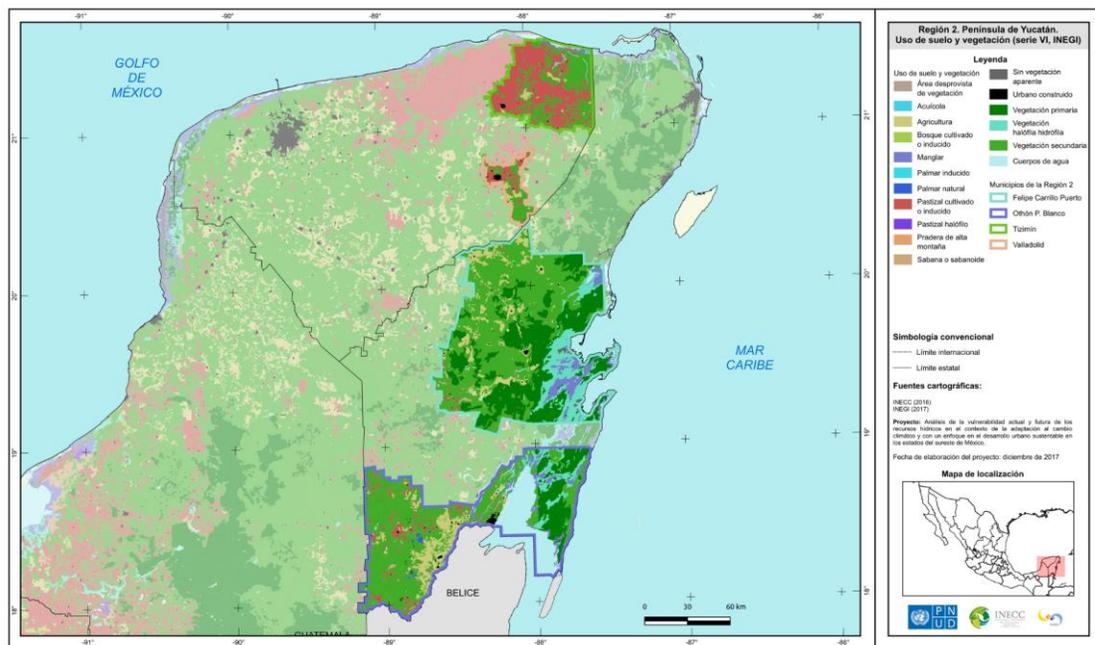


Figura 47. Uso de suelo y vegetación en la Región 2.  
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2017b.

La problemática de los recursos hídricos en esta región está asociada con una serie de procesos que están aumentando la fragmentación de los ecosistemas (Ellis *et al.*, 2015), tales como:

- Desarrollo de agricultura mecanizada de cultivos de maíz, sorgo y soya. En particular, la comercialización del cultivo de maíz se encuentra mayormente en la región oriente de Yucatán, en Bacalar, Quintana Roo y Hopelchén, Campeche, y se asocia con los factores subyacentes de programas de gobierno que subsidian la actividad agrícola y el crecimiento demográfico.
- Deforestación ocasionada con las actividades ganaderas, localizadas en Candelaria y Escárcega en Campeche, en Lázaro Cárdenas, Bacalar y Othón P. Blanco en Quintana Roo y en las regiones Poniente y Noreste de Yucatán.
- Reconversión de potreros a palma de aceite o plantaciones forestales.
- Deforestación asociada a la expansión urbana y de infraestructura para el desarrollo turístico, esta se identifica en Benito Juárez y Solidaridad en Quintana Roo y en la región rodeando la ciudad de Mérida, Yucatán y Campeche, Campeche.

Estos procesos se identificaron en el segundo capítulo de este estudio con respecto a la RHA XII. En particular, los municipios de esta región presentan otros problemas, en el caso de Tizimín se relacionan con la generación de basura, y la falta de cultura de la población con respecto a la basura y al pago del agua (Municipio de Tizimín, 2016), mientras que, en Othón P. Blanco, se relacionan con el servicio de agua y alcantarillado deficiente, así como con las fosas sépticas que usa la población (Municipio de Othón P. Blanco, 2016). Cabe mencionar que hubo una remunicipalización que dividió al municipio en dos, quedando el municipio de Bacalar al norte y Othón P. Blanco al sur, lo cual hace que los datos municipales anteriores a 2011 sobre población y rezago social no puedan ser comparados con los datos posteriores a 2015, sin embargo, el mismo proceso político de remunicipalización es un indicador de que el territorio municipal está sujeto a dinámicas de transformación y crecimiento de sus localidades.

La salud de los ecosistemas es un factor esencial para prevenir los impactos climáticos. Específicamente para los cuatro municipios seleccionados, los desastres están relacionados con la ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes esencialmente (véase sección de análisis de impactos). Los municipios de la región 2 cuentan con un registro de 110 desastres locales para el periodo de 1970 al 2013 relacionados con la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos. La mayor proporción de desastres se han presentado en Othón P. Blanco, seguidos por Tizimín, Felipe Carrillo Puerto y en menor medida en Valladolid (figura 48). Tras el paso de un huracán, el acceso al agua para el consumo, así como para satisfacer la demanda de usos industriales, agrícolas y recreativos se ve comprometida debido a los daños que ocasiona en la infraestructura hidráulica, así como en la salud y bienestar de la población (cuadro 22).

Al igual que la región de la Cuenca del Usumacinta, la Península de Yucatán se caracteriza por la suficiencia en disponibilidad de agua, sin embargo, la sobreexplotación de los acuíferos costeros principalmente por el sector turístico de la Riviera Maya y la contaminación del agua profunda por las actividades agropecuarias van en aumento (Batllori Sampedro, 2017). Los 4 municipios bajo estudio siguen la tendencia de la región a un alto crecimiento poblacional (véase la población total al 2000 y su aumento al 2015 en el cuadro 23), originado por migración de otros estados atraídas por las fuentes de

empleo que genera la actividad turística, lo cual ha llevado a una mayor demanda del recurso hídrico para satisfacer la creciente demanda población y de las actividades turísticas *per se*. La región en general se ha vuelto cada vez más urbana, sin embargo, la distribución territorial de la población se caracteriza por su concentración en pocas áreas.

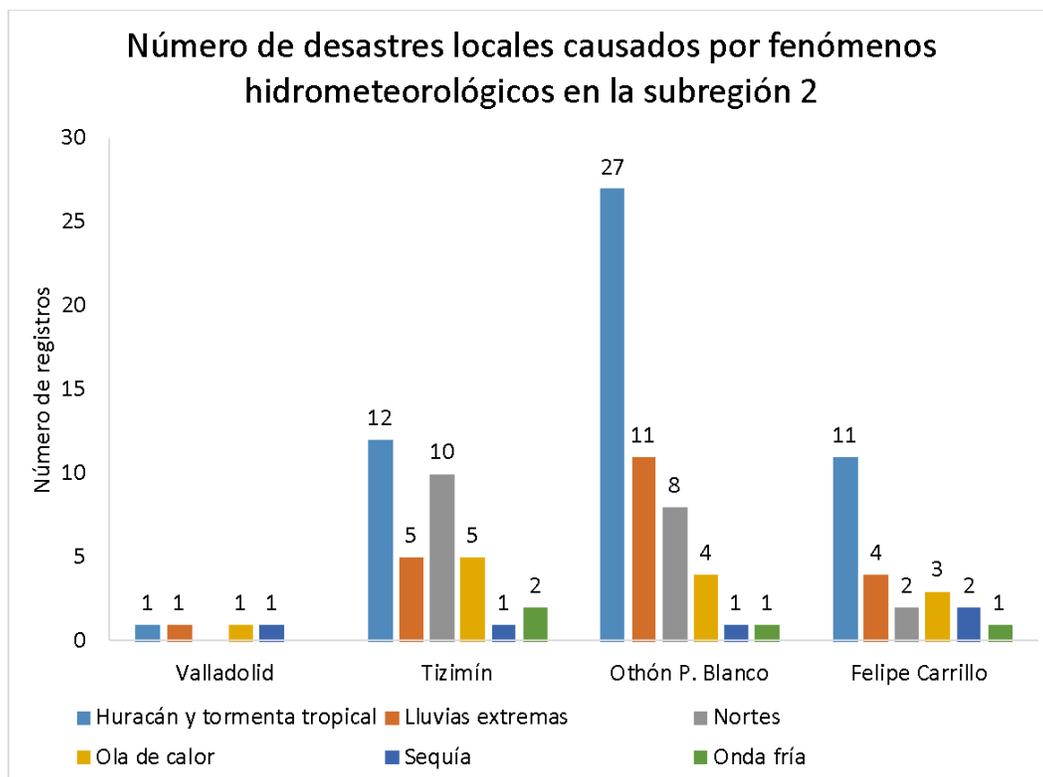


Figura 48. Número de desastres locales causados por fenómenos hidrometeorológicos en la Región 2.

Fuente: Elaboración propia con base en Corporación OSSO, 2017.

Cuadro 22. Impactos causados por fenómenos hidrometeorológicos en la Región 2.

Evento	Valladolid	Tizimín	Othón P. Blanco	Felipe Carrillo Puerto	Total Región 2
Defunciones	0	1	9	0	10
Personas afectadas	0	188,250	359,455	100,001	647,706
Evacuados	0	0	41,098	30	41,128
Viviendas afectadas	100	70	17,598	2,501	20,269
Cultivos y bosques (ha)	0	0	300	0	300

Fuente: Elaboración propia con base en Corporación OSSO, 2017.

La población de esta región se caracteriza por presentar al 2010 un índice de rezago social bajo en Valladolid, Tizimín y Felipe Carrillo P., mientras en Othón P. Blanco es muy bajo. Estos niveles

empeoraron en 3 de los 4 municipios para el 2015, únicamente Othón P. Blanco se mantuvo en el mismo nivel (cuadro 23). Al considerar otros aspectos, se tiene que en los municipios donde el índice de rezago social empeora, más del 60 % de la población en Valladolid y más del 70 % de la población en Tizimín y Felipe Carrillo Puerto se encuentran en situación de pobreza (véase situación de pobreza en el cuadro 23), de la misma forma, el porcentaje de la población en pobreza alimentaria en estos 3 municipios es significativa (véase pobreza alimentaria en el cuadro 24).

**Cuadro 23. Variables relacionadas con las condiciones de sensibilidad de la población en los municipios de la Región 2.**

	Valladolid	Tizimín	Othón P. Blanco	Felipe Carrillo Puerto
Población total 2000 <sup>1</sup>	56,776	64,104	208,164	60,365
Población total 2015 <sup>2</sup>	80,313	77,621	224,080	81,742
Índice de rezago social 2010 <sup>3</sup>	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo
Índice de rezago social 2015 <sup>4</sup>	Medio	Medio	Muy Bajo	Medio
Situación de pobreza <sup>3</sup>	64.4%	70%	42.9%	71.6%
Pobreza alimentaria <sup>4</sup>	31.6%	37.5%	20%	50.7%

Fuente: Elaboración propia con base en 1) INEGI, 2001; 2) INEGI, 2016; 3) CONEVAL, 2011; 4) CONEVAL, 2016.

\*También conocido como Relación hombres-mujeres. Es el cociente del número de hombres entre el de mujeres en una población dada, por cien. Se interpreta como el número de hombres por cada 100 mujeres.

La situación de acceso al agua en los municipios de esta región ofrece un panorama interesante de acuerdo con los resultados definitivos del Censo Económico de 2014 (INEGI, 2014). Los municipios de Tizimín y Valladolid cuentan con 96.6 % y 97.8 % respectivamente de disponibilidad de agua entubada, sin embargo, la disponibilidad de agua dentro de la vivienda es de 60.4 % y 66.3 % respectivamente. Por su parte, los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco registran un 98.3 % y 98.7 % de cobertura de acceso al agua, respectivamente, no obstante, al diferenciar la forma de acceso al líquido encontramos que la disponibilidad de agua entubada dentro de la vivienda en el municipio de Othón P. Blanco es de 74 % (8 puntos porcentuales debajo del nivel estatal, 82.4 %), sin embargo el municipio de Felipe Carrillo Puerto apenas registra un acceso al agua entubada dentro de vivienda del 48.3 % (35% menos que la media estatal).

Sobre las fuentes de abastecimiento, la región cuenta con una fuerte dependencia de los pozos profundos: los municipios de Yucatán cuentan con 99 pozos, casi el 10 % a nivel estatal (979), mientras que Felipe Carrillo Puerto se abastece de 467 pozos profundos y Othón P. Blanco cuenta con 1525 pozos.

En cuanto a los volúmenes de extracción (cuadro 24), los dos municipios de Yucatán registran baja extracción, con 35 mil m<sup>3</sup> frente al total de 595 mil m<sup>3</sup> extraídos diariamente a nivel estatal, mientras que en los municipios de Quintana Roo se nota una prevalencia en los pozos profundos como principal

fuentes, tan sólo el municipio de Othón P. Blanco se extrae 497 mil m<sup>3</sup> diarios y en Felipe Carrillo Puerto se extrae 54 mil m<sup>3</sup> diarios.

**Cuadro 24. Extracción de agua a nivel municipal en la Región 2.**

Municipios	Volumen promedio diario de extracción / (Miles de metros cúbicos)				
	Total	Pozo profundo	Manantial	Río	Otros
Tizimín	14.4	14.0	-	-	-
Valladolid	20.7	20.7	-	-	-
Felipe Carrillo Puerto	54	54	0	-	-
Othón P. Blanco	500	497	3	-	-

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2014.

Al respecto de las capacidades para la adaptación, hay que mencionar que las instituciones académicas, gubernamentales y diversas organizaciones sociales de la Península de Yucatán han trabajado en al menos durante los últimos 10 años en el desarrollo, la sistematización y el uso del conocimiento para una mejor toma de decisiones. Uno de los principales ejemplos de esto, es que la Península contó desde 2009 con un “Atlas de Escenarios Climáticos de la Península de Yucatán” (Orellana Lanza *et al.*, 2009). Destaca también el hecho de que el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán (CCPY) cuenta con un Plan Rector actualizado en 2015, pero también, existe una Comisión Regional de Cambio Climático de la Península de Yucatán (CRCCPY) que se deriva de un acuerdo de coordinación firmado entre las tres entidades que la conforman en 2010 y que ha dado lugar a la conformación de una Estrategia Regional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal, una Estrategia Regional de Adaptación (ERAPY), y un Fondo de Cambio Climático de la Península de Yucatán (estos temas se retoman en el Capítulo 5).

## 4.2 Revisión de los índices de vulnerabilidad en las dos regiones

### 4.2.1 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El ANVCC es un conjunto estructurado y sistemático de mapas que muestran la vulnerabilidad territorial ante el cambio climático y orientan la realización de estrategias dentro del proceso de adaptación. El índice define la definición de vulnerabilidad a partir de la Ley General de Cambio Climático, como la incapacidad del sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos, y se representa por la función: Vulnerabilidad = F (exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación). El Atlas tiene diversos niveles de visualización, desde el nivel nacional al municipal. Las temáticas y amenazas que incluye son; actividades económicas, capital natural, infraestructura y población, y el aumento o disminución de la precipitación, incremento en el nivel del mar y aumento en la temperatura correspondientemente. Se desarrollan diversos índices por temáticas y amenazas para la vulnerabilidad actual y futura. En particular, para este estudio se utiliza

el análisis enfocado en la vulnerabilidad actual y futura de los asentamientos humanos por inundaciones, en el cuadro 25 se presentan los criterios y variables que componen este índice.

**Cuadro 25. Variables del índice de vulnerabilidad actual de los asentamientos humanos por inundaciones presentado en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático desarrollado por INECC, 2018**

Tema	Criterios	Variables
Exposición	Frecuencia potencial de inundaciones	Precipitación acumulada anual Umbral municipal de inundación
	Índice de estacionalidad de la precipitación	Precipitación mensual
Sensibilidad	Respuesta hidrológica de la cuenca	Índice de compacidad de la cuenca en los municipios Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios
	Población susceptible a inundaciones	Población del municipio (total y porcentual) en zonas susceptibles a inundación
	Porcentaje del municipio con zonas de inundación	Porcentaje del área del municipio susceptible a inundación
Capacidad de adaptación	Instrumentos para la gestión de riesgo	Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por inundación Tratamiento y/o reducción de desastres o emergencias Plan Municipal de Contingencia
	Sistemas de regulación de avenidas	Presencia de presas reguladoras
	Protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones	Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (relativa) Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (relativa)
	Protección civil	Unidades municipales de protección civil Número de refugios temporales Gestión de declaratoria de desastre

Fuente: INECC, 2018.

Cabe señalar, que el Atlas se encuentra en desarrollo, por ello para algunos municipios no hay datos y los detalles de las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa aún no son públicos, sin embargo se considera que esta es información actualizada y que es importante visibilizarla en este estudio, ya que se convertirá en un referente central de investigaciones futuras.

## REGIÓN 1 - CUENCA DEL RÍO USUMACINTA- LAGUNA DE TÉRMINOS

Los resultados de este índice para la región 1 se resumen en el cuadro 26, como se puede observar, predomina una vulnerabilidad de la población a inundaciones baja, con excepción Emiliano Zapata que es media. No hay cambios significativos para la vulnerabilidad proyectada máxima.

**Cuadro 26. Grado de vulnerabilidad actual y futura en los municipios de la Región 1.**

Componentes de la vulnerabilidad	Comitán	Palenque	Tenosique	Emiliano Zapata	Palizada	Carmen
Vulnerabilidad actual	SIN DATO	BAJA	BAJA	MEDIA	BAJA	BAJA
Vulnerabilidad proyectada máxima	SIN DATO	BAJA	BAJA	MEDIA	BAJA	BAJA

Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2018).

## REGIÓN 2 - ZONA ORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Para el caso de los municipios de la región 2, en el cuadro 27 se resumen los resultados. En tres de los cuatro municipios se obtuvo que la vulnerabilidad actual y futura de la población a inundaciones se clasifica como media. En Felipe C. Puerto no se presentan datos.

**Cuadro 27. Grado de vulnerabilidad actual y futura en los municipios de la Región 2.**

Componentes de la vulnerabilidad	Tizimín	Valladolid	Felipe Carrillo Puerto	Othón P. Blanco
Vulnerabilidad actual	MEDIA	SIN DATO	MEDIA	MEDIA
Vulnerabilidad proyectada máxima	MEDIA	SIN DATO	MEDIA	MEDIA

Fuente: Elaboración propia con base en INECC (2018).

### 4.2.2 Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático Nivel Estatal-Municipal del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM

El Índice de Vulnerabilidad al cambio climático desarrollado por Monterroso *et al.*, (2014) identifica los territorios más vulnerables a los efectos del cambio climático de las 32 entidades federativas de la República Mexicana sobre la base de datos históricos, estudios elaborados previamente y escenarios futuros. Si bien, este índice no está enfocado en evaluar particularmente la vulnerabilidad del sector hídrico, proporciona una evaluación para cada uno de los elementos que conforman la definición de vulnerabilidad. El índice utiliza la definición del IPCC:  $Vulnerabilidad = f [(exposición + sensibilidad) - capacidad de adaptación]$ . Se utilizan 13 variables de exposición, 9 de sensibilidad y 16 de capacidad adaptativa (Cuadro 28), todas las variables se estandarizaron y se integraron mediante suma aritmética en cada componente, después los tres componentes se promediaron y se normalizaron en valores con escala de 0 a 100, finalmente se dividió el total en cinco grupos de acuerdo a una distribución geométrica de las frecuencias y a cada grupo se le asignó un indicador cualitativo

Cuadro 28. Variables del Índice de Vulnerabilidad al cambio climático desarrollado por Monterroso y colaboradores (2014)

Tema	Componentes	Variables
Exposición	Frecuencia de Eventos Extremos	Total de Inundaciones reportadas en el periodo 1980-2005 Total de Heladas reportadas en el periodo 1980-2005 Total de Lluvias intensas reportadas en el periodo 1980-2005 Total de Deslizamientos reportados en el periodo 1980-2005 Total de Otros problemas reportados en el periodo 1980-2005
	Problemática Ambiental	Total de Problemas Ambientales reportados Superficie municipal sin vegetación (%) Unidades de Producción (%) en un municipio que reportaron pérdidas por cuestiones climáticas Unidades de Producción (%) en un municipio que reportaron pérdidas por falta de fertilidad
	Clima y cambio climático	Razón de cambio (°C) entre temperatura media y el modelo Hadgem A2 al 2050 Razón de cambio (mm) entre precipitación media y el modelo Hadgem A2 al 2050 Razón de cambio (°C) entre temperatura media y el modelo Echam A2 al 2050 Razón de cambio (mm) entre precipitación media y el modelo Echam A2 al 2050
Sensibilidad	Población	% población municipal con jefe de familia femenino % población municipal indígena % población municipal en pobreza alimentaria
	Salud	% municipal de niños con baja talla al nacer % municipal de niños con bajo peso al nacer % de personas sin acceso a servicios de salud
	Productivo	% de superficie municipal en actividades primarias % de superficie municipal que no cuenta con riego % de población municipal dedicada a actividades primarias
Capacidad de adaptación	Capital Humano	% cambio en población al 2030 % de Población en el municipio que sabe leer % de Población de 5 a 14 años que asiste a la escuela % de Población total alfabeta en el municipio
	Capital Social	% de Unidades de Producción en un municipio que están Organizadas % de Unidades de Producción en un municipio que no tienen litigio por la tierra % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener falta de capacitación % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener problemas para producir

Tema	Componentes	Variables
	Capital Financiero	% de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener dificultad para acceder a créditos % de Unidades de Producción en un municipio que reciben remesas de país extranjero % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron tener ahorros % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron tener crédito % de población que recibe más de 2 salarios mínimos mensuales de ingreso Cambio porcentual en el PIB del 2000 al proyectado en 2030
	Capital Natural	Relación de superficie municipal con bosque o selva Relación de hectáreas reforestadas en el municipio en el 2005

Fuente: Monterroso *et al.*(2014).

## REGIÓN 1 - CUENCA DEL RÍO USUMACINTA- LAGUNA DE TÉRMINOS

Los resultados obtenidos del Índice de Vulnerabilidad al cambio climático señalan que 4 de los 6 municipios de la región presentan vulnerabilidad media, y contrastan con los municipios de Palenque con un grado alto y Carmen con un grado bajo. Estos resultados se relacionan principalmente con los indicadores de exposición climática que para los 6 municipios obtuvieron un grado alto. En el caso de la sensibilidad climática, la mayoría de los municipios presentan un grado bajo, solo Tenosique y Palenque tiene un grado medio, y en lo que respecta a la capacidad adaptativa todos los municipios presentan un grado medio con excepción de Carmen que es alto (cuadro 29), lo anterior incide en el resultado final de la vulnerabilidad.

Cuadro 29. Grado de exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad en los municipios de la Región 1.

Componentes de la vulnerabilidad	Comitán	Palenque	Tenosique	Emiliano Zapata	Palizada	Carmen
Exposición climática	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Sensibilidad climática	Baja	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Capacidad adaptativa	Media	Media	Media	Media	Media	Alta
Vulnerabilidad	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BAJA

Fuente: Elaboración propia con base en Monterroso *et al.*(2014).

El análisis que proporciona el estudio de Monterroso *et al.*(2014) a nivel estatal, confirma algunas de las problemáticas identificadas en la región, mismas que trascienden al nivel de municipal. En el caso de Chiapas, se menciona que la alta vulnerabilidad se relaciona con la alta sensibilidad en los grupos vulnerables, esto repercute en la falta de capacidades para responder a los efectos del cambio climático, y para restituir y aprovechar los recursos de manera sustentable. En Tabasco, la alta exposición se relaciona con las inundaciones en aumento y estas a su vez con la amplia degradación de los recursos naturales y las unidades de producción poco aprovechadas. Mientras que en Campeche el índice refleja poca atención en la conservación y aprovechamiento de los ecosistemas.

## REGIÓN 2 - ZONA ORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

La mayoría de los municipios de la Región 2, presentan vulnerabilidad baja, con excepción de Felipe Carrillo que tiene una vulnerabilidad media. Estos resultados se relacionan con los indicadores de exposición que para tres de los cuatro municipios obtuvieron un grado alto, excepto Tizimín que obtuvo un grado medio. En el caso de la sensibilidad todos los municipios presentan un grado medio y en lo que se refiere a la capacidad adaptativa, Tizimín y Valladolid tiene un grado bajo, Felipe Carrillo Puerto grado alto y Othón P. Blanco un grado muy alto (cuadro 30).

**Cuadro 30. Grado de exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad en los municipios de los estados de la Región 2**

Componentes de la vulnerabilidad	Tizimín	Valladolid	Felipe Carrillo Puerto	Othón P. Blanco
Exposición climática	Media	Alta	Alta	Alta
Sensibilidad climática	Media	Media	Media	Media
Capacidad adaptativa	Baja	Baja	Alta	Muy alta
Vulnerabilidad	BAJA	BAJA	MEDIA	BAJA

Fuente: Elaboración propia con base en Monterroso *et al.* (2014).

También se menciona que la vulnerabilidad en Yucatán está relacionada con el alto nivel de degradación de los recursos naturales y la falta de medidas que fortalezcan la riqueza de los ecosistemas y sus funciones, así como de acciones para incrementar su superficie. En Quintana Roo los grupos más vulnerables y el sector primario son los que presentan mayores afectaciones.

### 4.2.3 Índice De Vulnerabilidad Social A Nivel Estatal-Municipal Del IMTA

El Índice de Vulnerabilidad Social desarrollado por Soares *et al.*, (2015) integrado al el Atlas de vulnerabilidad hídrica en México del IMTA, evalúa la vulnerabilidad de los grupos sociales al enfrentar amenazas y riesgos derivados del cambio climático a través de cinco grandes temas que determinan la capacidad de desarrollo de una comunidad (cuadro 31).

**Cuadro 31. Variables del Índice de Vulnerabilidad Social desarrollado del IMTA.**

Componentes	Variables
Salud	Proporción de médicos por cada 100 habitantes Tasa de mortalidad infantil (proporción de niños fallecidos antes de un año, en relación a los nacidos vivos en el mismo periodo) Población no derechohabiente (% de población que no cuenta con servicios de salud pública)
Educación	% de analfabetismo (% de población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir) Escolaridad
Vivienda	% Viviendas sin agua entubada

Componentes	Variables
	% vivienda sin drenaje Déficit de vivienda (% de viviendas que faltan para satisfacer la demanda de los hogares) Viviendas con piso de tierra
Empleo e ingreso	Pea que recibe menos de dos salarios mínimos Razón de dependencia (% de población dependiente –menores de 15 años y mayores de 65 años– con relación a la población económica- mente productiva)
Población	Densidad de población Población indígena Jefas de familia Dispersión de la población (% de población que habita en localidades menores a 2,500 habitantes)

Fuente: Soares y colaboradores (2015).

Este índice se generó a partir de una base de datos donde se obtuvieron los porcentajes de cobertura y/o atención de cada uno de los indicadores seleccionados. Al porcentaje de cobertura de cada indicador se le otorgó una calificación que señala su condición de vulnerabilidad, obteniendo así cinco índices temáticos. Para obtener dicha calificación se siguió el siguiente procedimiento: 1) A partir del porcentaje de cobertura de cada indicador, se registran los valores mayor y menor para determinar el rango existente entre ambos. 2) Se divide este rango entre el número de categorías en que se demarca la condición de vulnerabilidad (cinco en este caso) y, con ello, se obtiene el valor que definirá el intervalo o amplitud de cada nivel de vulnerabilidad. 3) El margen que incluye la primera condición de vulnerabilidad se obtiene de la siguiente manera: el valor más bajo (o punto de partida) corresponde al promedio menor obtenido, y su límite superior se determina sumándole el valor del intervalo obtenido en el paso anterior. De esta manera, se construyen los valores extremos de la vulnerabilidad: “Muy Alta” o “Muy Baja”. 4) Para la construcción de los intervalos de las condiciones de vulnerabilidad intermedias, es decir, los rangos considerados como baja, media y alta, el procedimiento es el siguiente: al valor más alto de la condición de vulnerabilidad inmediatamente anterior, se le suma una milésima (0.001) y el resultado constituye el límite inferior de la condición de vulnerabilidad en construcción. Posteriormente, a dicho valor se le suma el intervalo y así se obtiene el límite superior de dicha condición; este procedimiento se repite para obtener el siguiente rango. 5) Finalmente, una vez clasificados los indicadores, se les asigna una calificación que va del 1.00 (“Muy Alta Vulnerabilidad”) al 0.20 (“Muy Baja Vulnerabilidad”), de acuerdo con el siguiente criterio basado en rangos: muy alta (1.00 y más), alta (0.80), media (0.60), baja (0.40) y muy baja (0.20).

Posteriormente, se promediaron las calificaciones de los índices temáticos y se definió una calificación vulnerabilidad final. A través de este índice se pueden identificar las necesidades prioritarias de las regiones vulnerables considerando las variables usadas. Es importante señalar que los autores del índice mencionan que los resultados pueden tener diferencias importantes con las regiones hidrológicamente más vulnerables, dado que una región hidrológicamente vulnerable no necesariamente es una región socialmente vulnerable.

## REGIÓN 1 - CUENCA DEL RÍO USUMACINTA- LAGUNA DE TÉRMINOS

En la región del Usumacinta, el municipio de Palenque presenta una vulnerabilidad social alta, mientras que los municipios de Palizada, Tenosique y Comitán presentan una vulnerabilidad media, Emiliano Zapata registra una vulnerabilidad baja y Carmen muy baja (cuadro 32). Los resultados para esta región se pueden observar en la figura 49.

**Cuadro 32. Nivel de vulnerabilidad social en los municipios de los estados de la Región 1 (IMTA)**

Municipio	Emiliano Zapata	Tenosique	Comitán	Palenque	Carmen	Palizada
Vulnerabilidad social	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy bajo	Medio

Fuente: Elaboración propia con base en Soares y colaboradores (2015).

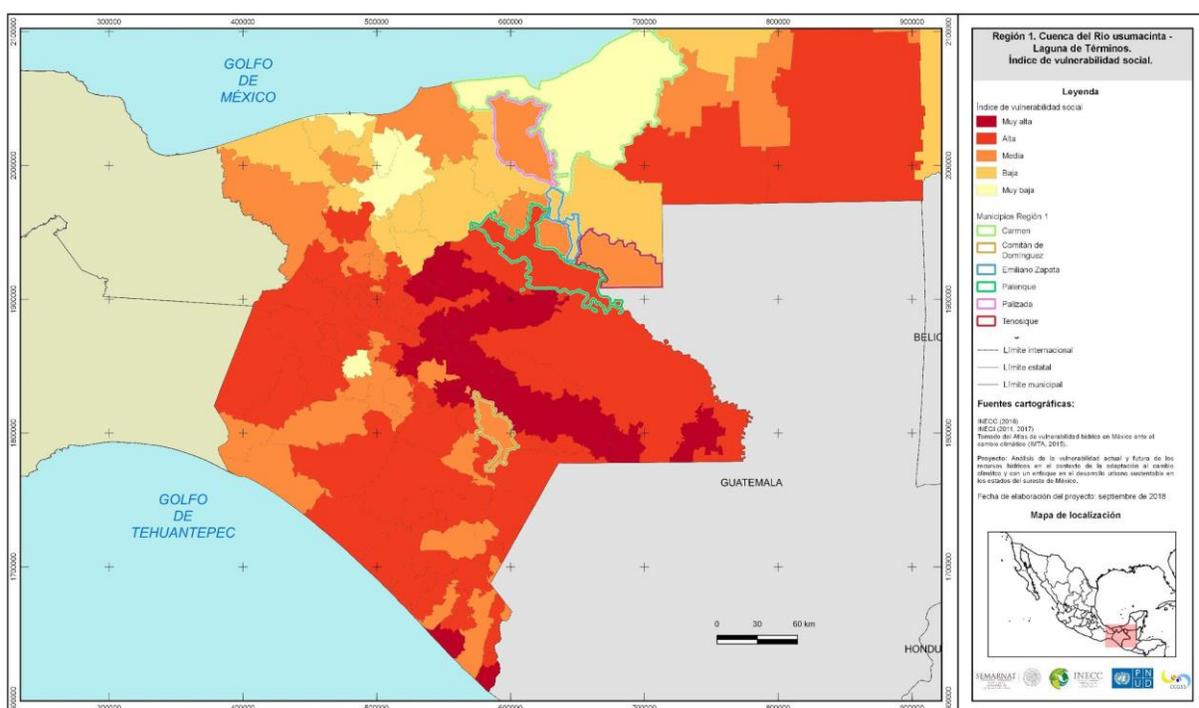


Figura 49. Nivel de vulnerabilidad social (IMTA) en los municipios de la Región 1.

Fuente: Elaboración propia con base en Soares et al.(2015).

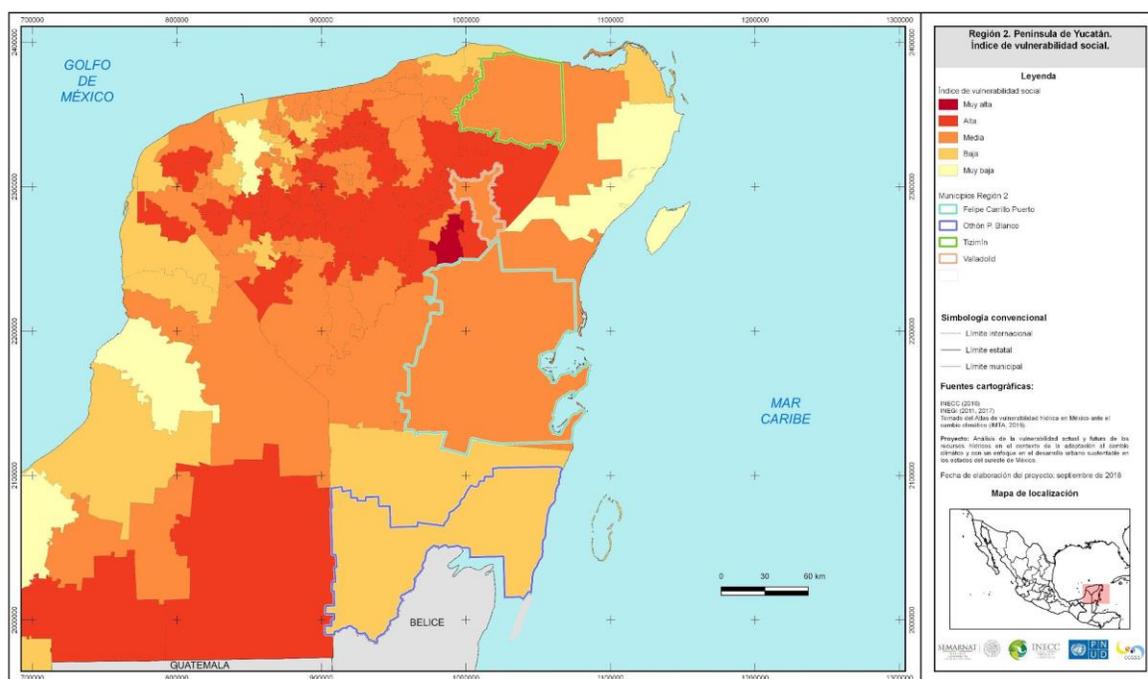
## REGIÓN 2 - ZONA ORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

En la región de la Península, los municipios de Tizimín, Valladolid y Felipe Carrillo Puerto presentan una vulnerabilidad media, y Othón P. Blanco una vulnerabilidad baja (cuadro 33). Los resultados se pueden visualizar en la figura 50.

**Cuadro 33. Nivel de vulnerabilidad social en los municipios de la Región 2.**

	Tizimín	Valladolid	Felipe Carrillo Puerto	Othón P. Blanco
Vulnerabilidad social	Medio	Medio	Medio	Bajo

Fuente: Elaboración propia con base en Soares *et al.*(2015).



**Figura 50. Nivel de vulnerabilidad social (IMTA) en los municipios de la Región 2.**

Fuente: Elaboración propia con base en Soares *et al.*(2015).

#### 4.2.4 Índices de capacidad y respuesta adaptativa a nivel municipal del PNUD México y el INECC

Este índice es parte del proyecto *Medición multidimensional de capacidad institucional a nivel municipal que fomenta la adaptación al cambio climático* (PNUD México-INECC, 2017), a través del cual, se identifican los atributos y mecanismos institucionales que las administraciones implementan y que contribuyen a fomentar la capacidad adaptativa ante el cambio climático. El enfoque de este índice es hacia la evaluación de las capacidades institucionales que incluye la capacidad de respuesta y capacidad adaptativa.

El índice de capacidad de respuesta se refiere a aquellos elementos disponibles para que el municipio afronte los efectos adversos del cambio climático y mantenga un funcionamiento básico en el corto a mediano plazo, mientras que el índice de capacidad adaptativa se refiere a la capacidad de los municipios para ajustarse a daños potenciales, aprovechar oportunidades y responder a cambios en el largo plazo. El índice de capacidad de respuesta se compone de 28 indicadores a partir de seis dimensiones: (1) instrumentos de planeación; (2) servicios públicos; (3) capacidad administrativa; (4) coordinación política e institucional; (5) transparencia y rendición de cuentas; y (6) participación ciudadana. El índice de capacidad adaptativa se compone de las mismas dimensiones que capacidad de respuesta, más la dimensión de servicios públicos.

#### REGIÓN 1 - CUENCA DEL RÍO USUMACINTA- LAGUNA DE TÉRMINOS

En esta región, la mayoría de los municipios presentan una capacidad de respuesta moderada, con excepción de Emiliano Zapata que es alta, mientras que la capacidad adaptativa, 4 de los 6 municipios presentan un grado moderado, Palenque y Carmen obtuvieron un grado bajo (cuadro 34).

Cuadro 34. Índice de capacidad de respuesta y adaptación para la Región 1.

Municipio	Capacidad de Respuesta	Capacidad Adaptativa
Emiliano Zapata	Alto	Moderado
Tenosique	Moderado	Moderado
Comitán	Moderado	Moderado
Palenque	Moderado	Bajo
Del Carmen	Moderado	Bajo
Palizada	Moderado	Moderado

Fuente: Elaboración propia con base en PNUD México-INECC (2017).

## REGIÓN 2 - ZONA ORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

En esta región, la capacidad de respuesta para Tizimín es baja, para Valladolid y Felipe Carrillo P. es moderada y para Othón P. Blanco es alta, en lo que respecta a la capacidad adaptativa, los 4 municipios presentan un grado moderado (cuadro 35).

Cuadro 35. Índice de capacidad de respuesta y adaptación para la Región 2.

Municipio	Capacidad de Respuesta	Capacidad Adaptativa
Tizimín	Bajo	Moderado
Valladolid	Moderado	Moderado
Felipe Carrillo P.	Moderado	Moderado
Othón P. Blanco	Alto	Moderado

Fuente: Elaboración propia con base en PNUD México-INECC (2017).

### 4.3 Condiciones de la vulnerabilidad futura en las regiones

#### 4.3.1 Región 1 - Cuenca del Río Usumacinta- Laguna de Términos

En los municipios analizados se proyecta un escenario de reducción de precipitación anual en torno al 10 % y un calentamiento en torno a 3.0 °C hacia mediados del siglo XXI. Hasta antes del 2030 sería recurrente que la precipitación total anual sea mayor a la que se presentó en el periodo de referencia 1961 a 1990, lo que implicaría un potencial incremento de disponibilidad del recurso hídrico.

Los modelos MPI-ESM-LR y HadGEM-ES proyectan que la precipitación total anual se reduciría en la cuenca del río Usumacinta-Laguna de Términos, en la que se encuentran los municipios considerados de la RHA XI, entre 5.0 % y 20.0 % a mediados de siglo, siendo más intensa hacia la planicie costera. Los mayores cambios para ambos modelos se presentan bajo el RCP 8.5 en comparación con el RCP 4.5. Ambos modelos proyectan que la precipitación incrementaría en invierno hasta en 20 % y los mayores decrementos serían hasta del 30.0 % en otoño y verano. En tanto que la temperatura media sería más cálida en la región bajo el RCP 8.5 y con el modelo HadGEM-ES, entre 1.5° C y 2.0° C al 2030, llegando a ser entre 2.5° C a 3.0° C al 2051. Con el RCP 4.5 el incremento en la temperatura generalmente es 0.5° C menor.

En el cuadro 36 se presenta la categoría de exposición de los municipios ante peligros climáticos mensuales extremos bajo cambio climático, tal como se caracteriza y se analiza en la sección “extremos climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso” del apartado Análisis de escenarios.

Cabe señalar que se caracteriza y se presenta un análisis de la categoría de exposición por municipio ante diferentes amenazas climáticas, y se omitió generar un índice que integre el total de las amenazas al estar más allá de los alcances del proyecto.

Cuadro 36. Variables relacionadas con la exposición de los municipios a peligros futuros en la Región 1.

Municipio	Lluvias intensas (nortes y/o ciclones o lluvia por convección) (Percentil 95)			Sequías meteorológicas (déficit de lluvia) Percentil 05			Olas de Calor y temperaturas máximas extremas (Percentil 95)	Temperaturas mínimas extremas (ondas frías) Percentil 05	Aumento en el nivel de mar (plazo más largo)
	Periodo (años)	2015-2044	2026-2055	2036-2065	2015-2044	2026-2055	2036-2065	2015-2044 2026-2055 2036-2065	
Comitán	A	B	B	M.B.	M.B.	M.B.	M.A.	M.B.	M.B.
Palenque	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.	M.B.
Tenosique	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.	M.B.
Emiliano Zapata	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.	M.B.
Palizada	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.	M.A.
Carmen	M.A.	M.A.	M.A.	A	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.	M.A.

Fuente: Elaboración propia con base en CMIP5 y WDC-CERA.

Nota: Las categorías están propuestas en función de la proporción del número de meses de los periodos en el futuro con respecto al número de meses en el periodo 1961-1990 en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 de la variable climática que caracteriza el peligro climático mensual extremo, tal como se detalla en la sección “extremos climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso” del apartado Análisis de escenarios. M.B. muy baja, B. Baja, M media, A alta, M.A. muy alta.

Nota: Los colores se relacionan con las cinco categorías de exposición, siendo verde para una exposición muy baja hasta marrón para una exposición muy alta.

De acuerdo con el cuadro anterior, en Comitán sería baja la exposición a episodios de precipitación mensual extrema hacia mediados del siglo XXI y muy baja la exposición a sequías meteorológicas. En los cinco municipios restantes de la región sería muy alta la exposición a precipitación mensual extrema debido a que aumentaría en más del 50 % el número de meses con el percentil 95 de precipitación, con respecto al periodo 1961-1990. De igual forma, en estos municipios sería muy alta la exposición a episodios de sequías meteorológicas hacia mediados del siglo XXI, lo que es consistente con la proyección mundial en que la precipitación se presente en episodios de precipitación intensa y se den episodios de sequías para una misma región. En los seis municipios sería muy alta la exposición a episodios de temperatura extrema máxima, y muy baja a episodios de ondas frías.

Aunque se proyecte que sea muy alta la exposición a episodios de sequía meteorológica en los municipios considerados, dada la alta disponibilidad de agua superficial y subterránea en la cuenca Usumacinta, ésta no siempre conllevaría a sequías del tipo agrícola o socioeconómica. Lo que hace que se convierta en un desastre o no depende de las características socioeconómicas de la sociedad y de los

ecosistemas, es decir, de su vulnerabilidad, por ejemplo, el acceso al recurso, el mantenimiento de infraestructura de distribución o la contaminación del agua.

El cuadro 37 contiene una selección de variables que permiten vislumbrar temas críticos para la adaptación futura el tema hídrico. En primer lugar considera variables relacionadas a capacidades adaptativas (índice de Transparencia Mexicana), así como a problemática percibida y acciones emprendidas por los municipios en temas de agua y cambio climático. Se incorporan también variables que permiten identificar las tendencias con respecto a los cambios en la población.

Con estos elementos se puede ver que hay capacidades medias o moderadas para la mayor parte de los municipios (excepto Palenque, que es considerado como Bajo en el índice de capacidad adaptativa por municipio en 2017). También hay coincidencia en el caso de la baja capacidad adaptativa del municipio de Carmen, lo cual es especialmente preocupante considerando que la cabecera municipal está asentada en una isla y que, además, para 2030 se calcula que haya alrededor de 55 mil personas más viviendo en este municipio de las que había en 2015.

**Cuadro 37. Variables relacionadas con las condiciones de capacidad adaptativa y condiciones clave para la adaptación del sector hídrico en los municipios de la Región 1.**

Municipio	Indicadores de capacidades adaptativas	Plan Municipal de Desarrollo (PMD) 2015-2018		Problemas hídricos percibidos en el diagnóstico del PMD)			Datos relevantes sobre crecimiento poblacional	
	Índice de capacidad adaptativa por municipio 2015	Acciones para mejorar las condiciones sobre manejo hídrico (Nota 1)	Acciones para adaptación al cambio climático visibles (Nota 2)	Contaminación del agua	Infraestructura obsoleta o insuficiente	Saneamiento y manejo de aguas residuales	Cambio porcentual en la población entre 2000-2015	Incremento esperado en la población total entre 2015 y 2030
Comitán	Moderado	Alto	Bajo	Sí	Sí	Sí	45.85	30,902
Palenque	Bajo	Alto	Bajo	Sí	Sí	Sí	40.21	24,922
Tenosique	Moderado	Alto	Muy bajo	No se menciona	Sí	Sí	7.36	7,701
Emiliano Zapata	Moderado	Alto	Muy bajo	No se perciben de manera problemática	No se perciben de manera problemática	No se perciben de manera problemática	13.68	3,861
Palizada	Moderado	Alto	Medio	Diagnóstico limitado, no se menciona	Diagnóstico limitado, no se menciona	Diagnóstico limitado, no se menciona	6.78	1,246
Carmen	Bajo	Alto	Medio	Sí	Sí	Sí	44.30	51,597

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1. Acciones para mejorar las condiciones sobre manejo hídrico; Alto: Se mencionan acciones concretas para mejorar saneamiento, calidad y acceso.; Medio: Se mencionan acciones aisladas.; Bajo: Se menciona como un problema, pero no hay acciones concretas: bajo; Muy bajo: No se menciona.

Nota 2: Acciones para adaptación al cambio climático visibles; Alto: Se menciona adaptación al cambio climático y acciones concretas; Medio: Se menciona adaptación al cambio climático; Bajo: Se menciona cambio climático sin medidas de adaptación: bajo; Muy bajo: No se menciona cambio climático.

Considerando los escenarios anteriores, los posibles efectos de los eventos climáticos para esta región están relacionados principalmente con el aumento de la intensidad y frecuencia de las lluvias intensas, reducción en la precipitación media y el aumento en la temperatura media. Hay que destacar que históricamente las lluvias intensas y las inundaciones han sido un problema grave que ha enfrentado la región. Los efectos de los desastres se magnifican por una creciente vulnerabilidad relacionada con la falta de medidas preventivas. Por ello, la visión tradicional de la respuesta al desastre debe transitar a la gestión del riesgo ante cambio climático, lo cual significa reducir la magnitud del peligro mediante la mitigación y la vulnerabilidad mediante la adaptación. El éxito de la gestión de riesgo ante cambio climático con base en la reducción de vulnerabilidad se reflejará en la seguridad de las personas y en mejores condiciones para el desarrollo.

Los recursos hídricos son prioritarios para el funcionamiento de los diversos sectores de la región, por ello, resulta necesario considerar los impactos directos e indirectos en los ecosistemas, la población y los sistemas productivos. Por ejemplo, el aumento en la intensidad y frecuencia de lluvias intensas puede

tener impactos positivos en la biodiversidad costera y marina, sin embargo, ante el aumento de la temperatura media se pueden presentar afectaciones en los ciclos reproductivos de las especies y favorecer las condiciones para el aumento en incendios forestales, plagas y enfermedades en los ecosistemas. La reducción en la precipitación media puede reducir el caudal eco-hidrológico y el aporte de sedimentos en los deltas de los ríos, lo cual afectaría los humedales costeros y aumentaría las condiciones favorables para la proliferación de especies invasoras.

En el caso de los asentamientos humanos, se pueden esperar mayores daños en la infraestructura social y vivienda por inundaciones. La alta dispersión poblacional, la cual por un lado complica la provisión de servicios básicos de educación salud e infraestructura, hace que las acciones de prevención y/o atención a la emergencia se dificulten. En combinación con un aumento de la temperatura media, disminuiría la sensación de confort en la población y aumentaría el uso de energía, además se incrementarían las enfermedades transmitidas por vector o por afectación en la calidad del agua y la calidad de los alimentos se vería también afectada.

En lo que concierne a las actividades productivas, los cambios en los patrones climáticos podrían restringir las acciones que se están promoviendo para mejorar los bajos rendimientos de los sistemas agrícolas y pecuarios. El aumento de la temperatura media podría aumentar la proliferación de plagas, enfermedades y vectores nocivos para los cultivos, cambiar la disponibilidad de forraje y pastos para la ganadería. En el caso del sector pesquero, el aumento en el nivel de mar podría modificar las zonas de pesca de especies. En el sector forestal, la ocurrencia de temperaturas más altas propiciaría la aparición de plagas sobre especies forestales con la consecuente afectación a los programas de manejo forestal. Finalmente, la infraestructura petrolera se vería afectada con el aumento en la intensidad y frecuencia de ciclones tropicales, donde la exposición es uno de los principales factores de vulnerabilidad de este sector, así como las condiciones de mantenimiento de las constricciones y los materiales.

Retomando los cambios significativos del índice de rezago social en un plazo de tiempo corto, si la tendencia es que no hay una mejoría en las condiciones educativas, de salud y vivienda de la población, ante un clima cambiante éstas pueden agudizarse y con ello el riesgo de que se presenten impactos más costosos y severos aumentará. Ante un escenario de que se presenten, por un lado, un aumento en la temperatura implicará que la demanda por los recursos hídricos aumente y por otro, las inundaciones provocadas por lluvias extremas más frecuentes e intensas ocasionarán daños en la infraestructura hídrica y con ello el acceso al recurso se verá comprometido.

### **4.3.2 Región 2 - Zona oriental de la Península de Yucatán**

Los cambios proyectados en los municipios analizados al oriente de la RHA XII indican que la precipitación se reduciría hasta 10 %, alcanzando hasta el 20 % en los municipios del sur con el modelo MPI-ESM-LR bajo el RCP 4.5. Los cambios se intensifican conforme pase el tiempo y serían mayores bajo el RCP 8.5. El modelo HadGEM-ES proyecta reducciones de menor intensidad bajo el RCP 8.5. En invierno incrementaría la precipitación hasta en 20 % y en otoño se presentaría el mayor déficit, de hasta el 30 %. La temperatura sería menos cálida al oriente de la Península de Yucatán en comparación con el incremento proyectado entre 1.5 °C a 3.0 °C en el resto de la RHA con el modelo HadGEM-ES bajo el RCP 8.5.

En el cuadro 38 se presenta la categoría de exposición de los municipios seleccionados del oriente de la Península de Yucatán ante peligros climáticos mensuales extremos bajo cambio climático, tal como se caracteriza y se analiza en la sección “extremos climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso” del apartado Análisis de escenarios.

Se reafirma que se caracteriza y se presenta un análisis de la categoría de exposición por municipio ante diferentes amenazas climáticas, y se omitió generar un índice que integre el total de las amenazas al estar más allá de los alcances del proyecto.

**Cuadro 38. Variables relacionadas con la exposición de los municipios a peligros futuros en la región 2.**

Municipio	Lluvias intensas (nortes y/o ciclones o lluvia por convección) (Percentil 95)			Sequías meteorológicas (déficit de lluvia) Percentil 05			Olas de Calor y temperaturas máximas extremas (Percentil 95)	Temperaturas mínimas extremas (ondas frías) Percentil 05	Aumento en el nivel de mar (plazo más largo)
	Periodo (años)	2015-2044	2026-2055	2036-2065	2015-2044	2026-2055	2036-2065	2015-2044 2026-2055 2036-2065	
Tizimín	M	A	M	M.A.	M.A.	M.A.	M.A.	M.B.	M
Valladolid	M	A	A	M	B	M	M.A.	M.B.	B
Felipe Carrillo Puerto	M	A	A	M	B	M	M.A.	M.B.	M.A.
Othón P. Blanco	M	A	M	A	A	M.A.	M.A.	M.B.	M.A.

Fuente: Elaboración propia con base en CMIP5 y WDCC-CERA.

Nota: Las categorías están propuestas en función de la proporción del número de meses de los periodos en el futuro con respecto al número de meses en el periodo 1961-1990 en que se está por arriba/debajo del percentil 95/05 de la variable climática que caracteriza el peligro climático mensual extremo, tal como se detalla en la sección “extremos climáticos al 2030, 2041 y 2051 en los municipios de caso” del apartado Análisis de escenarios. M.B. muy baja, B. Baja, M media, A alta, M.A. muy alta.

Nota: Los colores se relacionan con las cinco categorías de exposición, siendo verde para una exposición muy baja hasta marrón para una exposición muy alta.

A partir de la información del cuadro anterior, se identifica que en Tizimín sería media la exposición a episodios con precipitación mensual extrema y muy alta la exposición a sequía meteorológica. En Valladolid y Felipe Carrillo Puerto sería media la exposición a la precipitación mensual extrema al 2030 y pasaría a ser alta hacia mediados de siglo. La exposición a episodios de sequía meteorológica sería de

baja a media en las próximas décadas. En Othón P. Blanco sería media la exposición a la precipitación mensual extrema y alta ante sequía meteorológica. En los cuatro municipios sería muy alta la exposición a episodios de temperaturas mensuales extremas máximas y muy baja la exposición a episodios de ondas frías.

Entre los efectos directos e indirectos de los distintos eventos climáticos para la región, señalando como los más críticos, las lluvias intensas, la reducción en la precipitación media y el aumento en la temperatura media. Las sequías son una condición relevante a considerar por el tipo de impactos asociados a su ocurrencia. Así mismo, el aumento en el nivel del mar podría impactar las zonas costeras con áreas protegidas fundamentales para la conservación de la diversidad biológica y la productividad pesquera (e.g. Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an).

Con respecto a la información actual de variables que nos permite saber qué se está haciendo desde los municipios para enfrentar el cambio climático, el siguiente cuadro muestra que el índice de capacidad adaptativa por municipio desarrollado por Transparencia mexicana tiene un grado de “moderado” en todos los casos, y si se compara con lo identificado en los planes municipales de desarrollo 2015-2018, ninguno menciona ni siquiera el cambio climático como un tema, lo cual pone un foco rojo en la región, ya que en contraste, desde la perspectiva regional, se trata de un periodo en el que destacan acciones de los estados para enfrentar de manera conjunta el cambio climático, como se ve más adelante (cuadro 39 ). En el caso del tema hídrico, se observa también que los planes municipales de desarrollo, con excepción del municipio de Valladolid, en Yucatán, tampoco lo consideran como un tema prioritario para la toma de decisiones. Como se mencionó anteriormente, estas variables no permiten obtener un valor final de capacidad adaptativa para el sector hídrico, pero dan elementos para vislumbrar aspectos críticos que deben considerarse en el futuro como se ve más adelante.

Cuadro 39. Indicadores seleccionados de capacidad adaptativa en la Región 2.

Municipio	Indicadores de capacidades adaptativas	Plan Municipal de Desarrollo (PMD) 2015-2018		Problemas hídricos percibidos en el diagnóstico del PMD)			Datos relevantes sobre crecimiento poblacional	
	Índice de capacidad adaptativa por municipio 2015	Acciones para mejorar las condiciones sobre manejo hídrico (Nota 1)	Acciones para adaptación al cambio climático visibles (Nota 2)	Contaminación del agua	Infraestructura obsoleta o insuficiente	Saneamiento y manejo de aguas residuales	Cambio porcentual en la población entre 2000-2015	Incremento esperado en la población total entre 2015 y 2030
Tizimín	Moderado	Medio	Muy bajo	Diagnóstico limitado, no se menciona	Diagnóstico limitado, no se menciona	Diagnóstico limitado, no se menciona	21.09	15,622
Valladolid	Moderado	Alto	Muy bajo	Sí	Sí	Sí	41.46	17,360
Felipe Carrillo Puerto	Moderado	Medio	Muy bajo	Diagnóstico limitado, no se menciona	Diagnóstico limitado, no se menciona	Diagnóstico limitado, no se menciona	35.41	43,933
Othón P. Blanco	Moderado	Medio	Muy bajo	Sí	Sí	Sí	ND	<b>110,064</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota 1. Acciones para mejorar las condiciones sobre manejo hídrico; Alto: Se mencionan acciones concretas para mejorar saneamiento, calidad y acceso.; Medio: Se mencionan acciones aisladas.; Bajo: Se menciona como un problema, pero no hay acciones concretas: bajo; Muy bajo: No se menciona.

Nota 2: Acciones para adaptación al cambio climático visibles; Alto: Se menciona adaptación al cambio climático y acciones concretas; Medio: Se menciona adaptación al cambio climático; Bajo: Se menciona cambio climático sin medidas de adaptación: bajo; Muy bajo: No se menciona cambio climático.

\*Sobre las cifras de población de Othón P. Blanco hay que recordar que en 2011 el municipio se dividió en dos, dando lugar a la creación del municipio de Bacalar, por lo que la cifra de crecimiento poblacional entre 2000 y 2015 no se puede obtener, esta tendrá que calcularse comparando el total de las localidades pertenecientes a cada municipio y será posible hasta el Censo de 2020.

En el futuro, el crecimiento poblacional y el uso del agua en las actividades agropecuarias e industriales puede generar conflictos por una mayor competencia por el recurso. Otro factor a considerar, es el aumento de la contaminación de los acuíferos por aguas residuales de las ciudades y los desechos de las industrias (e.g. granjas de cerdos). Por ello, que el manejo integral de cuencas es una medida de adaptación necesaria para mantener la conectividad hídrica en la región.

Los cambios en los eventos climáticos tienen recursiones en los distintos sectores. En el caso de la biodiversidad ante un aumento en la intensidad y frecuencia de lluvias extremas asociadas a la ocurrencia de ciclones tropicales, los ciclos productivos de diversas especies pueden verse afectados. El aumento de la temperatura promedio podría ocasionar un desplazamiento de los ecosistemas, pérdida de especies y el brote de especies nocivas para la salud de la población (vectores). Así mismo, se incrementarían las condiciones para el aumento de incendios forestales, plagas y enfermedades en los ecosistemas. En lo que respecta a cambios en el nivel y temperatura del mar, se pueden una reducción de los servicios ecosistémicos que proveen especies como los corales de disminución de impactos de los eventos extremos.

Por otra parte, el patrimonio de la población y los servicios públicos como saneamiento básico y la infraestructura educativa podrían verse severamente impactadas con un aumento de la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales. La combinación de menos precipitación promedio anual y un aumento en la temperatura media tendría impactos negativos en salud humana, tal es el caso de un incremento en enfermedades infecciosas gastrointestinales por deterioro en la calidad del agua. La condición de sequía ocasionaría problemas para la seguridad alimentaria, una deficiencia de materias primas y promovería el surgimiento de conflictos con sectores productivos para el acceso al agua. El aumento en el nivel del mar podría causar desplazamientos de la población.

En relación a la disponibilidad de agua entubada y la presencia de drenaje en viviendas, si bien, la cobertura es alta, con excepción del caso de Felipe Carrillo Puerto en el que las viviendas que no cuentan con drenaje sobrepasan el 20 %, el acceso al recurso debe considerar que las afectaciones a las fuentes hídricas y a la infraestructura pueden aumentar ante un escenario de huracanes más intensos o sequías meteorológicas más severas y frecuentes.

Los sectores productivos también se verán seriamente afectados, en el que se refiere a la agricultura, las lluvias extremas alterarían las temporadas de siembra, ocasionarían daños a la infraestructura productiva y pérdidas de cultivos para la alimentación. El aumento de la temperatura media aumentaría los requerimientos hídricos de los cultivos y la productividad principalmente en agricultura de temporal disminuiría. Así mismo, se podrían presentar una mayor mortandad de ganado por falta de alimento y disminución del confort para el ganado. En el caso del sector forestal, las lluvias intensas pueden afectar los volúmenes autorizados de extracción de madera, mientras que el aumento en la temperatura ocasionaría el incremento de plagas sobre especies forestales con la consecuente repercusión a los programas de manejo forestal. Otras actividades podrían verse también afectadas, tal es el caso de la reducción en la disponibilidad de agua para la acuicultura y cambios en los volúmenes de captura en el sector pesquero.

En el caso de los sectores industrial, turismo, comercial, comunicaciones y transportes podrían presentar daños severos en sus infraestructuras por el impacto de ciclones tropicales más intensos, esto se relaciona por un lado con la poca incorporación de criterios climáticos en la inversión y construcción de obras y por otro con los costos crecientes de las primas por aseguramiento. El aumento en la temperatura incrementaría el uso de energía para enfriamiento de instalaciones. En conjunto, se podría tener un ausentismo laboral, así como una reducción en el número de visitantes en el largo plazo por efectos en el confort de los turistas.

## 4.4 El valor del agua: un análisis del gasto en agua y aproximaciones al valor futuro en un contexto de cambio climático en los municipios<sup>10</sup>

### 4.4.1 Análisis de la encuesta nacional de ingreso gasto de los hogares para estimar el porcentaje del ingreso destinado al consumo de agua: potable y purificada

Para esta sección, se tomaron tres encuestas: 2006, 2010 y 2016 para generar una serie de tiempo. De cada encuesta, se obtiene el gasto promedio en agua embotellada, el gasto promedio en pago de servicio de agua y el ingreso promedio, todas medidas trimestralmente. Estas variables se calcularon para todo México, para la región del estudio, para cada una de las dos regiones hidrológicas del estudio, para cada uno de las Entidades Federativas del estudio y para cada uno de los diez municipios. A excepción de los municipios, las variables también se desagregaron por decil de ingreso (con base en el ingreso nacional). El análisis por decil no fue factible hacer a nivel municipal por falta de suficientes datos.

Con estas variables, se construyó el gasto total en agua, así como el porcentaje que cada uno de estos gastos representa del ingreso.

De esta información, cabe resaltar lo siguiente:

Las figura 51, 52 y 53 muestra el comparativo de ingresos trimestrales promedio en las entidades del estudio para los años 2006, 2010 y 2016. Cabe destacar que Quintana Roo es la entidad con mayor ingreso reportado por los hogares en los tres periodos analizados, el cual oscila entre el 25% y 28% del agregado. Asimismo, Chiapas y Tabasco reportaron los menores niveles en este concepto, oscilando entre el 12% y 14% para el primero y, entre 17 y 19% para el segundo. Campeche y Yucatán reportaron niveles de ingreso muy similares en los tres periodos, oscilando entre el 20% y 23% del ingreso agregado de las entidades

---

<sup>10</sup> Para la elaboración de esta sección se elaboró un marco metodológico que está contenido en el Anexo III de este documento.

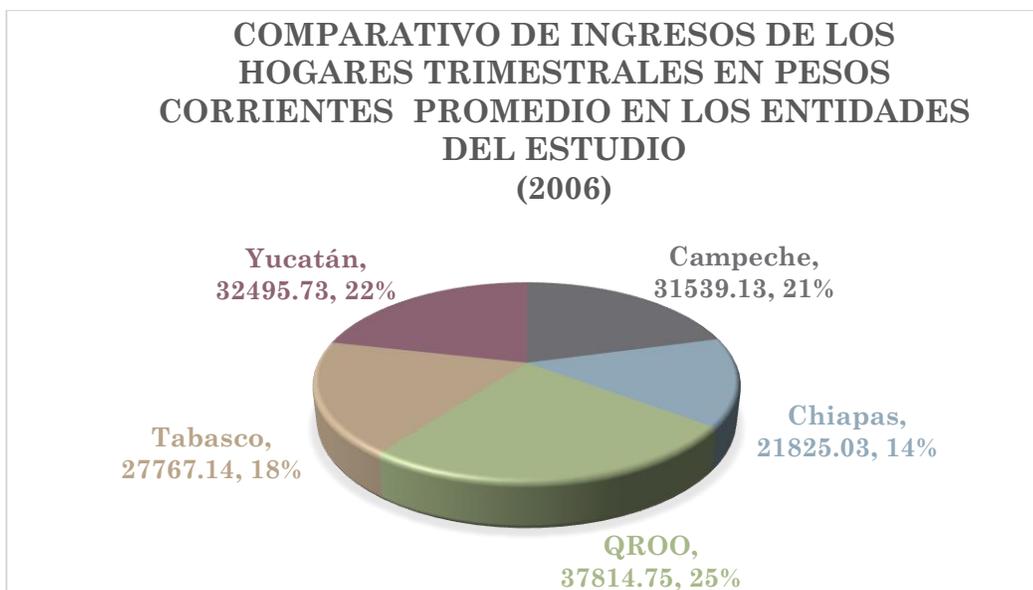


Figura 51 Comparativo de ingresos Trimestrales en pesos corrientes Promedio en los Entidades del Estudio en 2006

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006)

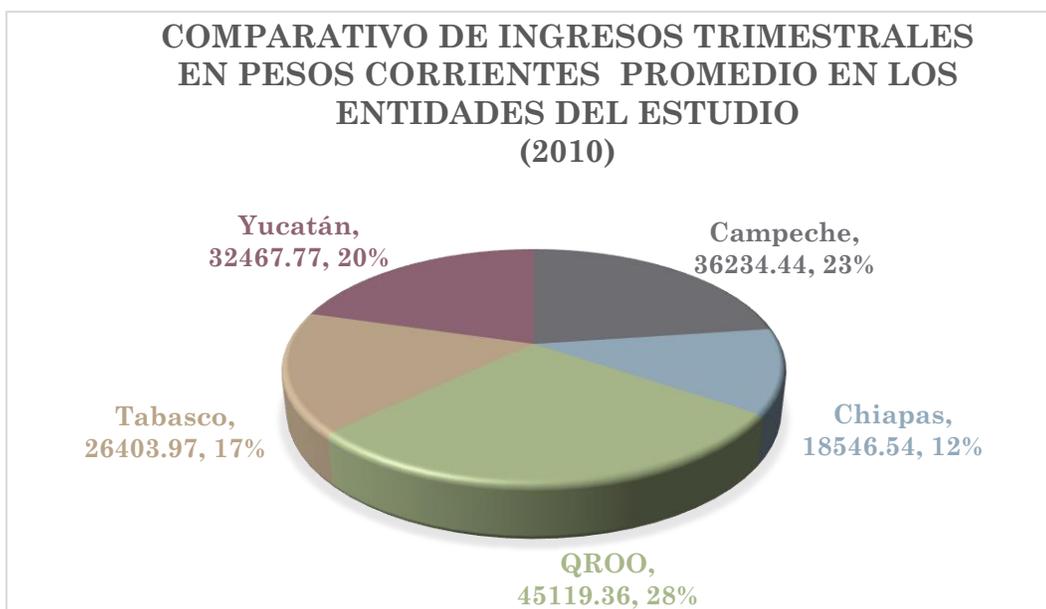


Figura 52 Comparativo de ingresos Trimestrales en pesos corrientes Promedio en los Entidades del Estudio

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010, 2016)

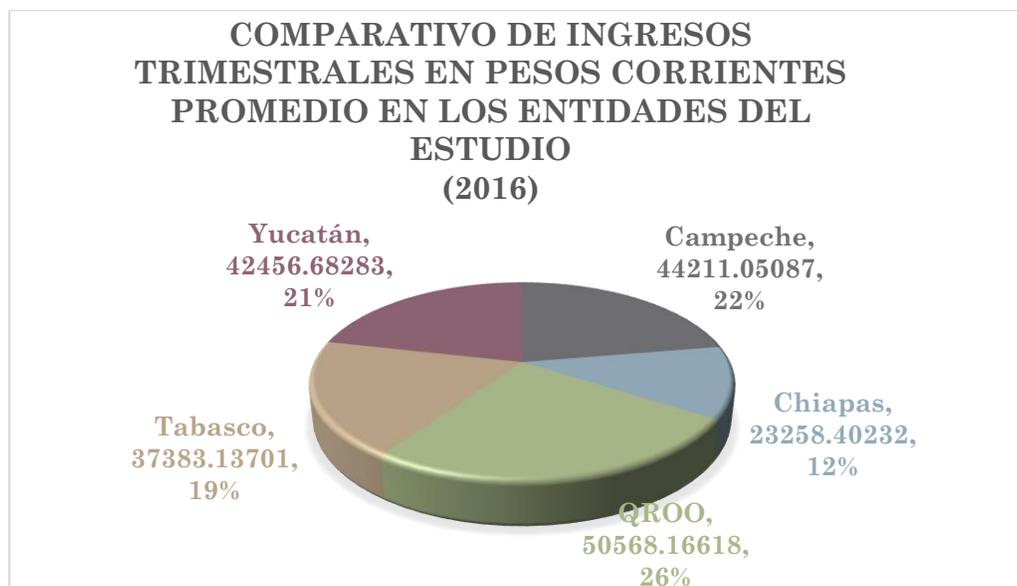


Figura 53 Comparativo de ingresos Trimestrales en pesos corrientes Promedio en las Entidades del Estudio

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010, 2016)

Las figuras 54, 55 y 56 muestran un comparativo entre las tarifas promedio por región hidrológica (RH) y el salario mínimo para los tres periodos analizados. Cabe destacar que en la RH XI, la tarifa promedio es considerablemente menor que en la XII. Esta oscila entre 61% y 67% de un salario mínimo a precios corrientes. Por su parte, la tarifa promedio de la RH XII osciló en ese periodo entre el 1.27 y 0.99 salarios mínimos. En ambas RH hubo una disminución de la tarifa expresada en términos de salario mínimo del 2006 al 2016.



Figura 54 Comparativo Salario Mínimo y Tarifa de Agua Promedio por Región Hidrológica (RH) en 2006 (pesos corrientes)

Fuente : Elaboración propia con datos de Estimado con datos del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP) y la Comisión de Salarios Mínimos (CONSAMI)

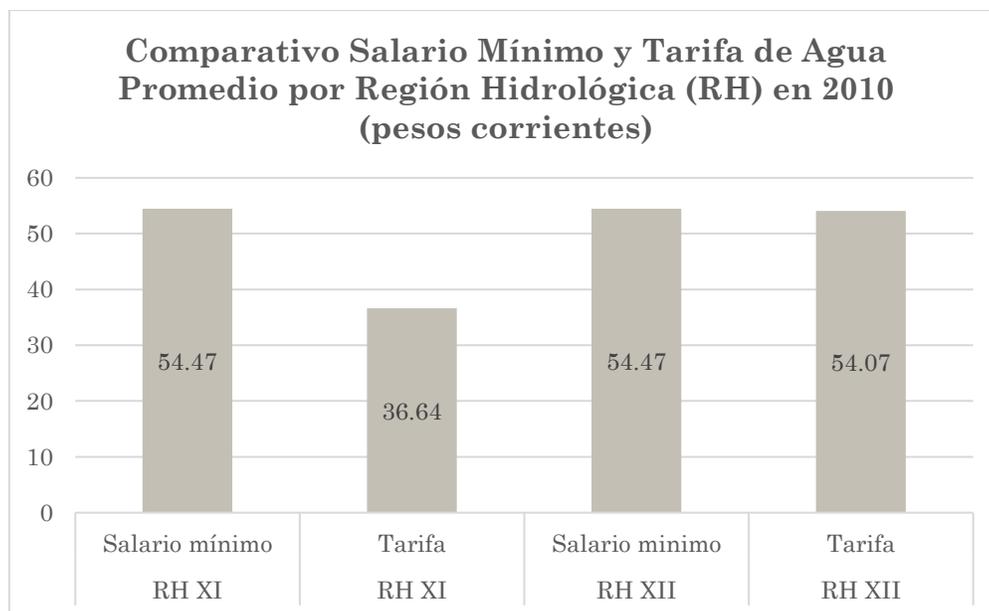


Figura 55 Comparativo Salario Mínimo y Tarifa de Agua Promedio por Región Hidrológica (RH) en 2010 (pesos corrientes)

Fuente : Elaboración propia con datos de Estimado con datos del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP) y la Comisión de Salarios Mínimos (CONSAMI)



Figura 56 Comparativo Salario Mínimo y Tarifa de Agua Promedio por Región Hidrológica (RH) en 2016 (pesos corrientes)

Fuente : Elaboración propia con datos de Estimado con datos del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP) y la Comisión de Salarios Mínimos (CONSAMI)

La figura 57 muestra para todos los estados de la región que el gasto en agua oscila entre 0.40% y 1.2% en 2006, 0.45% y 1.18% en 2010 y 0.58% y 1.15 en 2016. No hay una tendencia exacta pero los 4 deciles con menores niveles de ingreso tienden a gastar una proporción relativamente mayor de su ingreso en agua. Esto indica que incrementos en el precio del agua a quienes más afecta es a los sectores de la sociedad relativamente más pobres.

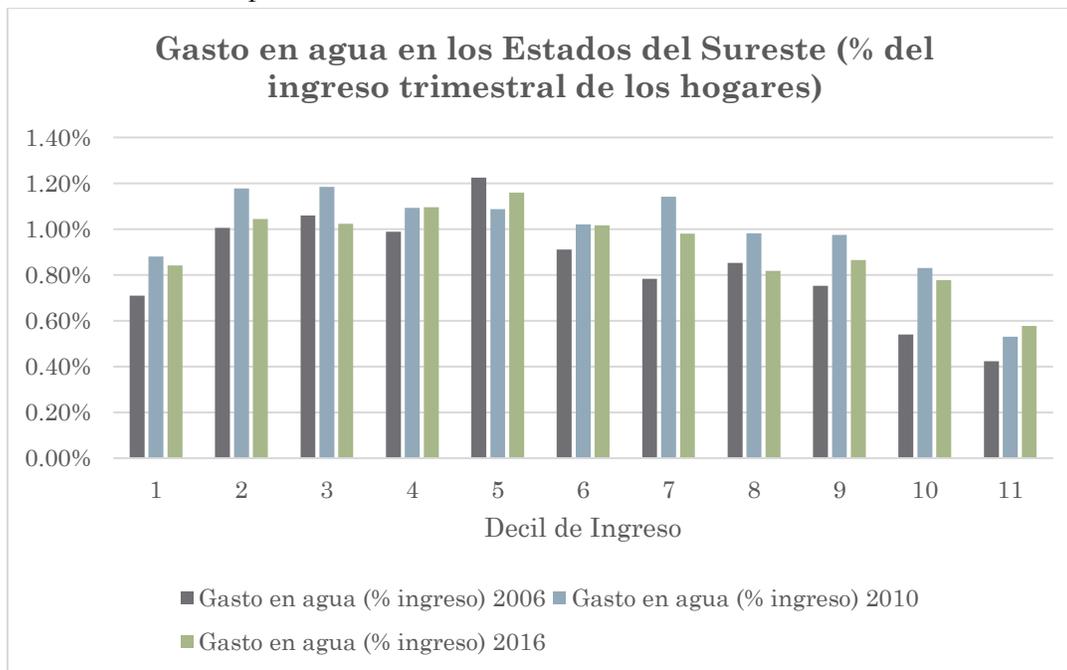


Figura 57 Gasto de agua los estados del Sureste.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

En la zona de estudio se reportaron incrementos en promedio en el gasto del consumo de agua del 2006 al 2010 al pasar del 0.71% al 0.84% mientras que del 2010 al 2016 hubo una pequeña reducción al 0.83%. Esto puede reflejar tanto el impacto por la crisis económica del 2009 cómo el ajuste de tarifas las cuales en promedio aumentaron en 200% en la región hidrológica XI de 2006 a 2010 y 70% del 2010 al 2016; y del 31% de 2006 a 2010 y 94% del 2010 al 2016 en la región Hidrológica XII<sup>11</sup>. (Figuras 58, 59, 60, 61 y 62)

En la península de Yucatán el gasto en agua como porcentaje del ingreso es bastante mayor que en la región de Chiapas y Tabasco, lo cual puede ser causado por el diferencial de tarifas en esas regiones el cual es considerable<sup>12</sup> y los niveles de ingreso mencionados anteriormente. La figura 58 muestra que en Quintana Roo el gasto en agua como porcentaje del ingreso es por mucho superior al que se observa en los otros estados, lo cual de nuevo se explica en parte por el diferencial de tarifas.

<sup>11</sup> . Estimado con datos del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP) <https://www.gob.mx/imta/articulos/sistema-de-informacion-de-tarifas-de-agua-potable?idiom=es>

<sup>12</sup> Las tarifas promedio de la región XII eran mayores a las de la región XI en un 400% en 2006, 175% en 2010 y 201% en 2016 respectivamente. Estimado con datos del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable (SITAP) <https://www.gob.mx/imta/articulos/sistema-de-informacion-de-tarifas-de-agua-potable?idiom=es>

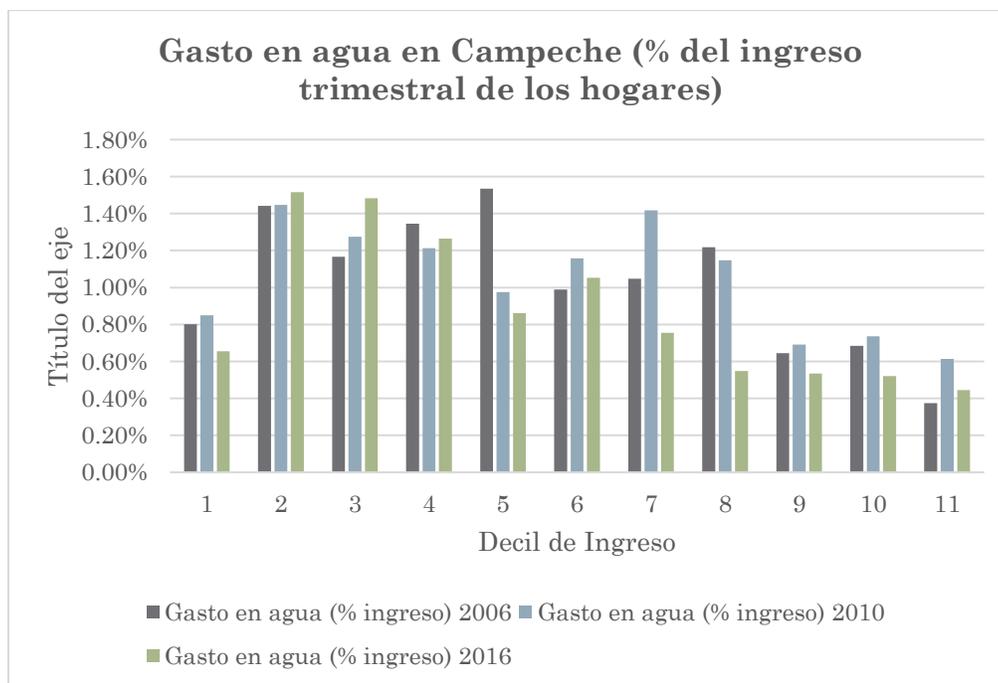


Figura 58 Gasto en agua en Campeche (% del ingreso trimestral de los hogares)

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

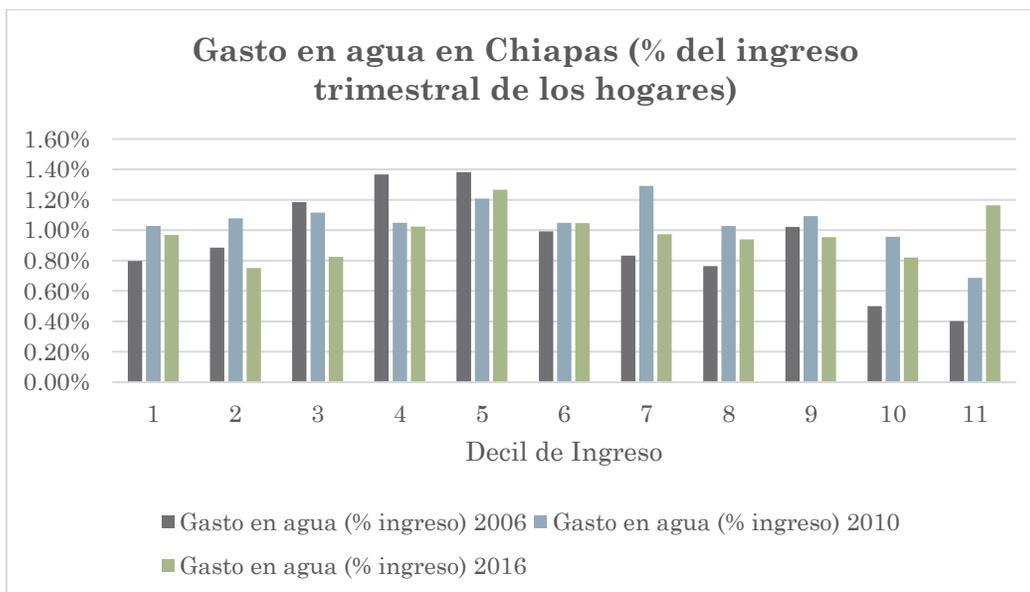


Figura 59. Gasto en agua en Chiapas (% del ingreso trimestral de los hogares)

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

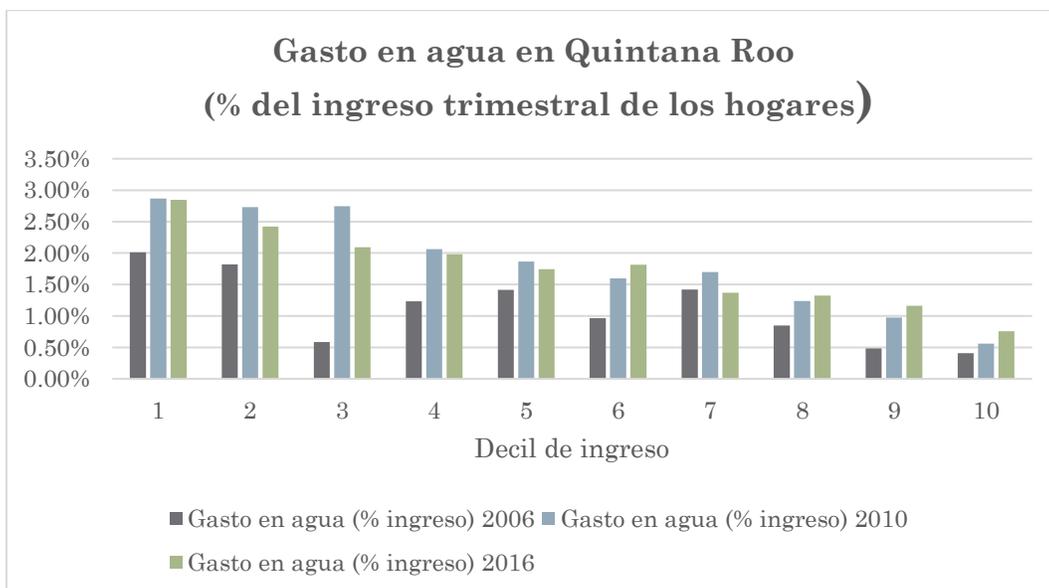


Figura 60. Gasto en agua en Quintana Roo (% del ingreso trimestral de los hogares)

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

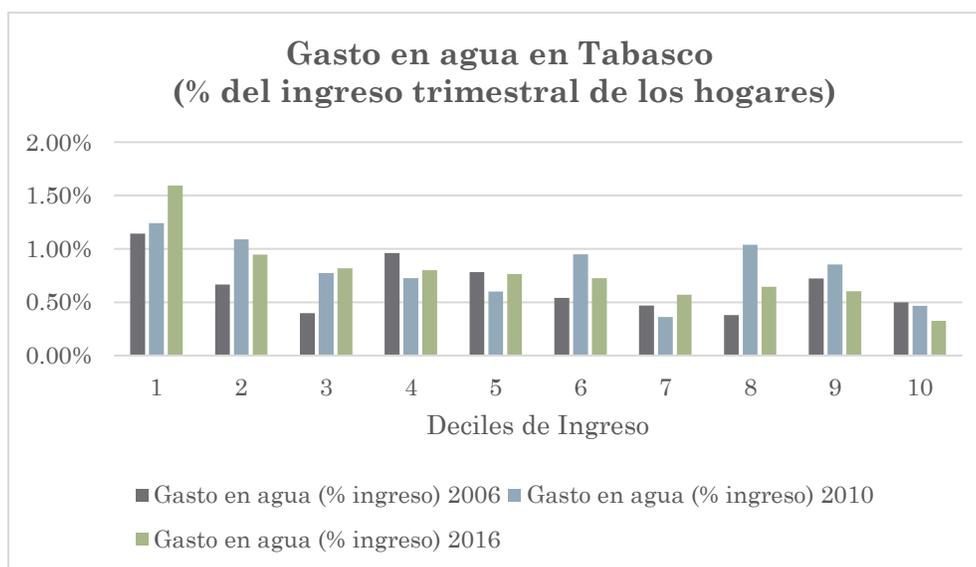


Figura 61. Gasto en agua en Tabasco (% del ingreso trimestral de los hogares)

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

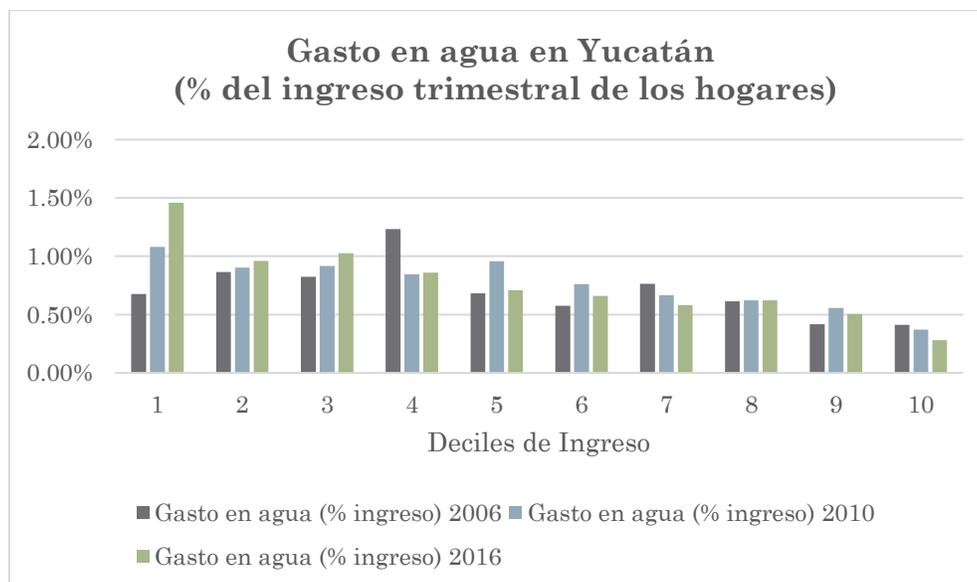


Figura 62. Gasto en agua en Yucatán (% del ingreso trimestral de los hogares)

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

Por último, la figura 63 muestra el gasto total en agua como el porcentaje del ingreso para cada uno de los municipios seleccionados. Este gasto oscila entre el 0.50% y el 2.5%. En promedio, este gasto no se ha modificado mucho entre 2006, 2010 y 2016 cuando fue .85%, .83% y .87% respectivamente. Faltan datos sobre cantidades y precios, pero esto puede sugerir que el gasto en consumo de agua es relativamente bajo y constante como proporción del ingreso lo cual sugeriría una elasticidad precio baja, consistente con lo analizado en la sección anterior. Esto también puede indicar que, aun y cuando los agentes en estas regiones asignan relativamente poco de sus ingresos al consumo, esto se debe más a un precio relativamente bajo que les permite consumir muy por encima de los requerimientos mínimos de agua. Es decir, si se gasta poco en agua no es porque no se valore un incremento marginal de su consumo, si no, porque es relativamente barata.

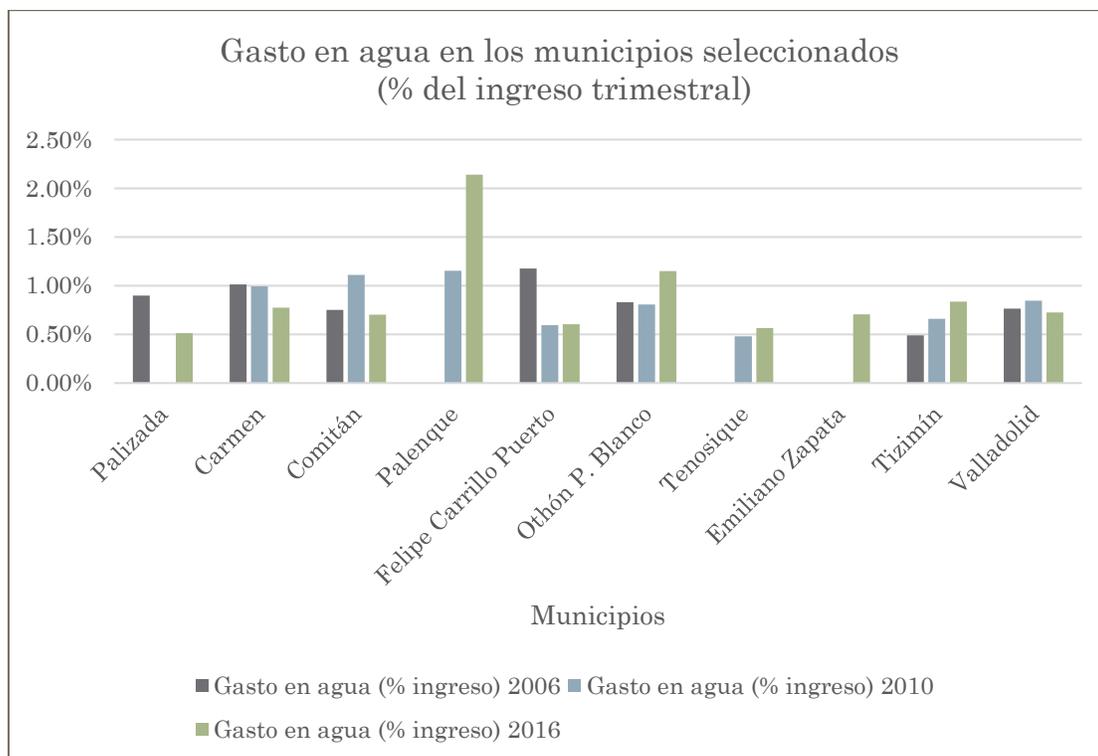


Figura 63. Gasto en agua en los municipios seleccionados (% del ingreso trimestral)

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH 2006, 2010,2016)

### 4.2.2 El valor del agua

El problema genérico de agua es el de igualar la demanda con el suministro, asegurar que haya agua de una calidad en el lugar correcto y en el momento adecuado, a un costo que las personas puedan y estén dispuestas a pagar.

La dificultad para lograr esto es en parte institucional y ciertamente incluye problemas de agencia. Sin embargo, algunos de los problemas tienen una explicación económica. La enorme intensidad de capital y la longevidad de la infraestructura de suministro de agua superficial, y el predominio de economías de escala, crea una necesidad de acción colectiva en la provisión y el financiamiento del suministro de agua que simplemente no surge con la mayoría de otros productos básicos.

En el anexo III incluye un marco teórico económico que muestra que el agua presenta características distintivas que hacen que su demanda sea diferente a la de una mercancía convencional, asimismo tiene características físicas y económicas que hacen que el suministro u oferta de agua sea diferente y más compleja que el de la mayoría de los demás bienes.

### VALOR FUTURO DEL AGUA

En el capítulo 2 del presente documento se realizó un diagnóstico sobre la situación actual de los recursos hídricos en las regiones bajo estudio. En él se muestra que tanto la RHA XI Frontera sur como

la RHA XII Península de Yucatán se caracterizan por la suficiencia en disponibilidad de agua. Si bien los servicios de agua potable y saneamiento no cubren a toda la población como se reportó anteriormente, esto se debe a falta de infraestructura y no por falta del líquido. Esto se refleja en el cuadro 40 que muestra datos de CONAGUA (2016) sobre la disponibilidad de agua renovable per cápita en 2014 ((m<sup>3</sup>/habitante/año) y que, de acuerdo con la clasificación definida por las Naciones Unidas (PNUD, 2014) no presentan ni estrés hídrico ni escasez hídrica (cuadro 41).

**Cuadro 40. Disponibilidad de agua per cápita**

	RH-A XI*	RH-A XII
Total agua Hm <sup>3</sup> /año	144,459	29,324
Población 2014 (millones de hab.)	7.574	.52
Agua renovable per cápita m <sup>3</sup> /año 2014	19,078	6,494

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA 2016

**Cuadro 41. Clasificación de la disponibilidad natural media de agua a nivel mundial**

Disponibilidad natural media (m <sup>3</sup> /hab/año)	Clasificación
1 001 a 1 700	Estrés hídrico
501 a 1 000	Escasez hídrica
Menos de 500	Escasez hídrica absoluta

Fuente: Elaboración propia con base en PNUD (2014)

Además, las proyecciones de los escenarios de cambio climático mensual reportadas en el capítulo 3 muestran que, a pesar de esperarse una disminución de las precipitaciones, esta no generará ni estrés ni escasez hídrica en las regiones bajo estudio.

Esta situación presenta un reto en términos de valuación futura pues no se proyecta una escasez. Adicionalmente, no es apropiado estimar este valor como la contribución de ésta región al PIB nacional, pues, como se menciona en el marco teórico mencionado, al asignar al agua todos los beneficios productivos, por ejemplo, expresados en niveles o valor de producción agrícola de una región, se estaría asumiendo que el agua es el único insumo requerido. La medición relevante sería calcular el impacto que un incremento en la disponibilidad de agua generara un incremento en la productividad agrícola<sup>1314</sup>.

Asimismo, el TEEB (Brander *et al.*, 2013) resalta un aspecto importante sobre la valuación económica del medio ambiente y recursos naturales. No es aconsejable estimar el valor del cambio total de los servicios ambientales de los ecosistemas (como el agua), de la forma en que se realiza en sistema de cuentas nacionales (como el PIB). Ellos afirman que obtener estimaciones de valores totales no hace mucho sentido y solo se deben considerar los cambios marginales en valor y no los valores totales. Esto debido a que, i) en algunos casos, los servicios ecosistémicos son fundamentales para el bienestar

<sup>13</sup> Hanemann (2005) menciona que asignar al agua utilizada todos los beneficios productivos, por ejemplo, expresados en niveles o valor de producción agrícola de una región no es apropiado pues se estaría asumiendo que el agua es el único insumo requerido. La medición relevante es que tanto un incremento en la disponibilidad de agua generaría un incremento en la actividad económica. Ver el inciso vi) del marco teórico en el Anexo III para una discusión más profunda.

<sup>14</sup> Una recomendación a futuro sería estimar una función producción agrícola para calcular la contribución marginal del agua.

humano y como tal su valor total es infinito; ii) en general, la mayoría de los escenarios analizados generan cambios relativamente pequeños o marginales en el nivel de provisión de los servicios ecosistémicos. Muy rara vez se estudian casos donde se genera una pérdida total. Por lo tanto, es más útil proporcionar información sobre valor basando en un análisis marginal como podría ser estimar un sistema de demanda o las elasticidades correspondientes.

## DEMANDA DE AGUA

La estimación cuantitativa de la demanda de algún bien o servicio es una tarea metodológicamente compleja, intensiva en tiempo, uso de datos y herramientas econométricas<sup>15</sup>.

Aun así, existen en la literatura estimaciones sobre la elasticidad-precio de la demanda de agua en México<sup>16</sup> que, utilizando el método de transferencia de beneficios<sup>17</sup>, una metodología sugerida por el TEEB (Ten Brink, 2012), podrá ilustrar la relación entre precio y cantidad demandada y una aproximación de su valoración marginal. Dicho método se basa en utilizar la transferencia de información disponible de estudios ya completados para estimar los valores económicos de los servicios ecosistémicos en otra ubicación y / o contexto. La transferencia de beneficios a menudo se usa cuando obtener nueva información es demasiado costoso y / o hay muy poco tiempo disponible para realizar un estudio de valoración original, sin embargo, se necesita alguna medida de los beneficios.<sup>18</sup>

La mayoría de los estudios sobre la demanda de agua en México son estudios locales con énfasis en el uso doméstico de agua y se enfocan en la estimación de las elasticidades precio y/o ingreso de la demanda. Uno de los estudios más recientes y completos es el de Rosales y Sisto (2015). Este trabajo estimó la elasticidad precio e ingreso de la demanda de agua para todo el país con el objeto de utilizar al precio que pagan los usuarios como un instrumento para el manejo de la demanda urbana de agua en México. Ellos estimaron un modelo econométrico de balance de agua con datos de organismos operadores de agua potable (OOAP). Sus resultados muestran que la demanda de agua es muy poco sensible al precio. Asimismo, muestran que la demanda también lo es, y en mayor magnitud, a un cambio del crecimiento poblacional y económico.

Rosales y Sisto (2015) encontraron una elasticidad casi unitaria (0.99 en promedio) de la demanda respecto a número de usuarios. Esto los lleva a concluir que “...la demanda de agua que enfrentan los OOAP está principalmente determinada por el número de sus usuarios” (Rosales y Sisto, 2015, pp 237): Esto implica que sí, por ejemplo la población de usuarios incrementa en un 5%, la demanda se incrementaría prácticamente en esa misma proporción (4.95%). Adicionalmente, sus resultados muestran que la

---

<sup>15</sup> Ver el marco teórico en el Anexo III para una discusión más profunda.

<sup>16</sup> La elasticidad es un concepto económico que representa la “sensibilidad” de la demanda de un bien ante cambios en alguna de sus variables determinantes como precio, ingreso entre otros. Formalmente, la elasticidad precio se expresa como la razón de un cambio porcentual de la cantidad entre el cambio porcentual del precio

<sup>17</sup> El marco teórico del Anexo III menciona otras posibles metodologías

<sup>18</sup> El método de transferencia de beneficios consiste en la utilización de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en un contexto determinado, para estimar los beneficios de un bien parecido o bajo distinto contexto, del cual se desconoce su valor (Desvouges *et al.*, 1992). Este proceso generalmente supone la transferencia directa de las estimaciones de beneficios o la transferencia de una función de beneficios. La aplicación de los resultados previos de otras investigaciones en situaciones similares es una alternativa muy atractiva respecto a hacer una nueva investigación que implica tiempo y dinero, acelerando así la toma de decisiones.

demanda es inelástica con respecto al precio ( $-0.18$ ), es decir la cantidad demandada de agua es muy poco sensible a un cambio en las tarifas, por ejemplo un aumento del 20% en las mismas generaría solamente una pequeña disminución del 3.6% en la cantidad demandada.

Esta es la información que alimenta al método de transferencia de beneficios mencionado anteriormente. De esta forma se puede, siguiendo a Rosales y Sisto (2015), estimar en cuánto sería necesario aumentar el precio del agua para compensar un crecimiento de la población a futuro, considerando que el cambio climático tendría un efecto poco significativo en la disponibilidad natural media de agua en el sureste de México.

Se utilizan las proyecciones basadas en los pronósticos de crecimiento poblacional con datos de Proyecciones de la Población 2010-2050, CONAPO (2018) para el 2030 de los 10 municipios elegidos como estudios de caso mencionados anteriormente en la sección 1.3 de este documento.

En el cuadro 42 se muestran las proyecciones realizadas para cada uno de los municipios. Para 2030 el aumento en la población oscila entre el 12 y el 40% (con un promedio del 22%) mayor con respecto al 2015. Con base en la elasticidad-precio de  $-0.18$  antes mencionada, calculamos el aumento en el precio que sería requerido para compensar el efecto del crecimiento poblacional sobre la demanda: este aumento requerido del precio oscila entre 30 y 200% (con un promedio del 125%).

Debido a que las estimaciones de Rosales y Soto (2015) fueron obtenidas con datos nacionales, estos resultados pueden ser considerados como una aproximación de un valor que los agentes asignan al acceso del agua para las regiones de estudio.<sup>19</sup>

Cómo lo hacen Rosales y Soto (2015) en su estudio, es importante recalcar que estos aumentos son estimaciones de línea base, ya que no consideran el posible crecimiento en los futuros ingresos de los usuarios, los cuales se esperan se incrementen cuando menos por razones inflacionarias, y su impacto en la demanda. Además, estas proyecciones del cuadro 42 sugieren que buscar la estabilización de la demanda urbana sólo con subir el precio resultaría política e institucionalmente inviable. Es por eso que es necesario considerar alternativas de política con el fin de lograr un consumo sustentable de agua, tales como:

- Prestar más atención al control de la demanda de agua, no solo a través del establecimiento de nuevos mecanismos de precios si no con programas educativos enfocados a la conservación y el reúso.
- Desarrollar, mantenerse y evaluar campañas públicas de educación
- Dar alta prioridad el tratamiento de las aguas residuales antes de desecharlas
- Mejorar las capacidades de los organismos operadores para recolectar datos sobre la calidad del agua, organizar la información y reportar los resultados de monitoreo, así como establecer un método confiable para la lectura de los medidores y el cobro de los recibos.

#### Cuadro 42. Cambio poblacional y estimaciones de ajuste en precio.

---

<sup>19</sup> Una de las recomendaciones basadas en el presente estudio es el realizar estudios de elasticidad a escala local con el fin de obtener estimaciones más precisas que las obtenidas mediante el método de transferencia de beneficios.

Región Hidrológica-Administrativa	Estados	Municipios	Crecimiento poblacional (2015-2030) (Variación, %)	Aumento en la demanda debido al aumento del número de usuarios (variación, %)	Incremento en el precio (%) para compensar aumento en la demanda
XI FRONTERA SUR.	Tabasco	1. Tenosique	-2.08	-2.06	-11.44
		2. Emiliano Zapata	21.33	21.12	117.315
	Chiapas	3. Comitán	15.74	15.58	86.57
		4. Palenque	21.02	20.81	115.61
XII. PENINSULA DE YUCATÁN	Campeche	5. Palizada	2.27	2.25	12.485
		6. Carmen	16.38	16.22	90.09
	Quintana Roo	7. Felipe Carrillo Puerto.	58.42	57.84	321.31
		8. Othón P. Blanco.	35.93	35.57	197.615
	Yucatán	9. Tizimín.	20.92	20.71	115.06
		10. Valladolid.	15.8	15.64	86.9

Fuente: Elaboración propia con datos de Proyecciones de la Población 2010-2050, CONAPO (2018)

Para finalizar este capítulo hay que decir que la vulnerabilidad ante el cambio climático es un tema preocupante para las dos regiones de estudio, a través de su disminución se podría hablar de que las medidas de adaptación realmente están cumpliendo con sus objetivos. A nivel regional la alta disponibilidad del recurso hídrico enmascara las condiciones críticas en las que se encuentran los sistemas hídricos. La población cuenta con acceso al agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas, sin embargo, tomando en cuenta la alta exposición a los eventos hidrometeorológicos, la contrastante sensibilidad de la población y las capacidades adaptativas que están en pleno desarrollo, en un contexto de alta contaminación del agua, pérdida de biodiversidad, un intensivo cambio de uso de suelo, en otros, que se detallaron a lo largo de este análisis, la perspectiva inicial de la vulnerabilidad cambia. Todas estas condiciones se verán agravadas por el cambio climático, lo cual debe verse como un llamado de atención para comenzar a implementar acciones preventivas y correctivas de los procesos que generan vulnerabilidad a distintos niveles, ya que como se pudo apreciar, las escalas territoriales muestran realidades diversas que interactúan y se complementan desde lo local a lo nacional.

#### 4.5 Reflexiones sobre la vulnerabilidad actual y futura

Los impactos asociados con la ocurrencia eventos hidrometeorológicos extremos en los municipios de las dos regiones de estudio son resultado de la interacción de la frecuencia, severidad y del grado espacial de los fenómenos climáticos (e.g. lluvias extremas, os huracanes, etc.) y del grado de vulnerabilidad de la población asociada a la problemática de los recursos hídricos. Ambas regiones están experimentando los efectos del calentamiento global que se superponen a diversos procesos: crecimiento de las zonas urbanas e industriales, cambios en el uso del suelo, sobreexplotación de los recursos naturales, etc. La reducción de la vulnerabilidad de los municipios que conforman las subregiones requiere disminuir estos procesos a la par de la implementación de medidas de adaptación. Existe un problema metodológico para integrar la vulnerabilidad al cambio climático que radica en las escalas espaciales y temporales, ambas vinculadas.

El análisis de las distintas expresiones de la vulnerabilidad ante cambios en el clima está sujeto a la disponibilidad de datos y a qué escala se representan. Sin embargo, el territorio es una síntesis compleja de elementos naturales y antrópicos que se expresa en un espacio geográfico determinado y están en permanente cambio y evolución. Se debe tener en cuenta, que las actividades humanas ejercen diversas presiones, por ejemplo, el calentamiento global o el cambio de uso de suelo asociado a la urbanización o las actividades productivas. Así mismo, los peligros climáticos tienen una expresión espacial y temporal determinados, y sus impactos se manifiestan de diversas formas; alteración de los regímenes hídricos por el aumento en la temperatura, escasez de agua en áreas urbanas como las rurales asociadas al incremento de sequías, etc. El estudio de estos procesos e interacciones debe considerar las diversas escalas en las que se manifiesta el objeto de estudio (sistema natural o social, sector, etc.) en el territorio.

Por otra parte, al hacer referencia al calentamiento global se hace una asociación directa a las variaciones o tendencias del clima, y estos a su vez se expresan en los escenarios. El análisis de estos cambios, usualmente considera los promedios interanuales del clima y sus rangos históricos de variación, sin embargo, hay una gran incertidumbre de que los sistemas naturales y sociales vayan a funcionar dentro de los rangos de variación establecidos, ya que estos se están modificando considerablemente.

Para reducir los impactos negativos por los cambios en las variables climáticas, es necesario reducir la vulnerabilidad de los diversos sectores y regiones. Por ello, la visión tradicional de la respuesta al desastre debe transitar a la gestión del riesgo ante cambio climático, lo cual significa reducir la magnitud del peligro mediante la mitigación y la vulnerabilidad mediante la adaptación.

La vulnerabilidad debe incluir la valoración de riesgos a los que están expuestas las comunidades, reconociendo las potencialidades y restricciones naturales, sociales, culturales e institucionales que propician la ocurrencia de desastres, y con base en ellos, planificar acciones futuras que posibiliten prevenir, reducir o mitigar los niveles de riesgo. La claridad en la identificación de los factores de riesgo, y en particular de los que generan vulnerabilidad, permitirá encontrar los elementos que pueden cambiarse mediante la adaptación.

Existen diversos métodos para evaluar la vulnerabilidad y el riesgo, muchos de ellos, parten de la identificación de indicadores que ayudan a priorizar acciones preventivas y a su vez contribuyen en su monitoreo, sin embargo, el análisis de la vulnerabilidad debe ir más allá de una estimación, las causas de los procesos socioeconómicos que hacen a un sistema, sector o región vulnerable, así como, sus expresiones en el territorio deben ser considerados. El análisis de vulnerabilidad desarrollado en este estudio demuestra la complejidad asociada a la integración de diversas escalas espaciales y temporales. A partir del diagnóstico de la problemática de los recursos hídricos y de la identificación de las condiciones de vulnerabilidad a nivel regional y municipal, se recomienda que el análisis de la vulnerabilidad de la Región del río Usumacinta y Laguna de Términos se debe desarrollar desde un enfoque de cuenca que incluya la gestión integral de los recursos hídricos.

En el caso de la Península de Yucatán, los municipios no presentan problemas severos relacionados con el acceso y distribución de los recursos hídricos, sin embargo, las condiciones de vulnerabilidad no pueden ser comprendidas en su totalidad sin considerar los problemas vinculados a las condiciones de calidad del agua subterránea y la influencia que tienen los municipios costeros en la subregión. Considerando la disponibilidad de datos para esta subregión, se recomienda que el análisis de

vulnerabilidad puede ser desarrollado respecto a los límites municipales y que se consideren los efectos y presiones de otros municipios.

## 5. Instituciones, actores y políticas públicas

En este apartado se presenta el contexto institucional y los actores clave para la toma de decisiones en el marco de la gestión integral y adaptativa del recurso hídrico. Para analizar esto se toman como base los instrumentos de política hídrica y los instrumentos de política de cambio climático. Así mismo se hace una reflexión sobre los sectores de desarrollo urbano y desarrollo rural, que, si bien no son los únicos que tienen un impacto en la gestión integral del recurso hídrico, son por su impacto generalizado en los estados del sureste un punto de entrada para identificar propuestas de acción. El análisis se hace desde una perspectiva general que permita identificar en el marco de las atribuciones y competencias cuáles son los instrumentos y los actores clave para la gestión integral adaptativa del agua. De acuerdo con Sullivan (2011) entre los factores que determinan la vulnerabilidad hídrica están las condiciones físicas, ambientales y sociales (descritas en los capítulos anteriores), pero también están los recursos y las capacidades que se reflejan en el marco de las instituciones y las políticas públicas.

Hay tres preguntas centrales que se derivan del concepto de gobernanza en el marco de la GIRH planteado en marco conceptual y estas son ¿cuáles son los sistemas de toma de decisiones que intervienen en la gestión integral del recurso hídrico en desde la perspectiva de la adaptación al cambio climático? ¿Cuáles son los principales instrumentos con los que se cuenta? ¿hay posibilidades de articulación? ¿Hay visión explícita o implícita con respecto al uso sustentable del recurso hídrico? El reto para reducir la vulnerabilidad hídrica y fortalecer las capacidades para la adaptación al cambio climático en México no es menor, de hecho, la adaptación coloca un elemento más a una serie de acciones y propuestas que no han derivado en un mejor manejo de los recursos hídricos, y esto requerirá que en el corto plazo haya un esfuerzo importante para armonizar y articular los instrumentos de política en esta dirección.

Este capítulo tiene como objetivo identificar los elementos para trazar una ruta hacia la articulación de acciones y la coordinación de actores. El capítulo está dividido en dos apartados: en el primero se presentan los principales instrumentos de política pública que se consideran que aportan una mayor sustancia para la vincular la gestión de los recursos hídricos con la adaptación al cambio climático, mientras que el segundo apartado presenta un análisis de actores clave para lograrlo.

### 5.1 Marco institucional y políticas públicas

A continuación, se hace una descripción de instrumentos legales y de planeación que están relacionados de manera directa con la gestión de los recursos hídricos y el cambio climático. No es una descripción exhaustiva, sino una selección de aquellos que se consideran más relevantes debido a que su objeto principal es: a) la atención al cambio climático, b) la gestión integrada de los recursos hídricos, o bien, aquellos que dan pautas para un mejor manejo del territorio.

### 5.1.1 Marco legal

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos<sup>20</sup> establece en su Artículo 4to los derechos fundamentales entre los cuales destacan:

- Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.
- Toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El Estado lo garantizará.
- Toda persona tiene derecho a la protección de la salud.
- Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. (DOF,1917)

Además del derecho humano al agua, lo cual por sí mismo constituye un fundamento ético para actuar por la protección y el uso responsable de los recursos hídricos, este artículo señala más derechos fundamentales cuyo cumplimiento requiere del reconocimiento explícito de la importancia de los servicios ecosistémicos y de medidas de adaptación que permitan contar con ellos en el corto, mediano y largo plazo.

- Artículo 27

Establece que “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”. A partir de este artículo se finca el régimen de los recursos naturales, determinando que la nación tiene en todo tiempo el derecho de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

- Artículo 115

Este artículo establece que los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre. Entre los elementos que de acuerdo con este artículo los municipios tendrán a su cargo están los siguientes:

- Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales;
- Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos;
- Calles, parques y jardines y su equipamiento;

---

<sup>20</sup> Las bases constitucionales de la gestión del agua en México están ampliamente explicadas en el texto “Bases constitucionales de la gestión del agua en México” (Pérez Correa, 2014).

También establece que los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

- Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;
- Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;
- Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios;
- Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;
- Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;
- Otorgar licencias y permisos para construcciones;
- Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia;
- Intervenir en la formulación y aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial;
- Celebrar convenios para la administración y custodia de las zonas federales. (DOF,2017)

Otros artículos relevantes son el artículo segundo constitucional que establece que la Nación Mexicana es única e indivisible, además reconoce su composición pluricultural reconociendo y garantizando el derecho de los pueblos y las comunidades indígenas a la libre determinación y, en consecuencia, a la autonomía para –entre otros aspectos- conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras en los términos establecidos en la Constitución, lo cual es un aspecto de suma importancia en la región del sureste de México por su composición pluricultural y el artículo 25 que establece la rectoría del Estado en el *desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable* (DOF, 1917).

En lo referente a las leyes que se vinculan con la GIRH y la adaptación al cambio climático y que dan pie a elementos para un mejor manejo de cuencas destacan la Ley de Aguas Nacionales (DOF,1992), que establece todo el marco de planeación y gestión de los recursos hídricos, así como la distribución de competencias entre diferentes órdenes de gobierno (Ver Anexo IV); la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF, 1988), que entre otros elementos sienta las bases para el ordenamiento ecológico del territorio, la protección de los recursos naturales y la prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos, y la Ley General de Cambio Climático (DOF,2012), que establece todo el marco para la política de adaptación al cambio y establece que se consideran como acciones de adaptación los programas hídricos de cuencas hidrológicas.

Con respecto a los sectores de desarrollo urbano, turismo y agricultura cabe señalar que la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (DOF,2016), probablemente por ser una ley de reciente creación tiene disposiciones específicas con respecto a la adaptación al cambio climático y al manejo sustentable del agua, e incluso integra el concepto de cuenca<sup>21</sup>. Con respecto a las actividades agropecuarias se cuenta con la Ley de Desarrollo Rural

---

<sup>21</sup> En el artículo 34 de dicha Ley se establece que es de interés metropolitano “La gestión integral del agua y los recursos hidráulicos, incluyendo el agua potable, el drenaje, saneamiento, tratamiento de aguas residuales, recuperación de cuencas hidrográficas y aprovechamiento de aguas pluviales” (DOF,2016)

Sustentable (DOF,2001) que, si bien no contiene disposiciones explícitas sobre adaptación al cambio climático, sí contiene varios elementos ligados al manejo de cuenca y a la planeación del desarrollo rural. Finalmente, la Ley General de Turismo (DOF,2009) no contiene ninguna referencia al manejo del agua, los recursos hídricos, ni mucho menos las cuencas, sin embargo, tiene fracción reformada en 2015 que coloca como atribuciones de la federación “Coadyuvar a la aplicación de los instrumentos de política ambiental y de cambio climático, en materia de turismo”.

### 5.1.2 Compromisos Internacionales

En primer lugar, destaca la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) signada en el marco de la Cumbre para la Tierra de 1992<sup>22</sup>, la cual se realizó en la Ciudad de Río de Janeiro, en Brasil, y que fue ratificada por México en 1993. El objetivo de este instrumento es *“lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”* (ONU, 1992). Si se analiza el texto original de la CMNUCC se observa que las referencias a la mitigación de gases de efecto invernadero son mayores que las que tienen que ver con la adaptación al cambio climático con el manejo de los recursos hídricos, sin embargo, y como se verá más adelante, la adaptación ha tomado un papel cada vez más relevante en el marco de la convención, lo cual se fortalece con resoluciones de las Conferencias de las Partes (COP) donde, para términos de este estudio, destacan el Mecanismo Internacional de Varsovia (COP 19) (UN,2013) y el Acuerdo de París (COP 21) (UN, 2015).

Mecanismo Internacional de Varsovia para Pérdidas y Daños asociados a los Impactos del Cambio Climático tiene como propósito hacer frente a las pérdidas y los daños relacionados con las repercusiones del cambio climático, incluidos los fenómenos extremos y los fenómenos graduales, en los países en desarrollo que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático. Las funciones de dicho mecanismo son:

- Mejorar el conocimiento y la comprensión de los enfoques integrales de Gestión del riesgo para hacer frente a las pérdidas y los daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático, incluidas las repercusiones graduales;
- Fortalecer el diálogo, la coordinación, la coherencia y las sinergias entre los interesados pertinentes;
- Intensificar las medidas y el apoyo, entre otras cosas en lo referente a la financiación, la tecnología y el fomento de la capacidad, para hacer frente a las pérdidas y los daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático (UNFCCC, 2016).

---

<sup>22</sup> Durante la Cumbre de Río de Janeiro se firmaron también el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África. Es importante destacar que estos dos instrumentos también tienen disposiciones relevantes en materia de conservación de ecosistemas así como de suelos y agua, temas centrales para la reducción de la vulnerabilidad hídrica y la adaptación al cambio climático.

Por lo que respecta al Acuerdo de París (UN, 2015), este busca reforzar la respuesta mundial ante el cambio climático. Específicamente en adaptación en el marco del acuerdo, el artículo séptimo señala que “las Partes establecen el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2” Además, incluye el reconocimiento a que “ la adaptación es un desafío mundial que incumbe a todos, con dimensiones locales, subnacionales, nacionales, regionales e internacionales, y que es un componente fundamental de la respuesta mundial a largo plazo frente al cambio climático y contribuye a esa respuesta, cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas, teniendo en cuenta las necesidades urgentes e inmediatas de las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático” (UN, 2015).

Además de estos tratados, y derivado de la CMNUCC, específicamente en el marco del acuerdo de París, un tema central es el compromiso establecido por México y que se conoce como “Contribución Determinada a nivel Nacional” (NDC, por sus siglas en inglés) (Gobierno de la República, 2015). En materia de adaptación en el periodo 2020-2030 se identifican 3 metas y 21 acciones de las cuales al menos 11 se vincula de manera directa con los recursos hídricos como se puede observar en el cuadro 43.

Cuadro 43. Acciones de adaptación de las NDC.

SECTOR SOCIAL
Meta: Lograr la resiliencia del 50% de los municipios más vulnerables del país
<p><b>i- Garantizar la seguridad alimentaria y de acceso al agua ante las crecientes amenazas climáticas mediante la gestión integral de la cuenca, la conservación de la biodiversidad y de suelos.</b></p> <p>ii-Asegurar la capacitación y participación de la sociedad, comunidades locales, grupos indígenas, mujeres, hombres, jóvenes, organizaciones civiles y sector privado en la planeación de la política nacional y sub-nacional de cambio climático.</p> <p><b>iii-Reducir la vulnerabilidad de la población e incrementar su capacidad adaptativa mediante los sistemas de alerta temprana, gestión de riesgo, así como los sistemas de monitoreo hidrometeorológico, en todos los órdenes de gobierno.</b></p> <p>iv-Fortalecer la capacidad adaptativa de la población mediante mecanismos transparentes e incluyentes de participación social, diseñados con enfoque de género y derechos humanos.</p> <p>v-Reducir la vulnerabilidad de la población mediante instrumentos de planeación territorial y gestión del riesgo como el Atlas Nacional de Vulnerabilidad y el Atlas Nacional de Riesgos.</p> <p><b>vi-Invertir e incrementar la proporción del financiamiento para la prevención de desastres hidrometeorológicos con respecto al de la atención de desastres.</b></p> <p>vii-Prevenir las enfermedades exacerbadas por el cambio climático mediante el sistema de alerta temprana con información epidemiológica.</p> <p><b>viii-Reducir en al menos un 50% el número de municipios clasificados como más vulnerables en el PECC 2014-2018 y evitar que otros entren en esta categoría.</b></p> <p>ix-Reubicar asentamientos humanos irregulares en zonas de riesgo de desastres mediante la regulación del uso del suelo</p>
ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS
Meta: Alcanzar en el 2030 la tasa cero de deforestación
<p>i- Alcanzar en el 2030 la tasa cero de deforestación</p> <p><b>ii-Reforestar las cuencas altas, medias y bajas con especial atención a las zonas riparias y considerando especies nativas del área.</b></p> <p><b>iii-Conservar y restaurar los ecosistemas para incrementar la conectividad ecológica entre todas las Áreas Naturales Protegidas y otros esquemas de conservación mediante corredores biológicos y actividades productivas sustentables. Este enfoque tomará en cuenta la participación equitativa de la población y tendrá un enfoque territorial.</b></p> <p>iv-Incrementar sustancialmente los Programas de Acción y Conservación de Especies para fortalecer la protección de especies prioritarias ante los impactos negativos del cambio climático.</p> <p><b>v-Aumentar la captura de carbono y fortalecer la protección costera con la implementación de un esquema de conservación y recuperación de ecosistemas marinos y costeros como arrecifes, manglares, pastos marinos y dunas.</b></p>

<b>vi-Garantizar la gestión integral del agua en sus diferentes usos (agrícola, ecológico, urbano, industrial, doméstico).</b>
<b>INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA Y SECTORES PRODUCTIVOS</b>
Meta: Instalar sistemas de alerta temprana y gestión de riesgo en los tres niveles de gobierno
i-Ejecutar programas de reubicación de infraestructura que se localice en zonas de alto riesgo en destinos turísticos prioritarios e instrumentar acciones de restauración de los sitios desocupados.
<b>ii-Incorporar criterios de adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión pública que consideren construcción y mantenimiento de infraestructura.</b>
<b>iii-Garantizar el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales, asegurando la cantidad y buena calidad del agua, en asentamientos humanos mayores a 500,000 habitantes, y monitorear su funcionamiento.</b>
iv-Aplicar la norma de especificaciones de protección ambiental y adaptación ante los efectos adversos del cambio climático en la planeación, diseño, construcción, operación y abandono de desarrollos inmobiliarios turísticos en ecosistemas costeros.
<b>v-Garantizar la seguridad de presas y obras de infraestructura hidráulica estratégica, así como la de comunicaciones y transportes.</b>
vi-Fortalecer la diversificación agropecuaria sustentable a través de la conservación de germoplasma y maíces nativos, confort térmico en ganado, desarrollo de agro-ecosistemas, mediante la integración de criterios de cambio climático en los programas agrícolas y pecuarios

**Fuente: Elaboración propia con base en Gobierno de la República (2015)**

Además de las NDC, en este estudio se considera que otro de los compromisos internacionales centrales para articular el manejo de los recursos hídricos, la adaptación y la sustentabilidad tanto en el medio urbanos como en el rural son los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 la cual ha dado lugar a que México prepare una Estrategia Nacional para la puesta en marcha de la Agenda 2030<sup>23</sup>. De los 17 objetivos que presenta al menos hay cuatro que también dan un marco de acción importante:

- Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos;
- Objetivo 11. Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles;
- Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos adoptados en el foro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático);
- Objetivo 14. Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible;
- Objetivo 15. Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica

<sup>23</sup> Este documento actualmente se encuentra en consulta en la página <https://www.gob.mx/participa/foros/estrategia-nacional-agenda-2030>

Cada uno de estos objetivos cuenta con sus propias metas que están siendo adaptadas a las necesidades de cada país. Hay que destacar también que se están generando sistemas de indicadores para el cumplimiento de los ODS lo cual podrá dar una plataforma para tener señales de cómo México disminuye sus condiciones de vulnerabilidad.

Para concluir este apartado cabe mencionar el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Este instrumento se adoptó en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas celebrada en Sendai (Japón) el 18 de marzo de 2015 (UNISDR, 2015). Su objetivo es “Prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes implementando medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia” (UNISDR, 2015).

Esto es evidente en diversas disposiciones contenidas en dicho marco, entre las que destaca, en el marco de la prioridad titulada “Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo” se menciona la importancia de “Adoptar y aplicar estrategias y planes nacionales y locales de reducción del riesgo de desastres con diferentes calendarios de ejecución, con metas, indicadores y plazos, a fin de evitar la creación de riesgos, reducir los riesgos existentes y aumentar la resiliencia económica, social, sanitaria y ambiental”. El Marco de Sendai establece entre sus disposiciones la importancia de “crear conciencia y mejorar la comprensión de los riesgos de desastres relacionados con el agua y sus efectos en la sociedad, y promover las estrategias para la reducción del riesgo de desastres que soliciten los Estados” (UNISDR, 2015). También hay avances sustantivos en el reconocimiento de la importancia de las medidas de adaptación al cambio climático.

Para concluir este apartado hay que reconocer que a nivel internacional México cuenta con compromisos claros y contundentes para actuar frente al cambio climático y la reducción de las condiciones de vulnerabilidad tanto de la población como de los recursos hídricos. Es fundamental que dichos compromisos tengan una articulación con instrumentos nacionales y locales.

### **5.1.3 Instrumentos de planeación a nivel federal**

Con respecto a la política nacional se consideró relevante analizar los instrumentos que están elaborados con una visión de largo plazo (al 2030) ya que por su vigencia se espera que estos sean retomados en la siguiente administración<sup>24</sup>.

#### **INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO**

La Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40, (ENCC) (DOF, 2013), contiene tres “pilares de política” que implican acciones transversales y de coordinación; el tema de adaptación y el tema de mitigación. Si bien no especifica quién es el responsable de llevar a cabo las acciones que ahí se

---

<sup>24</sup> En menos de 12 meses se contará con un nuevo Plan Nacional de Desarrollo y nuevos programas sectoriales por lo que se considera que estos deberán ser analizados posteriormente.

enmarcan, el nivel de detalle al que llega es el de establecer estrategias y líneas de acción que orienten las acciones de todos los actores involucrados en la atención al cambio climático. Para el tema de adaptación establece tres estrategias: A1 Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático; A2 Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático; A3 Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen. También establece que “La adaptación debe realizarse a nivel local y por ello es importante considerar con mayor detalle las condiciones e impactos regionales e involucrar a estados y municipios en el desarrollo de planes locales de adaptación. Para ello, se deberán tomar en cuenta prioridades, necesidades, conocimiento y capacidad local que empoderen a las personas para planear y hacer frente a los impactos del cambio climático.” (DOF, 2013, 36).

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2014-2018 es un programa vinculante de la Administración Pública Federal en el que las entidades de que forman parte de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) establecen sus objetivos y metas con respecto al cambio climático las cuales serán instrumentadas y evaluadas en el periodo que dure la administración.

Está estructurado en cinco grandes objetivos:

- Objetivo 1. Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica
- Objetivo 2. Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático.
- Objetivo 3. Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones.
- Objetivo 4. Reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, propiciando cobeneficios de salud y bienestar.
- Objetivo 5. Consolidar la política nacional de cambio climático mediante instrumentos eficaces y en coordinación con entidades federativas, municipios, Poder Legislativo y sociedad.

Específicamente en el Objetivo 2 del PECC, la estrategia 2.6 titulada “Restauración y gestión integral de cuencas hidrológicas” plantea las siguientes líneas de acción:

- 2.6.1 Establecer reservas de aguas nacionales superficiales para la protección ecológica.
- 2.6.2 Realizar acciones para incrementar la recarga de acuíferos.
- 2.6.3 Focalizar los esquemas de pago por servicios ambientales en zonas estratégicas para la conservación de cuencas y ecosistemas.
- 2.6.4 Fomentar acciones para restablecer el balance del ciclo del agua en los destinos turísticos prioritarios.
- 2.6.5 Elaborar la línea de base del cálculo de emisiones y absorciones por sumideros en el sector agrícola y cambio de uso de suelo.

Las primeras cuatro son acciones de adaptación, la quinta entra en el campo de las acciones de mitigación. Si bien el objetivo de este apartado no es evaluar el cumplimiento del PECC, destaca el hecho de que al menos el instrumento sobre reservas de agua ha sido aplicado en la región de estudio. De las otras acciones de adaptación (con excepción del programa de pago por servicios ambientales

hidrológicos de la Comisión Nacional Forestal y que, que tiene cobertura nacional) no se ha encontrado evidencia pública en informes o evaluaciones de su aplicación en la región de estudio.

## **INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL SECTOR HÍDRICO**

En 2011 la CONAGUA publicó la “Agenda del Agua 2030” que contiene cuatro elementos clave para la gestión de los recursos hídricos: Cuencas en equilibrio; Ríos limpios; Cobertura universal, y Asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas. Esta agenda es la base de las Agendas Regionales, por lo cual esta política se retoma en el siguiente nivel de análisis.

### **5.1.4 Instrumentos de política que se aplican a nivel regional y estatal**

En este nivel se incluyen los instrumentos que están diseñados o aplicados específicamente en la región de estudio. En primer lugar, están los programas regionales hídricos derivados de la Agenda del Agua 2030 para ambas RHA.

El Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico-Administrativa XI Frontera Sur (CONAGUA, 2012a) con base en un diagnóstico y un proceso participativo contempla siete objetivos prioritarios para la región:

- Objetivo 1. Asegurar la sustentabilidad y la productividad del agua en las cuencas y en los acuíferos, privilegiando la reducción del consumo, el desperdicio y las pérdidas de agua en todos los usos.
- Objetivo 2. Rehabilitar la calidad del agua en cauces, vasos, acuíferos y playas, y contribuir a rehabilitar los ecosistemas en las cuencas.
- Objetivo 3. Contribuir para el acceso apropiado de la población, a servicios de calidad de agua potable y alcantarillado, especialmente la ciudadanía vulnerable.
- Objetivo 4. Reducir los riesgos y mitigar los efectos provocados por los fenómenos naturales.
- Objetivo 5. Reducir los riesgos y mitigar los efectos nocivos del cambio climático.
- Objetivo 6. Mejorar la Gobernabilidad regional mediante la gestión integrada de los recursos hídricos, y fortalecer la educación y capacitación hídrica-ambiental en la sociedad y sector hidráulico.
- Objetivo 7. Contar con recursos financiero suficientes y oportunos para el Programa Hídrico Regional.

Por su parte, el Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (CONAGUA, 2012b) presenta ocho objetivos:

- Objetivo 1: Conservar las cuencas y acuíferos para garantizar su equilibrio, evitando el desperdicio y las pérdidas de agua en todos los usos;
- Objetivo 2: Fortalecer el desarrollo regional mediante la planeación hídrica participativa y el desarrollo de proyectos productivos.
- Objetivo 3: Preservar la calidad del agua en cauces, acuíferos y playas, para contribuir al restablecimiento de los ecosistemas.

- Objetivo 4: promover el acceso adecuado a toda población a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, dentro de un marco de desarrollo urbano ordenado y sustentable.
- Objetivo 5: Reducir los riesgos y fomentar una cultura de prevención, para mitigar los efectos nocivos asociados a los fenómenos hidrometeorológicos extremos y
- Objetivo 6. Evaluar los efectos del cambio climático y plantear medidas de adaptación.
- Objetivo 7. La gestión integrada de los recursos hídricos, para mejorar la gobernabilidad regional.
- Objetivo 8. Programar y procurar el financiamiento suficiente y oportuno para la gestión integrada de los recursos hídricos.

Un análisis detallado de las metas y los indicadores de ambos programas arroja la certeza de que si bien, hay elementos que pueden ser actualizados, así como conceptos que es necesario integrar, con estos dos instrumentos se tienen bases suficientes para construir una política sólida y de largo aliento en materia de gestión integral de los recursos hídricos y adaptación al cambio climático.

Un siguiente instrumento es “Acuerdo para la Sustentabilidad de la Península de Yucatán, ASPY 2030” firmado en 2016 por los tres estados de la Península. Su objetivo es “fijar metas en común entre los gobiernos e implementar de forma coordinada estrategias para lograr la sustentabilidad de la Península de Yucatán, reconociendo el valor de la biodiversidad y la necesidad del desarrollo rural sustentable para que las comunidades y los ecosistemas puedan prosperar” (CCPY, 2016). Este acuerdo da continuidad al signado en 2010 por los tres estados con el nombre de “Acuerdo General de Coordinación cuyo objetivo es el de desarrollar un marco de cooperación y coordinación para llevar a cabo acciones y estrategias conjuntas para abordar la adaptación y mitigación al Cambio Climático” y que dio pie al proceso de elaboración de la “Estrategia Regional de Adaptación para la Península de Yucatán” (ERAPY)<sup>25</sup> apoyado por el PNUD entre 2014 y 2016. Dicha estrategia contiene un eje llamado “Resiliencia Hídrica” el cual tiene como objetivo Impulsar la coordinación en la conservación y gestión sustentable de los recursos hídricos regionales y como visión al 2030 que “La Península de Yucatán ha alcanzado la gestión sustentable de sus recursos hídricos, mediante la implementación de políticas y acciones que permiten satisfacer las necesidades de la población y la conservación de los recursos naturales” para lo cual propone cuatro líneas de acción (PNUD 2016; CCPY, 2016). Cabe mencionar que si bien la ERAPY fue aprobada por los tres Estados de la Península en 2016, no se cuenta con evidencia de acciones para su instrumentación o seguimiento. Así mismo, hay que destacar que la Península de Yucatán cuenta con otros dos instrumentos regionales: una Estrategia Regional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+), y un Fondo de Cambio Climático que “busca obtener y distribuir los fondos y dirigirlos a las actividades para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), eliminar la deforestación, promover la restauración ambiental y acciones de adaptación para los ecosistemas y comunidades locales” (CCPY, 2016), el cual ya cuenta con una estructura operativa.

---

<sup>25</sup> Cabe mencionar que en 2016 mientras se estaba trabajando la estrategia regional de la Península de Yucatán, se trabajó de manera simultánea una Estrategia de Cambio Climático para el estado de Tabasco, y en algún momento se contempló la posibilidad de articularlas, sin embargo, no se continuó con el proceso (Comunicación personal, María Zorrilla)

## INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN PARA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS Y PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Otro de los instrumentos que se pueden considerar clave para la reducción de la vulnerabilidad hídrica en el marco de la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) son las áreas naturales protegidas. Estas se definen como “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 y están sujetas al régimen previsto” (DOF, 1988).

Como se mencionó en el capítulo 2, en los cinco estados del Sureste se identificaron 46 ANP que significa 25% de todas las ANP de competencia federal a nivel nacional. En términos de extensión territorial la superficie terrestre calculada en dichas áreas es del 17.21% del territorio. El cuadro 44 presenta las características de las áreas ordenadas de acuerdo a los años de publicación de los decretos. Cabe destacar que hay 17 Reservas de la Biósfera en estos estados, de acuerdo con el reglamento de la LGEEPA en materia de áreas naturales protegidas, se define como reserva de la biósfera a las “áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieren ser preservados y restaurados, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción” y esto es una muestra de que el nivel de endemismo en la región es muy alto, lo cual ha sido constatado por diversos estudios e investigaciones. (Natura Mexicana 2018, CCGSS 2017, CICY 2010).

**Cuadro 44. Áreas Naturales Protegidas. Categoría y año de decreto.**

Área natural protegida	Año de Decreto Inicial	Categoría	Entidad federativa	Ecosistemas
Lagunas de Montebello	1959	Parque Nacional	Chiapas	Bosque de pino, bosque de encino y bosque mesófilo de montaña
Montes Azules	1978	Reserva de la Biósfera	Chiapas	Selva alta perennifolia y selva mediana subcaducifolia, bosque de pino-encino, bosque ripario de galería, jimales y sabana
Zona de Protección Forestal en los Terrenos que se encuentran en los Municipios de la Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas	1979	Áreas de Protección de Recursos Naturales	Chiapas	Bosque de coníferas, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, pastizal, selva caducifolia, selva perennifolia y vegetación inducida
Cañón del Sumidero	1980	Parque Nacional	Chiapas	Selva baja caducifolia y subperennifolia, bosques templados de latifoliadas, selvas medianas y altas perennifolias con abundantes epífitas y trepadoras
Cascada de Agua Azul	1980	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Chiapas	Selva alta perennifolia
Palenque	1981	Parque Nacional	Chiapas	Selva alta perennifolia y pastizal inducido
Tulum	1981	Parque Nacional	Quintana Roo	Selva mediana, manglar y vegetación de dunas costeras
Selva El Ocote	1982	Reserva de la Biósfera	Chiapas	Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y bosque de pino-encino

Área natural protegida	Año de Decreto Inicial	Categoría	Entidad federativa	Ecosistemas
Playa adyacente a la localidad denominada Río Lagartos	1986	Santuario	Yucatán	Vegetación de dunas costeras y vegetación hidrófila
Playa de Puerto Arista	1986	Santuario	Chiapas	Vegetación hidrófila
Playa de la Isla Contoy	1986	Santuario	Quintana Roo	Vegetación hidrófila
Sian Ka' an	1986	Reserva de la Biósfera	Quintana Roo	Arrecife coralino
Dzibilchantun	1987	Parque Nacional	Yucatán	Selva baja caducifolia
Calakmul	1989	Reserva de la Biósfera	Campeche y Quintana Roo	Selva alta, mediana y baja subperennifolia y vegetación hidrófita
El Triunfo	1990	Reserva de la Biósfera	Chiapas	Bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas y selva alta perennifolia
Pantanos de Centla	1992	Reserva de la Biósfera	Tabasco y Campeche	Pantanos y marismas, selva mediana y baja subperennifolia y manglar
Lacan-tún	1992	Reserva de la Biósfera	Chiapas	Selva alta perennifolia
Bonampak	1992	Monumento Natural	Chiapas	Selva alta perennifolia
Yaxchilán	1992	Monumento Natural	Chiapas	Selva alta perennifolia
Chan-Kin	1992	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Chiapas	Selva mediana y alta perennifolia
Arrecife Alacranes	1994	Parque Nacional	Yucatán	Arrecife coralino.
Laguna de Términos	1994	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Campeche y Tabasco	Praderas de pastos sumergidos, bosque de manglar, tular y vegetación riparia
Yumbalam	1994	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo	Selva tropical mediana-baja y bajas inundable, bosque de manglar chaparro y mangle rojo
Uaymil	1994	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo	Selva baja inundable, selva mediana y manglar
La Encrucijada	1995	Reserva de la Biósfera	Chiapas	Manglar, selva baja inundable de zapotanales, tulares-popales, sistemas lagunares y reductos de selva mediana y baja subperennifolia.
La Sepultura	1995	Reserva de la Biósfera	Chiapas y Oaxaca	Bosque lluvioso de montaña y de niebla, selva caducifolia, selva baja caducifolia y chaparral de niebla.
Banco Chinchorro	1996	Reserva de la Biósfera	Quintana Roo	Arrecife coralino.
Arrecifes de Cozumel	1996	Parque Nacional	Quintana Roo	Arrecife coralino.
Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	1996	Parque Nacional	Quintana Roo	Arrecife coralino.
Arrecifes de Sian Kaan	1998	Reserva de la Biósfera	Quintana Roo	Arrecife coralino.
Arrecife de Puerto Morelos	1998	Parque Nacional	Quintana Roo	Arrecife coralino.
Isla Contoy	1998	Parque Nacional	Quintana Roo	Manglar, selva baja caducifolia, cocotal, zona costera y halofitas.
Naha	1998	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Chiapas	Selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia y bosque mesófilo de montaña.
Metzabok	1998	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Chiapas	Selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia y bosque mesófilo de montaña.

Área natural protegida	Año de Decreto Inicial	Categoría	Entidad federativa	Ecosistemas
Los Petenes	1999	Reserva de la Biósfera	Campeche	Manglar, matorral de zonas áridas, selva húmeda perennifolia, selva subhúmeda caducifolia.
Ría Lagartos	1999	Reserva de la Biósfera	Quintana Roo y Yucatán	Selva baja caducifolia, dunas costeras, manglar.
Ría Celestun	2000	Reserva de la Biósfera	Yucatán y Campeche	Manglar, vegetación de dunas costeras, petenes, sabana, tulares, carrizales, selva baja inundable y selva baja caducifolia con cactáceas
Arrecifes de Xcalak	2000	Parque Nacional	Quintana Roo	Arrecifes de coral
Otoch Ma'ax Yetel Kooh	2002	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo	Selva mediana subperennifolia, selva baja inundable y vegetación inundable tipo marisma
Volcán Tacaná	2003	Reserva de la Biósfera	Chiapas	Bosques mesófilos, páramo tropical y chusqueal
Bala'an Ka'ax	2005	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo, Yucatán y Campeche	Selva espinosa, selva perennifolia y selva subcaducifolia
Cañón del Usumacinta	2008	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Tabasco	Selva alta perennifolia
Manglares de Nichupté	2008	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo	Selva perennifolia, vegetación hidrófila y manglar
Tiburón Ballena	2009	Reserva de la Biósfera	Quintana Roo	Existen en la zona diferentes ecosistemas: dulceacuícolas, estuarinos, marinos y arrecifales
La Porción Norte y La Franja Costera Oriental, terrestre y marina de la Isla de Cozumel	2012	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Quintana Roo	Dunas costeras, manglar y arrecife coralino
Caribe Mexicano	2016	Reserva de la Biósfera	Quintana Roo	Arrecifes coralinos, selvas, manglares, sistemas lagunares, humedales, colinas y cordilleras submarinas.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018a).

Las figuras 64 y 65 muestran cómo se distribuyen dichas áreas en la región de estudio.

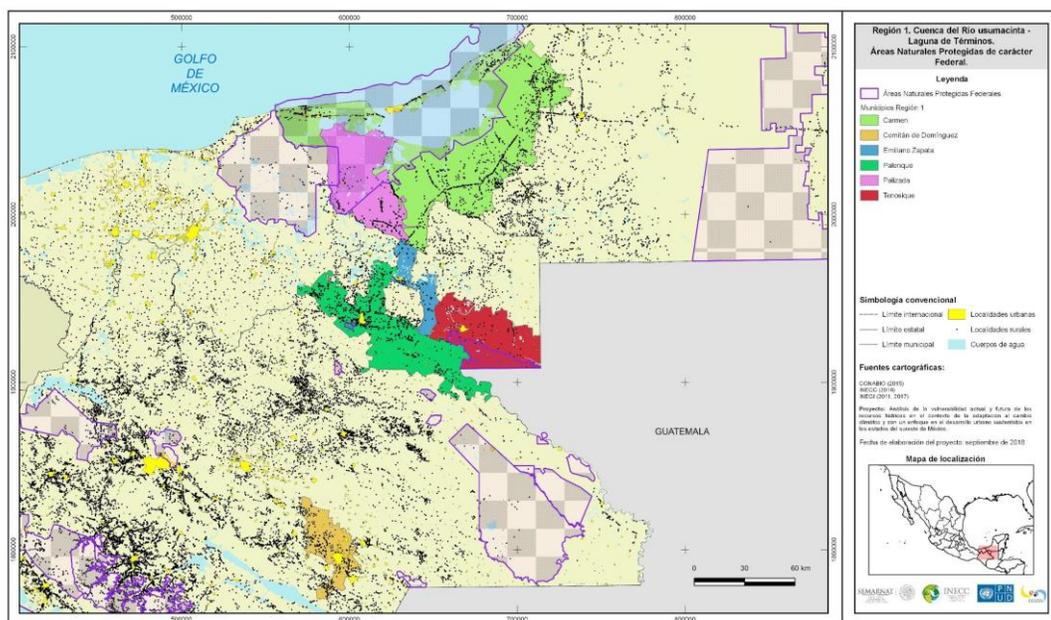


Figura 64. ANP los Estados de Chiapas, Tabasco y Campeche y municipios de la Región 1.

Fuente: Elaboración propia con base en información de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2018)

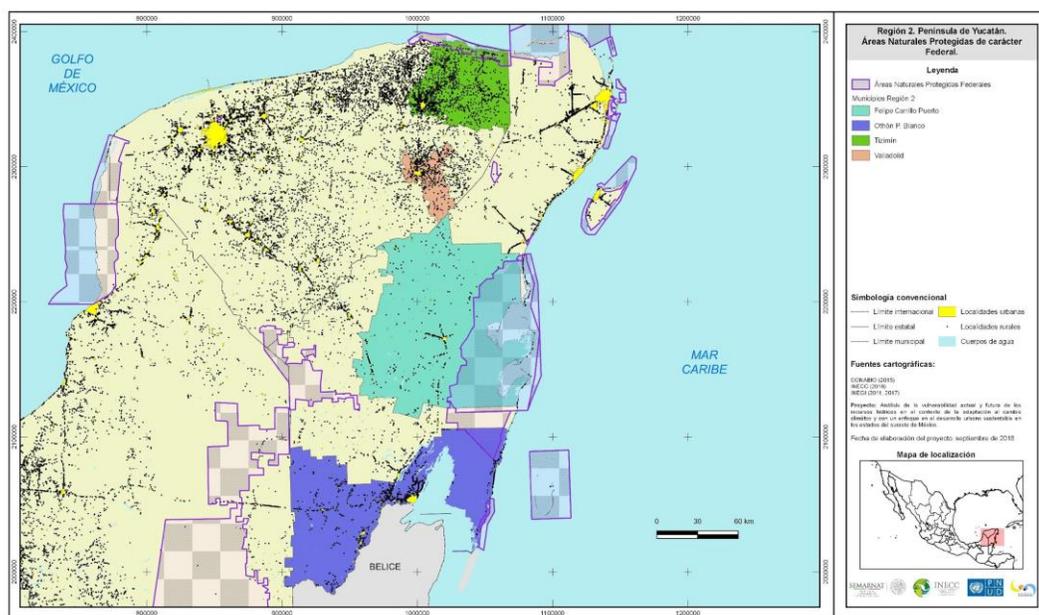


Figura 65. ANP en la Península de Yucatán y municipios de la Región 2.

Fuente: Elaboración propia con base en información de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2018)

Como se puede observar en las figuras anteriores, las ANP son un instrumento relevante para la conectividad ecohidrológica y para la prestación de servicios ecosistémicos. Específicamente en el caso de la cuenca del río Usumacinta y Laguna de Términos, las ANP más importantes en extensión están unidas por la corriente del río Usumacinta: Montes Azules y Cañón del Usumacinta en la parte media de la cuenca están conectadas con Pantanos de Centla y Laguna de Términos. Esto debe ser un elemento a considerar tanto en la política hídrica como en la política de conservación, y las estrategias tanto regionales como locales de adaptación.

En el caso de la Península de Yucatán, se observa la importancia territorial tanto de Calakmul (al centro de la Península) como de Sian Ka'an en la parte oriental, pero también destaca el estatus de protección en varias regiones de la zona costera.

Con respecto al ordenamiento ecológico del territorio este se define en la LGEEPA como “El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos” (DOF, 1988). Para términos tanto de la adaptación al cambio climático como de la reducción de la vulnerabilidad hídrica este instrumentos tiene un enorme potencial, ya que se basa en un proceso de generación de conocimiento y análisis de las distintas actividades que se desarrollan en un territorio, y a partir de esto se establecen “unidades de gestión ambiental” que tienen distintas políticas para su uso. El ordenamiento ecológico tiene distintas modalidades de acuerdo con lo que establece la LGEEPA en su artículo 19 Bis: el General del Territorio; los ordenamientos regionales; los locales, y los marinos. Cabe mencionar que los ordenamientos regionales pueden abarcar la totalidad o una porción de una entidad federativa, como es el caso de los ordenamientos de cuencas y subcuencas, y los ordenamientos locales se refieren a ordenamientos municipales que al ser publicados en las gacetas o periódicos oficiales de los estados adquieren un carácter vinculante. Estos instrumentos tienen un gran potencial para generar una mejor planeación del territorio y sus actividades en el marco de la adaptación al cambio climático y de la De acuerdo con el reglamento de la GIRH. En el reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico (DOF, 2003) hay elementos para identificar los conflictos entre distintos sectores por el uso del territorio, así como para la que en la caracterización y en la elaboración de los ordenamientos se consideren las cuencas para la determinación de lineamientos y estrategias ecológicas. En la región existen 23 ordenamientos ecológicos decretados (cuadro 45).

**Cuadro 45. Ordenamientos ecológicos decretados en los estados del sureste (al 2018).**

ENTIDAD	PROGRAMA	MODALIDAD	FECHA DE EXPEDICIÓN
Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa	Marino	24/Nov/2012
Campeche	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Calakmul	Local	28/Nov/2012 01/Dic/2015 (Actualización)
Campeche	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Campeche	Local	15/Feb/2011
Campeche	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Champotón	Local	08/Jun/2012; 19/Ago/2014 (Modificación)
Campeche	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Escárcega	Local	30/Ene/2015

ENTIDAD	PROGRAMA	MODALIDAD	FECHA DE EXPEDICIÓN
Campeche	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Hecelchakan	Local	21/Nov/2014
Chiapas	Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas	Regional	07/Dic/2012
Chiapas	Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del Río Coapa	Local	07/Ene/2004; 29/Ago/2012 (Actualización)
Chiapas	Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca del Río Zanatenco	Local	31/Mar/2004
Chiapas	Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del Río Lagartero	Regional	24/Mar/2010
Chiapas	Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del Río Sabinal	Regional	24/Mar/2010
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región denominada Corredor Cancún Tulum.	Regional	16/Nov/2001; 19/Dic/2006 (Reglas de aplicación)
Quintana Roo	Ordenamiento Ecológico Territorial de la Zona Costera de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an	Regional	14/May/2002
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez	Local	30/Mar/2005; 20 y 21/Jul/2005; 27/Feb/2014 (Actualización)
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya	Local	06/Oct/2000; 31/Oct/2006 (Actualización)
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Cozumel	Local	21/Oct/2008; . 03/Nov/2008 (Fe de erratas); 21/Dic/2011 (Modificación)
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Isla Mujeres	Local	09/Abr/2008
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Laguna de Bacalar	Local	15/Mar/2005
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad	Local	25/May/2009
Quintana Roo	Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Othón P. Blanco	Local	07/Oct/2015
Tabasco	Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco	Regional	20/Dic/2006; 27/Sep/2008 (Modificación); 22/Dic/2012 (Actualización)
Yucatán	Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán	Regional	26/Jul/2007
Yucatán	Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán	Regional	31/Jul/2007; 24/Dic/2007 (Actualización); 28/Abr/2010 (Reformado); 20/Mar/2014 (Actualización)

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018a).

Para concluir este apartado hay que mencionar que las políticas ambientales que contienen elementos de planeación territorial a largo plazo, como las ANP y los Ordenamientos Ecológicos, pueden hacer sinergias importantes con la adaptación al cambio climático desde el enfoque de la adaptación basada en ecosistemas, lo cual también puede vincularse con un mejor manejo de la cuenca.

## INSTRUMENTOS DERIVADOS DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES

Con la expedición de la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992), se aprobó que los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga se inscribieran en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). De acuerdo con los datos de 2016 (CONAGUA, 2017), se contaban con 529 786 títulos de aguas nacionales inscritos en el REPDA, los cuales representan un volumen concesionado anual de 86

577 millones de metros cúbicos de usos consuntivos y 182 712 millones de metros cúbicos de usos no consuntivos (CONAGUA, 2017). En 2016 se tenían 146 zonas de veda, cuatro reglamentos, tres decretos de zonas reglamentadas y tres declaratorias de reserva para aguas subterráneas. Además existen 344 zonas de veda para aprovechamientos de aguas superficiales al 2016 (CONAGUA, 2017).

Para el caso de las cinco entidades estudiadas, éstas cuentan con un tipo de ordenamiento subterráneo para sus acuíferos, conformado por vedas y acuerdos generales de libre alumbramiento (CONAGUA, 2017). Mientras que para aprovechamientos superficiales en las dos Regiones Hidrológicas Administrativas estudiadas, prácticamente no se cuenta con vedas, y únicamente para el caso específico de los estados de Chiapas y Tabasco se observan vedas suspendidas por Decreto desde el 26 de octubre de 2012. Únicamente las cuencas La Concordia, Presa La Concordia, Suchiate, y Cahuacán contaban con zonas de vedas para aguas superficiales, vigentes al 2016. Sin embargo las dos primeras se suprimieron con base en el Decreto del 06 de junio de 2018.

Cabe destacar que las zonas de veda de aguas subterráneas en los cinco estados, son del tipo II, III y no clasificada. En los estados de Yucatán y Quintana Roo, se cuenta con una Veda tipo II, la cual corresponde al “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la parte que corresponde a los límite” (1984), así como el “Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos del área que circunda los límites geopolíticos de los Municipios de Benito Juárez y Cozumel, Quintana Roo y se establece veda por tiempo indefinido para la extracción” (1981); y únicamente para Quintana Roo se tiene veda tipo III con el “Decreto por medio del cual se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende la Delegación de Payo Obispo, Q.Roo.” (1964).

Para Campeche se tiene una veda *no clasificada* con el “Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una zona comprendida dentro de los límites geopolíticos del Estado de Campeche, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo” (1975).

En Tabasco, se encuentran tres vedas tipo II, vigentes al 2017, la primera corresponde al “Decreto que establece el Distrito de Riego y Drenaje de Balancán-Tenosique y declara de utilidad pública la construcción de las obras que lo formen” (1971); el segundo al “Decreto que declara de utilidad pública el establecimiento del Distrito de Acuacultura Número Tres "Tabasco" para conservar, mejorar, fomentar y explotar las especies acuáticas, en animales y vegetales, así como para facilitar la explotación de sales” (1973); y el tercero es el “Acuerdo que establece el Distrito de Riego, Drenaje y Control de Inundaciones del Bajo Río Grijalva, en el Estado de Tabasco (1957), Y de acuerdo con información del Sistema Nación de Información del Agua (SINA), para Chiapas no se identifica ningún tipo de zona de veda para aguas subterráneas.

En el panorama de la gestión del agua para las dos RHA, se deben considerar las más recientes disposiciones legales, éstas se refieren a los diez decretos que el poder ejecutivo emitió a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018), en los cuales se suprimen las vedas existentes, y se establecen zonas de reserva de aguas nacionales superficiales en gran parte de las 37 regiones hidrológicas del país. Entre éstos documentos se encuentra el referido al “Decreto por el que

se suprimen las vedas existentes en las cuencas hidrológicas Presa La Concordia y La Concordia, de la Región Hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta y se establecen zonas de reserva de aguas nacionales superficiales para los usos doméstico, público urbano y ambiental o conservación ecológica en las cuencas hidrológicas que se señalan, las cuales forman parte de la Región Hidrológica antes referida” (DOF, 2018). Por su parte, los títulos de concesión inscritos en el REPDA estos se agrupan por región hidrológico administrativa (RHA), considerando los permisos de descarga, de zonas federales y extracción de materiales (CONAGUA, 2017). Se destaca que el mayor número de títulos de concesión a nivel nacional son destinados al sector agrícola con el 63%.

**Cuadro 46. Títulos de concesión o asignación inscritos en el REPDA (Nacional) 2016.**

Usos agrupados	Títulos inscritos en el REPDA	
	Número	Porcentaje
Abastecimiento público	161 708	30.52
Agrícola	334 149	63.07
Industria autoabastecida	33 697	6.36
Termoeléctricas	55	.01
<b>Subtotal usos consuntivos</b>	<b>529 609</b>	<b>99.96</b>
Conservación ecológica (Uso no consuntivo)	1	.00
Hidroeléctricas (Uso no consuntivo)	176	.03
<b>Total</b>	<b>529 786</b>	<b>100.00</b>

Fuente: CONAGUA 2017

Y específicamente para la RHA XI destaca el número de concesiones para la explotación de aguas superficiales con 25 370 títulos, mientras que en la región XII existen 32 866 títulos sobre las aguas superficiales.

**Cuadro 47. Títulos de concesión o asignación inscritos en el REPDA por RHA, 2016.**

RHA	Concesiones y/o asignaciones				
	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Permisos de descarga	Permisos de zonas federales	Extracción de materiales
XI	25 370	9 472	1 077	12 457	463
XII	213	32 866	3 584	80	3
Total nacional	122 051	280 406	17 197	110 893	3 692

Fuente: CONAGUA 2017.

Finalmente hay que mencionar de manera muy relevante el Decreto “por el que se suprimen las vedas existentes en las cuencas hidrológicas Presa La Concordia y La Concordia, de la Región Hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta y se establecen zonas de reserva de aguas nacionales superficiales para los usos doméstico, público urbano y ambiental o conservación ecológica en las cuencas hidrológicas que se señalan, las cuales forman parte de la Región Hidrológica antes referida” publicado en diario oficial de la federación el 6 de junio de 2018.

El decreto se expidió con base en la atribución que el Ejecutivo Federal puede ejercer sobre las aguas nacionales, para expedir, modificar o suprimir zonas de veda y de reservas de aguas nacionales superficiales, siempre que existan causas de utilidad pública. Y tiene como sustentos legales al artículo 27 constitucional, así como tres instrumentos de política, éstos son: el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, el Programa Nacional Hídrico 2014-2018, y los artículos 6° y 7° de la Ley de Aguas Nacionales. Primero se destaca que del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales de la Región Hidrológica Número 30 Grijalva-Usumacinta, localizada en el sur de México, en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Tabasco y Campeche, delimitada geográficamente entre los meridianos 94° 13' a 89° 22' de longitud oeste y los paralelos 15° 15' al 19° 2' de latitud norte, que comprende 81 cuencas hidrológicas, se identificó la situación integral de las mismas y se determinó suprimir la zona de veda vigente en las cuencas hidrológicas Presa La Concordia y La Concordia, a fin de garantizar la sustentabilidad hidrológica de dicha Región Hidrológica.

Dado que de los estudios técnicos se desprende que para el año 2070 la demanda de metros cúbicos de agua será de 821.52 millones, esto es un número mayor al que actualmente se explota usa y aprovecha, se determinó establecer zona de reserva parcial de aguas nacionales superficiales para destinarse a los usos doméstico y público urbano en las cuencas hidrológicas Yayahuita, Presa La Concordia, Selegua, San Miguel, La Concordia, Aguacatenco, Aguzarca, San Pedro, Grande o Salinas, Presa La Angostura, Hondo, Tuxtla Gutiérrez, Suchiapa, Santo Domingo, Chicoasén, Encajonado, Cintalapa, Soyatenco, Alto Grijalva, De La Venta, Presa Nezahualcóyotl, Tzimbac, Paredón, Platanar, Mezcalapa, El Carrizal, Cunduacán, Samaría, Caxcuchapa, Basca, Yashijá, Shumulá, Puxcatán, Chacté, De los Plátanos, Tulijá, Macuxpana, Almendro, Chilapa, Tacotalpa, Chilapilla, De la Sierra, Pichucalco, Viejo Mezcalapa, Azul, Tzanconeja, Perlas, Comitán, Margaritas, Jatate, Ixcán, Lacanjá, San Pedro, Laguna Miramar, Euseba, Caliente, Seco, Santo Domingo, San Pedro, Chixoy, Chocaljah, Chacamax, Usumacinta, Palizada, San Pedro y San Pablo, Laguna del Este, Laguna de Términos, Cumpan y Laguna del Pom y Atasta.

De igual forma, se establece zona de reserva parcial de aguas nacionales superficiales para destinarse al uso ambiental o para conservación ecológica en las cuencas hidrológicas Samaría, Caxcuchapa, Comitán, Margaritas, Grijalva, San Pedro y San Pablo, Laguna del Este, Laguna de Términos, Mamatel, Cumpan, y Laguna del Pom y Atasta. Y se estipulan los términos en que se podrán otorgar las concesiones o asignaciones de las aguas nacionales superficiales, así también, las zonas de reserva establecidas, tendrán una vigencia de cincuenta años, que podrá prorrogarse de subsistir las causas que les dieron origen.

Cabe destacar que en el Decreto se aprecia el criterio de utilidad pública en la gestión integrada de los recursos hídricos superficiales a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional, como prioridad y asunto de seguridad nacional, apostando por un restablecimiento ecológico. Por lo que al cambiar el status de zonas de veda a zonas de reserva, se permite atender este criterio de utilidad, sin perjuicio del tipo de aprovechamiento hídrico que se haga en el territorio determinado.

En este contexto, si bien las zonas de reserva son áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación, o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública (LAN, 2014), esto no implica que las reservas no puedan explotarse si existe una causa de utilidad pública que lo respalde. Y con base en el

artículo 7° se podrán otorgar asignaciones para uso doméstico y público urbano de las aguas nacionales superficiales reservadas, hasta por un volumen total de 400, 117 millones de metros cúbicos anuales. De igual forma, los volúmenes disponibles, no comprometidos por medio de las reservas parciales que se establecen, se podrán explotar, usar o aprovechar mediante título de concesión o asignación previamente emitido por la Autoridad del Agua (Artículo 9°, Decreto del 06 de Junio de 2018). Sin duda, la expectativa frente a este decreto es alta, ya que si se prioriza la conservación de las cuencas, se podrá garantizar la sustentabilidad, procuración y desarrollo del territorio. Únicamente se debe tener presente que la implementación de los Decretos, implica también la consideración de instrumentos públicos que permitan salvaguardar la visión de bienestar socioambiental.

## INSTRUMENTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y POLÍTICA HÍDRICA EN LOS ESTADOS

A nivel estatal hay que destacar las leyes relativas al cambio climático, las leyes relativas al manejo de agua, así como los programas especiales de cambio climático. El cuadro 48 presenta cuáles son los instrumentos vigentes al 2018 en cada uno de los estados del Sureste. Destaca que todos los estados cuentan con un programa estatal de cambio, aunque en los casos de Tabasco y Chiapas estos datan de antes de la publicación de la Ley General de Cambio Climático que establece principios y lineamientos que son relevantes para la política estatal, por otra parte, todos los estados cuentan con una ley relativa al agua, pero su enfoque es hacia la provisión y el saneamiento. Finalmente hay que destacar que todos los estados cuentan con una Comisión intersecretarial de Cambio Climático lo cual es un punto de interés para impulsar la coordinación en la materia.

**Cuadro 48. Leyes y programas decretados en materia de cambio climático y/o agua en las entidades del Sureste**

Estado	Leyes sobre cambio climático	Programas y acuerdos estatales de cambio climático	Leyes de aguas
Campeche	No hay publicada	Programa Estatal ante el Cambio Climático del Estado de Campeche. 2015 Acuerdo del Ejecutivo por el que se crea la Comisión sobre Cambio Climático del Estado de Campeche, 2011	Ley de Agua Potable y Alcantarillado de Campeche (Reforma más reciente en 2017)
Chiapas	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de Chiapas, 2015	Programa de Acción Ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas, 2011	Ley de Aguas para el estado de Chiapas (Reforma más reciente, 2013)
Quintana Roo	Ley de Acción de Cambio Climático del Estado de Quintana Roo, 2013	Acuerdo por el que se crea con carácter permanente la Comisión Estatal de Cambio Climático de Quintana Roo, 2010 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo (PEACCQROO), 2013	Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (Reforma más reciente, 2016)
Tabasco	No hay publicada	Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco, (2011) Agenda de Género ante el Cambio Climático para el Estado de Tabasco (2011)	Ley de Usos de Agua del Estado de Tabasco (Reforma más reciente, 2015)
Yucatán	No hay publicada	Decreto 176/2014 por el que se aprueba y ordena la publicación del Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Yucatán, 2014 Decreto por el que se crea la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático en	Ley Orgánica de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Yucatán (Reforma más reciente, 2016)

Estado	Leyes sobre cambio climático	Programas y acuerdos estatales de cambio climático	Leyes de aguas
		Yucatán, 2010	

Fuente: Elaboración propia con base en los información de las páginas de los gobiernos estatales.

En el cuadro anterior hay varios temas que destacar: en primer lugar sólo Chiapas y Quintana Roo cuentan con una Ley de Cambio Climático, sin embargo las cinco entidades cuentan con un programa estatal. Específicamente Chiapas y Tabasco elaboraron y publicaron sus programas estatales antes de la publicación de la Ley General de Cambio Climático en 2012, en cambio, los programas de Yucatán, Quintana Roo y Campeche son posteriores a la publicación de la LGCC y a la firma del primer acuerdo regional de cambio climático firmado en 2010 y el cual se mencionó en apartados anteriores.

Con respecto a las leyes sobre agua, cabe destacar que ninguna de ellas menciona al cambio climático y a la adaptación, y su enfoque está más dirigido a temas de administración de abastecimiento del recurso y saneamiento. Esta es un área de oportunidad clave ya que estas leyes tienen el potencial de comenzar a vincular la gestión del agua con una visión más integral y vinculada a la adaptación, pero para esto es clave generar las capacidades en los actores que generan la legislación en cada una de las entidades.

## 5.2 Análisis de actores

El análisis de actores se presenta en dos temas: El primero es por nivel de acción, que va desde lo internacional hasta lo local, y trata de hacer un primer esbozo de la complejidad de las relaciones para la lograr la GIRH y un manejo adaptativo de los mismos en un marco de gobernanza. El segundo tema de análisis identifica de manera específica las instituciones de los gobiernos estatales y del gobierno federal que se deben coordinar.

El cuadro 49 presenta seis niveles de acción que van de lo internacional a lo local identificando cual es el papel o tipo de influencia para lograr el la GIRH con un enfoque adaptativo. Esta es una aproximación con base en los instrumentos revisados, sin embargo, esto tendrá que ser verificado y ajustado progresivamente.

Cuadro 49. Actores clave por niveles de acción.

Nivel de acción	Descripción general y actores específicos clave
Internacional	<p>En este nivel se consideran por en primer lugar los mecanismos derivados de las convenciones marco tanto de cambio climático, como de biodiversidad y desertificación, principalmente las figuras de “Conferencia de las Partes” (COP) ya que aquí se marcan directrices que orientan las políticas nacionales y locales en el corto, mediano y largo plazo.</p> <p>Por otra parte, están los distintos organismos de cooperación, multilaterales, bilaterales y financieros que trabajan tanto los temas de cambio climático como de agua e infraestructura.</p> <p>Finalmente hay actores como universidades y organizaciones civiles que colaboran en generación de conocimiento asistencia técnica; colocar temas clave de la agenda global del desarrollo en las agendas locales, y financiamiento.</p> <p>A nivel internacional dos actores clave son Guatemala y Belice por la condición fronteriza de la región analizada.</p>
Nacional	<p>Administración Pública Federal: la SEMARNAT y sus organismos desconcentrados y descentralizados (CONAGUA, INECC, CONANP, la SEDATU, la SAGARPA y la SECTUR como actores clave para los temas de este estudio.</p> <p>También importa de manera central poder legislativo, ya que tiene funciones de aprobación de leyes, de presupuestos y de evaluación de instrumentos.</p>

Nivel de acción	Descripción general y actores específicos clave
	Otros actores en la Escala nacional son universidades y organizaciones de la sociedad civil.
Regional	Las principales instancias regionales son los Organismos de Cuenca y los Consejos de Cuenca. Este actor es clave para coordinar los esfuerzos regionales, pero es también relevante mencionar los alcances que ha logrado la Comisión regional de la Península de Yucatán para lograr una política regional. En el caso de Tabasco y Chiapas no se ha logrado una estructura similar. También son relevantes los centros de investigación regionales y las universidades estatales tienen también un trabajo que abarca la perspectiva regional.
Estatal	A nivel de gobierno se refiere a cinco gobiernos estatales, sus comisiones intersecretariales de cambio climático y sus instancias de planeación regional. Los poderes legislativos locales también son un actor relevante. A nivel de universidades, destacan las Autónomas de los Estado y las distintas organizaciones de la sociedad civil.
Municipal	Los cinco estados de la región conjuntan 263 municipios: 118 del estado de Chiapas, seguido del estado de Yucatán con 106 municipios, el estado de Tabasco con 17 y los estados de Campeche y Quintana Roo con 11 cada uno. El reto en fortalecimiento de capacidades y continuidad en instrumentos de política es quizá uno de los más apremiantes por la atribuciones que tienen los municipios en la materia.
Local/comunitario	Es el nivel clave para la gobernanza del agua y la adaptación al cambio climático. Se trata la población de toda la región, sin embargo, hay interlocutores clave como es el caso de las comunidades y los grupos organizados a nivel local (por ejemplo, núcleos agrarios, asociaciones de productores; comunidades mayas, grupos de pescadores, sector privado, entre otros).

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que a tanto en el capítulo 4 como en el actual se han visibilizado instrumentos de política y compromisos de los niveles internacional, nacional, regional y municipal. Por las características y el alcance del mismo no se trabajó en el análisis de acciones de grupos y organizaciones locales, sin embargo, en la medida en la se trabaje en el diseño e instrumentación de acciones para la reducción de la vulnerabilidad hídrica, este nivel cobra un papel cada vez más relevante, en donde las condiciones sociales y culturales se vuelven fundamentales para la pertinencia y continuidad de los proyectos.

Los actores detonadores de la coordinación regional en materia de GIRH y adaptación al cambio climático son los gobiernos estatales y el gobierno federal, en el Anexo IV se presenta la distribución de competencias de acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales y la Ley General de Cambio Climático, pero también se reconoce la importancia de integrar a otros actores que tienen un impacto directo en la manera en la que se maneja el territorio. En el cuadro 50 se presentan las principales instituciones que tendrían que coordinarse. Se incluyen también las instituciones de los sectores urbano, agropecuario y turístico.

Cuadro 50. Entidades de la Administración pública estatal vinculadas de manera directa con la gestión hídrica frente al cambio climático.

	Nombre de la institución	Recursos hídricos	Cambio climático	Recursos Naturales y medio ambiente	Desarrollo Urbano y Agricultura	Pesca y acuicultura	Turismo
Chiapas	Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural						
	Instituto Estatal del Agua						
	Secretaría de Obra Pública y Comunicaciones						

	Nombre de la institución	Recursos hídricos	Cambio climático	Recursos Naturales y medio ambiente	Desarrollo Urbano y Agricultura	Pesca y acuicultura	Turismo
	Secretaría del Campo						
	Secretaría de Pesca y Acuicultura						
	Secretaría de Turismo						
Tabasco	Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental						
	Comisión Estatal de Agua y Saneamiento						
	Secretaría de Ordenamiento Territorial y Obras Públicas						
	Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero						
	Secretaría de Desarrollo Económico y Turismo						
Campeche	Comisión del Agua Potable y Alcantarillado del Estado (CAPAE)						
	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Campeche (SEMARNATCAM)						
	Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas						
	Secretaría de Pesca y Acuicultura						
	Secretaría de Desarrollo Rural						
	Secretaría de Turismo						
Quintana Roo	Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA)						
	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA)						
	Instituto Forestal de Quintana Roo (INFOQROO)						
	Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda						
	Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural						
	Secretaría de Turismo						
Yucatán	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente						
	Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán						
	Secretaría de Desarrollo Rural						
	Secretaría de Fomento Turístico						
Gobierno federal	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales						
	Comisión Nacional del Agua						
	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano						
	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación						
	Secretaría de Turismo						

Fuente: Elaboración propia con base en la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Campeche (última reforma, 25 de mayo de 2015); la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado De Quintana Roo (última reforma el 9 de diciembre de 2014); el Código de la Administración Pública de Yucatán (última reforma el 14 de octubre de 2015). Para el caso de Campeche se toma el nombre nuevo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Campeche (SEMARNATCAM) aunque este todavía no se incluye en la última reforma de la Ley; la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Chiapas (Última reforma el 20 de mayo 2015) y la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco (Última reforma el 25 de mayo de 2013)

Del cuadro anterior derivan varios retos: La coordinación interestatal, para lo cual las comisiones intersecretariales de cambio climático son el actor indicado; la coordinación regional, para lo cual las entidades existentes pueden jugar un papel clave, y por otra parte, la articulación de todos los instrumentos de política que están incidiendo en el tema y que pueden hacer sinergia.

De manera general, e integrando tanto los niveles y órdenes de gobierno como las diferentes instituciones que se han presentado, la propuesta de sinergias puede ir al menos en cinco tipos que es

importante destacar y que ya ha sido considerada en análisis nacionales y regionales para la adaptación (INECC-CICC, 2012, PNUD-INECC, 2014):

- Sinergias “intra” órdenes de gobierno: Este aspecto es que da lugar a arreglos institucionales como la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) o los equivalentes en los gobiernos estatales. La importancia de fortalecer este tipo de sinergias es la creación, implementación y seguimiento de programas que trasciendan los enfoques sectoriales para trabajar de manera transversal los temas relacionados con recursos hídricos, cambio climático, así como con otros sectores como el agropecuario, el urbano y el turístico. Al respecto, los procesos en el marco de los grupos de trabajo que integran la CICC federal poder ser una experiencia exitosa que se puede compartir con los gobiernos estatales. Sin embargo, hay que destacar que este tipo de coordinación descansa no sólo en los mecanismos institucionales que haya, sino en las prioridades e intereses de los gobiernos.
- Sinergias regionales: Este nivel, en el caso de la gestión integrada de los recursos hídricos, y sobre todo en el caso de las cuencas, es nivel estratégico para poder generar cambios sustantivos, si bien hay mecanismos en el marco de la Ley de Aguas Nacionales que prevén la coordinación regional en el marco de la gestión del agua, hay que considerar la importancia de vincular otros mecanismos regionales como es el acuerdo de los estados de la Península de Yucatán, que como ya se mencionó lleva más de ocho años funcionando de manera ininterrumpida, o mecanismos como la Comisión Nacional de Gobernadores (CONAGO) o el Fideicomiso para la Región Sur-Sureste (FIDESUR) los cuáles tienen otro ámbito de acción que abarca más sectores (como la infraestructura) que necesariamente deben de integrar el enfoque de cuenca.
- Sinergias para fortalecer las capacidades municipales. Esta sinergia es más bien un llamado a identificar quiénes y cómo pueden ayudar a fortalecer las capacidades de los municipios para comprender, diagnosticar, planear e implementar medidas para enfrentar el cambio climático en el ámbito de sus competencias, y esto pasa por no sólo por los temas hídricos, sino el desarrollo urbano, el ordenamiento, el uso del suelo y la promoción de actividades económicas. Uno de los principales hallazgos en el tema de política pública en este ha sido el análisis detallado de la información que generan los municipios y la ausencia del tema de cambio climático.
- El último ámbito de sinergias que se destacan es el de actores no gubernamentales que están totalmente relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos y con la adaptación al cambio climático. Estos actores entre los que destacan la cooperación internacional, las instituciones de investigación y las organizaciones de la sociedad civil para fortalecer las capacidades de todos los demás actores involucrados en el ámbito de sus mandatos y objetivos.

Finalmente hay que destacar que el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos y de los recursos naturales en general es el que dan las personas concretas: comunidades rurales, comunidades urbanas, productores o prestadores de servicios por poner algunos ejemplos de categorías, las sinergias, la formación de capacidades y los instrumentos de política que se desarrollen en el territorio dan señales e incentivos (por ejemplo, el concepto de valor económico del agua) para que el uso sea no sustentable. En este aspecto, la gobernanza real de los recursos naturales debe considerar que son las personas, a través del conocimiento, sus prioridades, incentivos e intereses los que están enfrentando dichos impactos.

## 6. Recomendaciones

México ha tomado la iniciativa en el establecimiento e implementación de diversos instrumentos públicos, tanto para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para la gestión adaptativa e integral de los recursos hídricos. Sin embargo los alcances de éstos aún no han logrado expandirse hacia los procesos de gestión a escala municipal. Para la región sureste de México, el contexto se vislumbra aún más complejo, ya que como se ha revisado a lo largo del documento, los cinco estados estudiados no tienen un problema de escasez de agua perceptible en el corto plazo.

El trabajo que aquí se presenta deja lecciones claras desde dos grandes vertientes, la necesidad de contar con información, evidencia y metodologías replicables para comprender la vulnerabilidad hídrica desde distintos niveles de aproximación al territorio, y la importancia de que el diseño de instrumentos de política se articule desde los distintos sectores y órdenes de gobierno para lograr una mayor eficacia de las acciones de adaptación al cambio climático y la reducción de la vulnerabilidad hídrica. A continuación se hacen recomendaciones concretas para cada una de ellas teniendo como énfasis la necesidad de conocer y disminuir la vulnerabilidad hídrica en el país y sus distintas regiones.

### 6.1 Recomendaciones sobre la metodología

El énfasis de este apartado se centra en identificar cuáles son las principales lecciones para conocer y analizar las condiciones de vulnerabilidad actual y así tener mejores elementos para conocer y actuar sobre la vulnerabilidad hídrica. Las recomendaciones son las siguientes:

#### 6.1.1 Generación de información

Información climática: Se requiere revisar e implementar programas e inversión permanente para revertir el decremento y recuperar la operación y mantenimiento de estaciones de medición del tiempo y el clima en el sureste de México, es un reto fundamental para sustentar, apoyar y aumentar el éxito de las estrategias de adaptación al cambio climático que se enfoquen en la prevención y reducción de desastres, más allá del sector hídrico, y en la planificación de actividades en el corto y mediano plazo (mensual, estacional y decadal). Se requiere también apoyar el establecimiento y mantener sistemas universales de acopio, sistematización y visualización de información local y regional, que sean, por lo menos, continuos, permanentes, transparentes y de acceso público, con el fin de que se proporcionen servicios climáticos acorde a los usuarios del agua, como lo recomienda la Organización Meteorológica Mundial (2014) en el Plan de ejecución del Marco Mundial para los Servicios Climáticos. En este mismo tenor, se tendría que complementar con el diseño e implementación de indicadores de impacto para evaluar la reducción de vulnerabilidad en el sector hídrico y de los usuarios del agua ante el cambio climático.

Es recomendable impulsar y apoyar programas regionales y locales de investigación para mejorar el entendimiento de la sequía actual y evaluar la sequía futura (Wang *et al.*, 2015) para sustentar la toma de decisiones informada y la planificación ante este fenómeno, dado que cambios en el promedio climático podrían tener impactos en la disponibilidad de agua. Lo anterior no obstante la alta disponibilidad del recurso hídrico superficial y subterráneo en el sureste, ya que un cambio en los sistemas hidrológicos, tales como los causados por la sequía agrícola/socioeconómica, imponen un riesgo significativo a la

sociedad (Jenkins y Warren, 2015), y más aún con la posibilidad de un incremento en la frecuencia, severidad y/o duración de la sequía bajo condiciones de cambio climático.

También hay que Implementar programas e inversión permanente para revertir el decremento y recuperar la operación y mantenimiento de estaciones de medición del tiempo y el clima en el sureste de México es un reto fundamental para sustentar, apoyar y aumentar el éxito de las estrategias de adaptación al cambio climático que se enfoquen en la prevención y reducción de desastres y en la planificación de actividades en el corto y mediano plazo (mensual, estacional y decadal).

### **6.1.2 Información sobre las condiciones de vulnerabilidad actual y futura**

Es fundamental desarrollar un acuerdo interinstitucional para sumar esfuerzos para la identificación y recolección de información primaria sobre las condiciones de vulnerabilidad socioeconómica y vulnerabilidad hídrica. Además del desarrollo de indicadores compuestos (índices) lo cual es en sí un reto, se necesita generar información que permita, a distintos niveles territoriales, conocer y modelar las variables que permiten conocer la vulnerabilidad desde sus componentes básicos: exposición, sensibilidad y capacidades adaptativas. Con respecto a la exposición, en los párrafos anteriores se identifican elementos para mejorar la generación de información, pero para conocer la sensibilidad y las capacidades adaptativas aún hay un importante camino por andar.

En términos de sensibilidad, hay información relevante sobre las condiciones socioeconómicas de la población en los trabajos que realizan el INEGI y la CONEVAL, si bien hay que llegar aún a acuerdos sobre las variables más relevantes para medir este componente de la vulnerabilidad, una de las principales condiciones para construir indicadores que sean útiles para el país ya se cumple, que es que la información sea sistemática y que tenga una continuidad en el tiempo. Sin embargo, para la sensibilidad de otros sistemas, como son los sistemas ambientales y los sistemas productivos, aún falta por desarrollar las bases metodológicas para conocer cuáles son las variables a seguir en el tiempo y llegar a acuerdos sobre su medición de manera sistemática. Para el tema de capacidades adaptativas esto se vuelve aún más complejo, ya que no hay un análisis sistemático de cómo las acciones que se emprenden en materia de adaptación realmente son eficaces. En este sentido, es donde más trabajo se requiere desarrollar.

Otro aspecto central, y que ha sido uno de los principales retos para la realización de este trabajo, específicamente por tratarse de un análisis de vulnerabilidad hídrica es que la información no está actualizada con la perspectiva de cuenca. Si no tenemos un análisis sistemático, oficial y continuo que se haga a partir de la delimitación de las cuencas, se está perdiendo la oportunidad de intervenir de manera más contundente. Las agendas de la CONAGUA realizadas en el 2030 son una aproximación importante a la realidad de las 13 regiones hidrológico administrativas, sin duda esa es una base para realizar un diagnóstico, pero hay que destacar la importancia de actualizar los trabajos realizados por el INECC (anteriormente el Instituto Nacional de Ecología) para diagnosticar las cuencas, el trabajo coordinado por Cotler y colaboradores en 2010 es una base fundamental que desde nuestra perspectiva debería ser retomado para comprender más a fondo las condiciones que generan vulnerabilidad hídrica del país.

### 6.1.3 Sobre la replicabilidad de este trabajo

A continuación se presentan elementos a considerar para el análisis de la vulnerabilidad hídrica y lo que el proceso de elaboración de este trabajo deja como lección:

En lo referente al enfoque metodológico, el análisis de la vulnerabilidad desde la perspectiva del IPCC de 2007 es hasta ahora un enfoque útil y práctico, que permite un abordaje por sectores, el principal reto está en la manera de articular la información que se presenta desde diferentes niveles territoriales. Cuando se trata de vulnerabilidad hídrica, los datos y los estudios previos pueden encontrarse por regiones hidrológicas, cuencas, subcuencas, estados, municipios o localidades, por esta razón el enfoque integrado propuesto por Lampis es hasta este momento una opción que ordena toda esta diversidad de contextos y de información.

Sin embargo consideramos que este estudio hay varios temas que no se incluyeron y son muy importantes:

- Con respecto al análisis económico se recomienda una investigación más profunda sobre la política tarifaria a nivel de autoridad pues estas cumplen objetivos políticos además de administrativos, en este sentido, es necesario contar con los estudios que permitan Diseñar el diseño de sistemas tarifarios que “mandan señales” para su consumo sustentable.
- La descripción más profunda de las condiciones y procesos ambientales que intervienen en la prestación de los servicios ecosistémicos, principalmente el servicio hídrico. Este aspecto es central para comprender cuáles son las principales amenazas a las que está sujeta la prestación del servicio hídrico más allá de las amenazas del cambio climático.
- El papel de la educación ambiental como un generador de capacidades de adaptación en lo que respecta al uso del agua. Así como en un extremo necesitamos saber más sobre las condiciones que garantizan que haya agua de calidad para lo cual es central conocer garantizar la prestación del servicio ecosistémico, como se ve en el punto anterior, es central saber cómo se puede impactar en que ese recurso sea usado de la manera más eficiente por la sociedad, necesitamos comprender esta condicionantes y para esto aún no tenemos suficiente información.
- El tercer punto tiene que ver con un análisis más profundo de la gobernanza del agua que incluya cómo las condiciones locales en cuanto a cultura y cohesión social puede ser centrales para una mejor gestión de los recursos hídricos. Esto se vuelve más apremiante si los estudios son el antecedente para una toma de decisiones a nivel local.

Finalmente hay que mencionar la pertinencia de generar foros de debate y discusión entre las distintas instituciones que están realizando análisis similares para generar diálogos que permitan avanzar en la realización de metodologías comparables y replicables.

## 6.2 Recomendaciones para la articulación de políticas públicas

La diversidad de instrumentos identificados en el camino es muy vasta, aquí se priorizaron, por cuestiones de tiempo y de objetivos, los más relevantes, pero lo importante es detonar un proceso en el que los propios actores identifiquen cuáles son los instrumentos más relevantes, qué es lo que aportan a la gestión de los recursos hídricos y cómo pueden mejorar para lograr un mejor manejo de las cuencas hidrográficas en el contexto del cambio climático.

Como ha visto a lo largo de este estudio, en la región ha habido varios procesos de diseño de políticas públicas que incluyen los temas hídricos y de adaptación al cambio climático, tanto estatales, como regionales. Estos procesos han conjuntado una multiplicidad de actores y esto se ha visto reflejado en los resultados. A nivel federal también hay instrumentos de largo alcance que también han sido resultado de procesos participativos como es la ENCC. El punto central aquí es que ya hay propuestas, hay metas (en los programas regionales) y hay indicadores. Lo que se necesita no es repensar lo que se tiene que hacer, sino analizar, articular y conjuntar utilizando lo que ya hay. Este punto requiere de un análisis profundo de cuáles son los recursos y las capacidades con las que se cuenta para coordinarse. Tiene que ver con un análisis de las estructuras de coordinación, los presupuestos y los mecanismos para ejecutar las decisiones sumando a los distintos actores involucrados. A continuación se presentan recomendaciones específicas para los distintos órdenes de gobierno con respecto a elementos para avanzar hacia la reducción de las condiciones de vulnerabilidad hídrica.

### **6.2.1 Nivel Federal.**

La reducción de la vulnerabilidad hídrica frente al cambio climático requiere de una fuerte coordinación entre las instituciones de la administración pública federal. Es central que haya una visibilización en la agenda las distintas instituciones sobre lo que implica la seguridad hídrica para el desarrollo del país. Los instrumentos de planeación que se generen durante 2019 son una oportunidad para generar nuevos acuerdos. Se recomienda que el Programa Especial de Cambio Climático 2019-2024 tenga disposiciones específicas para cumplir con los compromisos establecidos en las NDC, así como los mecanismos de verificación necesarios para evaluar sus avances.

Es importante es visibilizar las sinergias de los instrumentos de gestión ambiental (ANP, Ordenamiento ecológico del territorio, pagos por servicios ambientales) con otras agendas como la de protección civil y la agenda hídrica, pero es aún más apremiante que la de los sectores como el agropecuario, el urbano, el turístico y el de desarrollo económico integren en sus propios diagnósticos y acciones la reducción de la vulnerabilidad hídrica como elemento central para el cumplimiento de sus propios objetivos. Para lograr lo anterior es central que instituciones como CONAGUA, IMTA e INECC generen de manera conjunta mensajes clave que permitan sensibilizar a los distintos sectores sobre la importancia de actuar en este tema.

### **6.2.2 Estados**

En el caso de los Estados se identifican tres temas centrales: a) La actualización de sus programas estatales de cambio climático con diagnósticos y análisis que visibilicen la vulnerabilidad hídrica como un tema central de su desarrollo. b) La importancia de consolidar un marco legal sólido, no sólo a través de las leyes de cambio climático, sino sobre todo, a través de las leyes que tienen que ver con el aprovechamiento y uso de los recursos hídricos en el marco de sus competencias. Esta labor no es sólo de los gobiernos, sino sobre todo los Congresos estatales, para lo cual se requiere que los legisladores cuenten con las propuestas y los elementos para integrar esta perspectiva en el desarrollo y actualización de las leyes, y c) los estados han demostrado que la acción regional puede fortalecer su capacidad de acción a través de las sinergias. Casos como el de la Península de Yucatán, cuyos acuerdos han sido refrendados en los últimos 8 años hablan del potencial de estas acciones. Si bien hacen falta mecanismos

de seguimiento para todos los acuerdos (como es el caso de la instrumentación de la Estrategia Regional de Adaptación), la posibilidad de contar con una visión regional del desarrollo, impulsada desde y por los estados es un ejemplo que se puede replicar en el país. Específicamente en el caso de Chiapas y Tabasco la coordinación regional por el tema hídrico que ha estado en la agenda en los últimos años puede retomarse a partir de gestión las cuencas del río Grijalva y del Río Usumacinta.

### 6.2.3 Municipios

El fortalecimiento de capacidades locales en las instituciones y la sociedad es un pilar fundamental para mejorar la gestión y acción ante el cambio climático, tanto en el sector hídrico como en el resto de los sectores y sistemas a los que es transversal. Entre las recomendaciones se plantea: fortalecer capacidades técnicas de funcionarios locales, ejemplo mediante esquemas para certificar a funcionarios locales de carrera que sea un mecanismo para trascender los periodos trianuales de gobiernos municipales, así como fomentar la inclusión de recursos humanos técnicos y especialistas en meteorología y clima en los equipos de trabajo local.

Mejorar las capacidades de los organismos operadores para recolectar datos sobre la calidad del agua, organizar la información y reportar los resultados de monitoreo, así como establecer un método confiable para la lectura de los medidores y el cobro de los recibos.

Un aspecto central es la coordinación y el apoyo a los municipios para cumplir con atribuciones como el tratamiento y reúso de las aguas residuales antes de desecharlas así como para el mantenimiento y la modernización de la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

Por otro lado, si bien la percepción de escasez del recurso hídrico puede ser menos que en otras regiones del país, el tema de la calidad del agua es un aspecto clave para la provisión del servicio, y se recomienda explorar tecnologías de captación y almacenamiento de agua de lluvia en la construcción de vivienda e infraestructura.

Finalmente hay que destacar la importancia de la coordinación entre municipios, en este sentido, las juntas u organizaciones intermunicipales son esquemas que ya existen en el país, incluso en la Península de Yucatán, y que constituyen espacios para el fortalecimiento de las capacidades y las sinergias en las acciones. Establecer mecanismos similares por cuencas o por subregiones es clave para que la gestión integrada de los recursos hídricos pueda tener una perspectiva territorial más pertinente y focalizada.

## 6.3 Recomendaciones para la agenda en el corto plazo

La propuesta es establecer un mecanismo de coordinación entre los organismos de cuenca y las comisiones intersecretariales y regionales de cambio climático, y esta coordinación deber quedar establecida en lineamientos específicos.

Lo anterior implicaría una revisión principalmente de los siguientes artículos previstos en la LAN y la LGCC:

- el Artículo 12 BIS de la LAN (DOF, 1992) que establece que “En el ámbito de las cuencas hidrológicas, regiones hidrológicas y regiones hidrológico - administrativas, el ejercicio de la Autoridad en la materia y la gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración de las aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes, "la Comisión" las realizará a través de Organismos de Cuenca de índole gubernamental y se apoyará en Consejos de Cuenca de integración mixta. Los organismos de cuenca son los encargados de formular y proponer la política hídrica regional” (DOF, 1992)
- Artículo 14 BIS de la LAN (DOF, 1992) que estipula la importancia de “Promover y facilitar la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política nacional hídrica (en coordinación con los otros niveles)”
- El Artículo 5 de la LGCC (DOF, 2012) que establece que “La coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los Consejos de Cuenca, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno, y participan y asumen compromisos los usuarios”
- El artículo 28 de la LGCC que establece que los recursos hídricos y los programas hídricos de cuencas hidrológicas son parte de los ámbitos en los cuales “La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa Especial de Cambio Climático, la Política Nacional de Adaptación y los programas”

Teniendo estos cuatro artículos como sustento, lo que tendría que hacerse es armonizar y establecer el mecanismo para la articulación de estos dos ordenamientos, lo cual deriva en la obligación de su cumplimiento por parte de los actores involucrados. Esta articulación se puede proponer en el marco de las atribuciones de la SEMARNAT, el INECC y la CONAGUA.

Finalmente hay que destacar que durante los primeros meses de 2019 se estarán trabajando tanto a nivel federal, como estatal (en Yucatán, Tabasco y Chiapas), y municipal las estrategias, planes y programas de las administraciones entrantes. Esto es una oportunidad para que el tema del cambio climático y la reducción de la vulnerabilidad social, ambiental e hídrica tengan un papel central no sólo en la agenda de cambio climático sino en la de los sectores productivos, es por esta razón que se recomienda que en el muy corto plazo haya una estrategia de sensibilización hacia los nuevos gobiernos. Lo cual debe reforzarse con la participación de distintos actores destacando la comunidad científica y la sociedad civil organizada a fin de que las nuevas propuestas se construyan sobre la base de lo que ya se ha realizado hasta este momento.

## 7. Referencias

- Alba, M. (2018). Marea de sargazo en el Caribe Mexicano: realidades, mitos y oportunidades. Disponible en: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/22343-marea-sargazo-caribe-mexicano>
- Amaya Ventura, M. (2010). La gestión intermunicipal del agua en México, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement.
- Ávila García, P. (2008). Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México Ciencias, Núm. 90, abril-junio, 2008, pp. 46-57 Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencias, (90), 46-57.
- Barlow, M. & Clarke, T. (2002). Blue Gold: the fight to stop corporate theft of the Worlds Water. The New Press.
- Batllore Sampedro, E. (2017). Condiciones actuales del agua subterránea en la Península de Yucatán. En Chávez- Guzmán, M. Coomp. El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán. Editado por la Universidad Autónoma de Yucatán Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi Unidad de Ciencias Sociales, la Fundación Gonzalo Río Arronte IAP y el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. Pp. 201-224.
- Baumann, D.D. & Boland, J.J. (1998). The case for managing urban water. In: D.D. Bauman; J.J. Boland & M. Hanemann (eds.), Urban water demand management and planning. McGraw Hill: 1-30.
- Brown, A., M. Gawith, K. Lonsdale and P. Pringle, (2011). Managing adaptation: linking theory and practice. UK Climate Impacts Programme, Oxford, UK. 47 pp. Disponible en: [http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/UKCIP\\_Managing\\_adaptation.pdf](http://www.ukcip.org.uk/wordpress/wp-content/PDFs/UKCIP_Managing_adaptation.pdf)
- Bunge, V., (2010). “La presión hídrica en las cuencas de México”. En Cotler, A. H. (Coord.) Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. Instituto Nacional de Ecología. p. 88-91
- Cabrera, J. y P. Cuc (2002). Diagnóstico socioambiental de la Cuenca del Rio Usumacinta Fundación Kukulkan. Fundación Del Servicio Exterior para la Paz y el Desarrollo Democrático. Universidad de Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica.
- CAPA-Quintana Roo (2018). Información de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo, 2018, disponible en: <https://qroo.gob.mx/capa/tramites-y-servicios>
- Castro Rosales, G., & Sisto, N. P. (2015). Precio y manejo del agua urbana en México. Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 24(47).
- CCGSS (2015). Propuesta de políticas públicas para la sustentabilidad y la adaptación en la Cuenca Baja del Usumacinta en Tabasco. Informe entregado en el marco del proyecto “Retos para la sustentabilidad en la Cuenca Baja del Río Usumacinta en Tabasco: ecosistemas, cambio climático y respuesta social”
- CCGSS (2017). Informe de avances del Proyecto FORDECyT 273646. Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del río Usumacinta y zona marina de influencia. Bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio.

- CEAS-Campeche (2018). Información de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Campeche. Disponible en: <http://www.smapacampeche.gob.mx/costos>
- CEAS-Tabasco (2018). Información de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Tabasco, Disponible en: <https://tabasco.gob.mx/ceas>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2017). Serie de Impactos Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en México. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/impacto-socioeconomico-de-desastres-de-2000-a-2015/resource/868fe928-b3e7-4940-9e33-3abbb7cd41aa>
- Centro Virtual de Información del Agua (2015). Directorio de Organismos Operadores de Agua y Alcantarillado 2015, México. Disponible en: [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2015/08/directorio\\_organismos\\_operadores\\_nuevo\\_diseno\\_e\\_hipervinculado.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2015/08/directorio_organismos_operadores_nuevo_diseno_e_hipervinculado.pdf)
- CEPAL-BID (2018). Proceso Regional de las Américas. Foro Mundial del Agua 2018. América Latina y el Caribe. Resumen Ejecutivo. Disponible en: [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/informe\\_regional\\_america\\_latina\\_y\\_caribe.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/informe_regional_america_latina_y_caribe.pdf)
- Chávez- Guzmán, M. (2017). Coomp. El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán. Editado por la Universidad Autónoma de Yucatán Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi Unidad de Ciencias Sociales, la Fundación Gonzalo Río Arronte IAP y el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.
- Chen Shien-Tsung, Tao-Chang Yang, Chen-Min Kuo, Chih-Hao Kuo, y Pao-Shan Yu. (2013). Probabilistic drought forecasting in southern Taiwan using El Niño-Southern Oscillation Index. *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*. V 24, No. 5, 911-924. doi: 10.3319/TAO.2013.06.04.01(Hy)
- CICY (2010). Flora digital: Península de Yucatán. Disponible en <https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/vegetacion.html>.
- Coates, D., D.P. Loucks, J. Aerts & S. van 't Klooster (2012). Working under Uncertainty and Managing Risk, en un-Water, The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk, vol. 1, París, UNESCO.
- Comisión de Salarios Mínimos (CONSAMI). Información sobre salarios mínimos vigentes. Disponible en <https://www.gob.mx/conasami/documentos/tabla-de-salarios-minimos-generales-y-profesionales-por-areas-geograficas>.
- CONABIO (1990). Red hídrica 4M. Consultado en: [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/hidro4mgw.xml?\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgd\\_c\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/hidro4mgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgd_c_html.xsl&_indent=no)
- CONAGUA (2007). Regiones hidrológicas administrativas. Consultado en: <http://sigagis.conagua.gob.mx>
- CONAGUA (2010). Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, México: SEMARNAT.

- CONAGUA (2011). La Agenda del Agua 2030, México. Disponible en: [http://gia.imta.mx/geoportal/docs/Agenda\\_Agua\\_2030.pdf](http://gia.imta.mx/geoportal/docs/Agenda_Agua_2030.pdf)
- CONAGUA (2012a). Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa XI Frontera Sur
- CONAGUA (2012b). Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán
- CONAGUA (2015a). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego para el año agrícola 2013-2014, Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGIH-6-15.pdf>
- CONAGUA (2015b). Situación del Subsector agua potable, drenaje y Saneamiento 2015, México.
- CONAGUA (2015c). Acuíferos. Consultado En: <http://sigagis.conagua.gob.mx/aprovechamientos/>
- CONAGUA (2016). Estadísticas del Agua en México, edición 2016
- CONAGUA (2017). Sistema Nacional de Información del Agua, Disponible en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?p=1>
- CONANP (2018). Polígonos de las áreas naturales protegidas (ANP). Consultado en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/areas-naturales-protégidas>
- CONAPO (2017). Estimaciones y Proyecciones de la Población por entidad federativa. Disponible en: [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones\\_Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos)
- CONAPO. (2012). Sistema Urbano Nacional, México. Disponible en: [http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Catalogo\\_Sistema\\_Urbano\\_Nacional\\_2012](http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Catalogo_Sistema_Urbano_Nacional_2012)
- CONEVAL (2010). Medición de la pobreza en México 2010, a escala municipal. Disponible en <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Informacion-por-Municipio.aspx>
- CONEVAL (2011). Índice de rezago social 2010 a nivel nacional, estatal y municipal. Resultados 2010. Disponible en <http://www.coneval.org.mx>
- CONEVAL (2016). Índice de rezago social 2015 a nivel nacional, estatal y municipal. Resultados 2015. Disponible en [http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice\\_Rezago\\_Social\\_2015.aspx](http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2015.aspx)
- Corporación OSSO. (2017). Desinventar Inventario Histórico de Desastres de México. Corporación OSSO, La Red, UNISDR. <http://online.desinventar.org/>. Grupo de investigación Observatorio Sismológico del Sur Occidente, OSSO
- Cotler, H. (2010). Perspectivas de las cuencas hidrográficas de México: Introducción. En Cotler H. (Coord). Las cuencas hidrográficas: diagnóstico y priorización, Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., México, 232p. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/639/perspectivas.pdf>
- Cotler, H., Alcántar, A., González, I., Pineda, R., & Ríos, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. México, DF, SEMARNAT
- Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change* 3(1):52-58.

- De la Maza, J., & Carabias, J. (2011). Usumacinta: Bases para una política de sustentabilidad ambiental. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Natura y Ecosistemas Mexicanos del Agua A.C.
- De León, R. (2015). Una propuesta metodológica para la evaluación de la plausibilidad de los escenarios: el caso del sector hídrico de México, México: UNAM, Tesis para obtener el grado de Doctora en Ingeniería de Sistemas.
- de Oca, G. S. M. (2007). Agua--tarifas, escasez y sustentabilidad en las megaciudades:¿ cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la Ciudad de México?. Universidad Iberoamericana.
- Desvousges, W.H., Naughton, M.C. y Parsons, G.R. (1992). "Benefit transfer: Conceptual problems in estimating water quality benefits using existing studies", *Water Resources Research*, 28(3), p. 675-683.
- DOF (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917. Última reforma, 27 de agosto de 2018.
- DOF (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Última reforma, 5 de junio de 2018.
- DOF (1992). Ley de Aguas Nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992. Última reforma, 24 de marzo de 2016
- DOF (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 2001. Última reforma, 20 de junio de 2018.
- DOF (2009). Ley General de Turismo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de junio de 2009. Última reforma, 13 de abril de 2018.
- DOF (2012). Ley General de Cambio Climático. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. Última reforma, 13 de julio de 2018
- DOF (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. Disponible en <http://www.encc.gob.mx/documentos/estrategia-nacional-cambio-climatico.pdf>
- DOF (2016). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2016.
- DOF (2018). Decretos del 06 de junio de 2018, México: SEMARNAT, disponibles en: <http://dof.gob.mx/index.php?year=2018&month=06&day=06>
- Dupuit, J. (1844). De la Mesure de l'Utilite des Travaux Publicques. *Annales des Ponts et Chaussees*, 2nd Series, 8. Reprinted in translation (1952) as: "On the Measurement of the Utility of Public Works", in: *International Economic Papers*, 2: 83-110.
- ECOSUR (2012). Estrategia Regional de la Península de Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal. Disponible en [http://www.ccpy.gob.mx/pdf/Regional/documentos-regional/redd/informe\\_actividades/informe\\_final.pdf](http://www.ccpy.gob.mx/pdf/Regional/documentos-regional/redd/informe_actividades/informe_final.pdf)
- Ellis, E.A., Hernández-Gómez, I.U., Romero-Montero, J.A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península de Yucatán. *Ecosistemas* 26(1): 101-111.

- Ellis, E.A., Romero Montero, A. & Hernández Gómez, I.U. (2015). Evaluación y mapeo de los determinantes de deforestación en la Península Yucatán. USAID, MREDD+. Disponible en línea: [http://www.alianza-mredd.org/uploads/ckfinder\\_files/files/1%20INFORME%20DETERMINANTE%20DEFORESTACION%20PY%20.pdf](http://www.alianza-mredd.org/uploads/ckfinder_files/files/1%20INFORME%20DETERMINANTE%20DEFORESTACION%20PY%20.pdf)
- García-García, A., y Kauffer M. E. F (2011). Las cuencas compartidas entre México, Guatemala y Belice: un acercamiento
- Garrocho J. (2013). Las dinámicas de las ciudades en el siglo XXI, México: CONAPO.
- GIZ (2016). El Libro de la Vulnerabilidad: Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. Disponible en [https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb\\_dl=269](https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=269)
- Gobierno de la Republica (2014a). Programa Regional de Desarrollo del Sur-Sureste (PRDSS). Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5343111&fecha=30/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343111&fecha=30/04/2014)
- Gobierno de la Republica (2014b). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. Disponible en [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014)
- Gobierno de la República (2015). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. Disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015\\_indc\\_esp.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf)
- Gobierno del Estado de Tamaulipas (2016). Programa Estatal de Cambio Climático de Tamaulipas 2015 – 2030 (PECC). Disponible en <http://po.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2016/09/cxli-111-150916F-ANEXO.pdf>
- Guzmán, A. (2014). Relación clima-dengue en México. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. 80 pp.
- Hanemann, W. M. (2005). The value of water. Manuscript, University of California at Berkeley
- Howard, G., & Bartram, J. (2003). La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud (resumen ejecutivo). Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/es](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es).
- Huntjens, P., Pahl-Wostl, C., Rihoux, B., Schlüter, M., Flachner, Z., Neto, S., ... & Nabide Kiti, I. (2011). Adaptive water management and policy learning in a changing climate: a formal comparative analysis of eight water management regimes in Europe, Africa and Asia. *Environmental Policy and Governance*, 21(3), 145-163.
- IEA-Chiapas (2018). Información del Instituto Estatal del Agua de Chiapas, 2018, disponible en: <http://www.smapa.gob.mx/index.php/tramites-y-servicios/servicios-en-linea/18-pago-en-linea>
- INECC (2016). Vulnerabilidad al cambio climático. Publicado por el Instituto nacional de Ecología y Cambio climático el 13 de noviembre de 2016. Disponible en <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>
- INECC (2018). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC). Disponible en <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/atlas-nacional-de-vulnerabilidad-ante-el-cambio-climatico-anvcc-80137>

- INECC-CICC (2012). Adaptación en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001364.pdf>
- INECC-PNUD (2017). En Prensa. Estimación de rangos de incertidumbre en las fechas para alcanzar los valores de incremento en la temperatura promedio global 1.0, 1.5 y 2.0°C y las implicaciones para la República Mexicana como producto de la Sexta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Estudio elaborado por Oscar Casimiro Sánchez Meneses.
- INEGI (2001). Resultados definitivos del XII Censo General de Población y Vivienda del 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- INEGI (2010). Red hídrica 250k versión 1. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI (2011a). Red Hídrica 2.0. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI (2011b). Panorama Censal de Organismos Operadores de Agua de 2011. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono\\_Orgs\\_operadores\\_agua.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Orgs_operadores_agua.pdf)
- INEGI (2013). Uso de suelo y vegetación serie V. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI (2014). Censos Económicos Resultados definitivos. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx>
- INEGI (2015). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2014, Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enigh/tradicional/2014/default.html>
- INEGI (2016a). Resultados de la Encuesta intercensal 2015. Disponible en <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>
- INEGI (2016b). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2016. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enigh/nc/2016/default.html>
- INEGI (2016c). Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amenazada. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI (2017a). Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental ENCIG). Tabulados básicos. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/encig/2017/>
- INEGI (2017b). Marco Geostadístico Nacional. Escala 1: 1 000 000. Consultado en : <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI (2017c). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, serie VI (capa unión)
- INEGI (2017d). Uso de suelo y vegetación serie VI. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI (2018). PIB y Cuentas nacionales de México. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, 976 pp.
- IPCC (2007b). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 pp.
- IPCC (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza.
- Jenkins K., y R. Warren. (2015). Quantifying the impact of climate change on drought regimes using the Standardized Precipitation Index. *Theoretical & Applied Climatology*. 120:41–54. DOI 10.1007/s00704-014-1143-x.
- Jiménez Q., M del C. (S/A). Anexo del Informe Técnico: Elaboración de un boletín con información hidroclimática de los mares de México. Indicadores climáticos. Una manera para identificar la variabilidad climática a escala global.
- Jun M., R. Knutti, y D.W. Nychka. (2008). Spatial Analysis to Quantify Numerical Model Bias and Dependence: How Many Climate Models Are There? *Journal of the American Statistical Association*. September 2008, Vol. 103, No. 483, Applications and Case Studies DOI 10.1198/016214507000001265
- JAPAY (2018). Información de la Junta de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Yucatán, 2018, Disponible en: <http://www.japay.yucatan.gob.mx/tarifas/tarifas.php>
- Jiménez Cisneros, B. (2015). Seguridad Hídrica: Retos y Respuestas, La fase VIII del programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (2014-2021). *Aqua-Lac*, 7(1). Disponible en <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/03SeguridadHidrica-retosypropuestas.pdf>
- Kammerbauer, H., León, J., Castellón, N., Gómez, S., Faustino Manco, J., & Prins, C. (2010). Modelo de cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas. Propuesta conceptual basada en la revisión crítica de las experiencias en Honduras y Nicaragua.
- Kolstad, C. (2011). *Intermediate Environmental Economics: International Edition*. OUP Catalogue.
- Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía*, 22(2), 17-34
- Lewandowsky S., J.S. Risbey, N. Oreskes. (2016). The “pause” in global warming. Turning a Routine Fluctuation into a Problem for Science. *American Meteorological Society*. DOI:10.1175/BAMS-D-14-00106.1 Pp 723-733.
- Ley de Agua Potable y Alcantarillado del estado Campeche, Disponible en: [http://legislacion.congresocam.gob.mx/images/legislacion/leyes/pdf/Ley\\_de\\_Agua\\_Potable\\_y\\_Alcantarillado.pdf](http://legislacion.congresocam.gob.mx/images/legislacion/leyes/pdf/Ley_de_Agua_Potable_y_Alcantarillado.pdf)

Ley de cuotas y tarifas para los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales del estado de Quintana Roo, Disponible en: <http://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/administrativo/ley095/L1420131209064.pdf>

Lobato-Sánchez, R., M.A. Altamirano. (2017). Detección de la tendencia local del cambio de la temperatura en México (Local tendency detection of temperature change in Mexico), *Tecnología y Ciencias del Agua*, Vol. VIII, No. 6, noviembre-diciembre. ISSN: 0187-8336, eISSN; 2007-2422, DOI: 10.24850/j-tyca-2017-06-07

Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y., Wallace, J. M., & Francis, R. C. (1997). A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(6), 1069-1079.

March Mifsut, I., & Castro, M. (2010). La cuenca del Río Usumacinta: perfil y perspectivas para su conservación para su conservación y desarrollo sustentable Las Cuencas Hidrográficas de México (pp. 193-197). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Fundación Gonzalo Río Arronte.

Monterroso R. A., A. Fernández E., R. I. Trejo V., A. C. Conde A., J. Escandón C., L. Villers R. y C. Gay G. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático Universidad Nacional Autónoma de México. <http://atlasclimatico.unam.mx/VyA>.

Moss, R.H., J.A. Edmonds, K. A. Hibbard, M. R. Manning, S. K. Rose, D. P. van Vuuren, T. R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G. A. Meehl, J. F. B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S. J. Smith, R. J. Stouffer, A. M. Thomson, J. P. Weyant and T. J. Wilbanks. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, Vol. 463. Pp. 747-755.

Municipio de Carmen, Campeche (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en <http://www.seplan.campeche.gob.mx/images/docs/pmd15-18/pmd-15-18-carmen.pdf>

Municipio de Comitán de Domínguez, Chiapas (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en [http://transparencia.comitan.gob.mx/ART78/I/PLANEACION/pdm\\_comitan\\_2015\\_2018.pdf](http://transparencia.comitan.gob.mx/ART78/I/PLANEACION/pdm_comitan_2015_2018.pdf)

Municipio de Emiliano Zapata, Tabasco (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en [http://periodicos.tabasco.gob.mx/media/periodicos/7708\\_sup.pdf](http://periodicos.tabasco.gob.mx/media/periodicos/7708_sup.pdf)

Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en <http://www.felipecarrillopuerto.gob.mx/images/Contenido/PMD20162018h.pdf>

Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en <http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/2016/07/Plan-Municipal-de-Desarrollo-2016-2018.pdf>

Municipio de Palenque, Chiapas (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en <http://www.palenque.gob.mx/Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo>

Municipio de Palizada (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en [http://www.palizada.gob.mx/files\\_transparencia/pmd\\_palizada.pdf](http://www.palizada.gob.mx/files_transparencia/pmd_palizada.pdf)

- Municipio de Tenosique, Tabasco (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en [http://www.tenosique.gob.mx/plan\\_municipal/Plan%20Municipal%202016-2018.pdf](http://www.tenosique.gob.mx/plan_municipal/Plan%20Municipal%202016-2018.pdf)
- Municipio de Tizimín, Yucatán (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en <http://tizimin.gob.mx/ARTICULO71/FRACCIONIA/Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo%20de%20Tizim%C3%ADn.pdf>
- Municipio de Valladolid, Yucatán (2016). Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018. Disponible en <http://www.valladolid.gob.mx/gacetas/29.pdf>
- Murrieta U., Garrido A., Altamirano M.A., & Martínez J. (2010). Proyecciones de Cambio Climático para las Cuencas de México, México: INECC. Disponible en: <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/639/proyecciones.pdf>
- Natura mexicana (2017). Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona: 25 años de actividades y experiencias. Disponible en <http://www.bibliotecanatura.org/conservacion-y-desarrollo-sustentable-en-la-selva-lacandona/index.php/sec1>
- NeWater. (2009). Adaptive Integrated Water Resources Management (AWM): Explicitly addressing today's challenges Results from NeWater, Germany: Pelzverlag, Freiburg. Disponible en: [www.newater.uni-osnabrueck.de/intern/sendfile.php?id=317](http://www.newater.uni-osnabrueck.de/intern/sendfile.php?id=317)
- NOAA (2017). Best Track Data (HURDAT2), [http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data\\_Storm.html](http://www.aoml.noaa.gov/hrd/hurdat/Data_Storm.html)
- OECD (2010). Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264083608-en>.
- OMM (2014). Plan de ejecución del Marco Mundial para los Servicios Climáticos. 88 pp. Disponible en: [https://gfcs.wmo.int/sites/default/files/implementation-plan//GFCS-IMPLEMENTATION-PLAN-%2014211\\_es.pdf](https://gfcs.wmo.int/sites/default/files/implementation-plan//GFCS-IMPLEMENTATION-PLAN-%2014211_es.pdf)
- ONU (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Orellana Lanza R., C. Espadas, C. Conde, C. Gay. (2009). Atlas de Escenarios Climáticos de la Península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. disponible en: <http://www.ccpy.gob.mx/agenda-regional/escenarios-cambio-climatico/atlas/>
- Orozco, PP; Jiménez, F; Faustino, J; Prins, C. (2008). La cogestión de cuencas abastecedoras de agua para consumo humano. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 28 p. (Serie Técnica. Boletín Técnico no. 28). Disponible en: <https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Cogestion%20Cuencas%20Abastecedoras%20de%20Agua.pdf>
- Pahl-Wostl C. (2007). Requirements for adaptive water management. In Adaptive and Integrated Water Management. Coping with Complexity and Uncertainty , eds. Claudia Pahl-Wostl *et al.* 309 C. Pahl-Wostl , P. Kabat , and J. Möltgen . Heidelberg, Germany : Springer Verlag .

Pahl-Wostl, C., Jeffrey, P., & Sendzimir, J. (2011). Adaptive and integrated management of water resources. En: Grafton Q., & Hussey K. *Water Resources, Planning and Management*, Reino Unido: Cambridge University Press.

Pérez Correa, F. (2014). Bases constitucionales de la gestión del agua en México. Hacia un modelo intercultural de sociedad del conocimiento en México. En *Gestión pública y social del agua en México*, México, UNAM, 2014.

Pineda Pablos, N. (2017). Avances, estancamiento y limitaciones de la política de saneamiento en México 1998-2014. *Entre-ciencias: Diálogos en la sociedad del conocimiento* 5(15): 35-50.

PNUD. (2014). Estándares sociales y ambientales, Disponible en: <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/Social-and-Environmental-Policies-and-Procedures/UNDPs-Social-Environmental-Standards-SPANISH.pdf>

PNUD-INECC (2014). “Articulación de instrumentos de política para la adaptación al Cambio Climático en la Península de Yucatán” Hoja de Ruta para una Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático en la Península de Yucatán”

PNUD-INECC (2016). Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático de la Península de Yucatán. Documento elaborado en coordinación con los Estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Sin publicar.

PNUD-INECC (2017). Medición multidimensional de capacidad institucional a nivel municipal que fomenta la adaptación al cambio climático. Informe Final. Proyecto #86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 107pp. Vania Montalvo, Dulce Cano y Abril Cid. Convenio de colaboración: Transparencia Mexicana, A.C.

Pochat V. (2008). Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos bases para el Desarrollo de Planes Nacionales, Global Water Partnership. Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/sobre-girh/2008-principios-de-girh-base-para-el-desarrollo-de-planes-nacionales.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/sobre-girh/2008-principios-de-girh-base-para-el-desarrollo-de-planes-nacionales.pdf)

Posada Vanegas G., B.E. Vega Serratos, y R. Silva Casarin (eds.). (2013). Peligros Naturales en el Estado de Campeche. Cuantificación y Protección Civil. Universidad Autónoma de Campeche, CENECAM-Gobierno del Estado de Campeche, CENAPRED. 202 p.

REPDA (2018). México: CONAGUA, Disponible en: <http://app.conagua.gob.mx/Repda.aspx>

Rogers, P., Bhatia, R., & Huber, A. (1998). Water as a social and economic good: How to put the principle into practice. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership/Swedish International

Rosengaus, M. (2010). Impacto de los Ciclones Tropicales en las Cuencas de México. En Cotler, A. H. (Coord.) *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología. Pp. 32-37

SEMARNAT (2018a). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Base de datos estadísticos. Disponible en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>

- SEMARNAT (2018b), Diario Oficial de la Federación del día 05 de junio de 2018, Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5525057&fecha=05/06/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525057&fecha=05/06/2018)
- SEMARNAT (2018c). Acuíferos por región hidrológica administrativa. Consulta temática, disponible en:  
[http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_AGUA02\\_04&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AGUA02_04&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)
- Servicio Geológico Mexicano. (2013). Atlas de Peligro por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco. [http://www.anr.gob.mx/atlasestatales/TABASCO\\_2013.pdf](http://www.anr.gob.mx/atlasestatales/TABASCO_2013.pdf)
- SINA (2018). Ordenamientos, México: CONAGUA, disponible en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=ordenamientos&ver=mapa&o=4&n=nacional>
- SMN. (2017). Base de datos nacional del CLICOM.
- Soares, D. Romero R. y López R. (2015). Conceptualización de la vulnerabilidad y construcción de un Índice de Vulnerabilidad Social. Págs. 9-40. En; Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático / Felipe I. Arreguín Cortés, Mario López Pérez, Olivia Rodríguez López y Martín José Montero Martínez, coordinadores. -- Jiutepec, Mor. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Soares, D. y García García (2017). La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático.
- Sullivan, C. A. (2011). Quantifying water vulnerability: a multi-dimensional approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4), 627-640.
- Tietenberg, T. H., & Lewis, L. (2012). *Environmental and natural resource economics* 9th Edition Pearson Education..
- United Nations (2013). Warsaw International Mechanism for Loss and Damage. Disponible en <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/loss-and-damage-ld/warsaw-international-mechanism-for-loss-and-damage>
- United Nations (2015). The Paris Agreement. Disponible en <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- UNESCO (2014). International Hydrological Programme (IHP) eighth phase: Water security: responses to local, regional and global challenges, strategic plan, IHP-VIII (2014-2021). <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002180/218061e.pdf>
- UNFCCC (2016). Mecanismo Internacional de Varsovia para las Pérdidas y los Daños relacionados con las Repercusiones del Cambio Climático. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2016/sb/spa/108s.pdf>
- UNISDR (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, Publicado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
- Wang H., J. C. Rogers, y D. K. Munroe. (2015). Commonly used drought indices as indicators of soil moisture in China. *Journal of Hydrometeorology*. American Meteorological Society. V 16, 1397-1408. DOI: 10.1175/JHM-D-14-0076.1.

Wilhite, D. A., y M. Glantz. (1985). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, Planning for Drought: Toward a Reduction of Societal Vulnerability, Chapter 2, Wilhite, D. A., Easterling, W. E. & Wood, D. A. (editors), Westview Press, Boulder.

# ANEXO I. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN LAS CINCO ENTIDADES

Cuadro I. PIB por estado en 2016

	Chiapas	Tabasco	Campeche	Yucatán	Quintana Roo
Participación porcentual	2016	2016	2016	2016	2016
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Actividades primarias	6.91	1.48	0.87	3.85	0.72
11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	6.91	1.48	0.87	3.85	0.72
Actividades secundarias	23.43	66.08	86.53	26.55	12.80
21 - Minería	3.85	54.16	80.34	0.38	0.62
21-1 - Minería petrolera	3.61	54.06	80.32	0.00	0.00
21-2 - Minería no petrolera	0.24	0.10	0.02	0.38	0.62
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	2.59	0.39	0.21	2.41	0.97
23 - Construcción	7.75	5.35	5.55	10.67	9.68
31-33 - Industrias manufactureras	9.25	6.18	0.43	13.08	1.54
311 - Industria alimentaria	3.06	1.01	0.20	8.41	0.88
312 - Industria de las bebidas y del tabaco	0.63	0.29	0.06	0.42	0.12
313-314 - Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles; Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	0.04	0.02	0.00	0.16	0.02
315-316 - Fabricación de prendas de vestir; Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	0.13	0.08	0.11	0.89	0.04
321 - Industria de la madera	0.08	0.02	0.01	0.08	0.05
322-323 - Industria del papel; Impresión e industrias conexas	0.04	0.03	0.00	0.09	0.06
324-326 - Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón; Industria química; Industria del plástico y del hule	4.55	4.54	0.02	0.28	0.02
327 - Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	0.20	0.05	0.01	0.98	0.19
331-332 - Industrias metálicas básicas; Fabricación de productos metálicos	0.31	0.07	0.01	0.51	0.08
333-336 - Fabricación de maquinaria y equipo	0.08	0.02	0.01	0.91	0.03
337 - Fabricación de muebles,	0.09	0.04	0.00	0.18	0.04

	Chiapas	Tabasco	Campeche	Yucatán	Quintana Roo
Participación porcentual	2016	2016	2016	2016	2016
colchones y persianas					
339 - Otras industrias manufactureras	0.04	0.02	0.00	0.18	0.01
Actividades terciarias	69.66	32.43	12.60	69.61	86.48
43 - Comercio al por mayor	9.24	4.44	1.42	11.27	5.88
46 - Comercio al por menor	13.02	5.32	1.72	11.92	11.59
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	4.82	3.05	1.59	4.26	7.01
51 - Información en medios masivos	1.09	0.49	0.24	2.86	1.19
52 - Servicios financieros y de seguros	2.90	1.27	0.57	3.26	3.71
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	14.86	7.38	2.14	12.55	13.37
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.63	1.17	0.70	1.37	1.96
55 - Corporativos	0.00	0.00	0.08	0.03	0.19
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	1.25	0.54	0.37	5.15	6.45
61 - Servicios educativos	8.47	2.53	0.93	4.67	2.88
62 - Servicios de salud y de asistencia social	3.06	1.54	0.41	2.73	1.93
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	0.18	0.07	0.11	0.28	1.40
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	2.14	0.94	0.71	2.36	23.71
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales	2.64	1.23	0.55	2.68	1.74
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	5.36	2.45	1.06	4.24	3.45

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2018. Producto interno bruto por entidad federativa.

Disponible

en

[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/c\\_anuales/pib\\_ef/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/c_anuales/pib_ef/default.aspx)

## ANEXO II. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA

Cuadro II.1 Disponibilidad de agua superficial por región hidrológica-administrativa. XI Frontera Sur.

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA (2016) XI FRONTERA SUR					
N.	Clave	Nombre de cuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de extracción de agua superficial (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
1	3009	Aguacatenco	516.3	169.5	6.6
2	3010	Aguzarca	349.3	0.4	6.0
3	3046	Almendro	868.9	6.6	2,022.7
4	3023	Alto Grijalva	92.8	10,945.2	1,949.1
5	3053	Azul	638.7	4.8	634.9
6	3038	Basca	433.9	1.2	431.2
7	2316	Cacaluta	1,019.9	24.2	997.8
8	2323	Cahuacán	381.5	51.0	331.3
9	3065	Caliente	286.2	0.3	285.3
10	3037	Caxcuchapa	359.5	2.1	358.9
11	3072	Chacamax	1,188.4	6.2	1,180.6
12	3042	Chacté	866.2	10.1	859.2
13	3060	Chajul	14.6	0.0	1,930.0
14	3025	Chapopote	175.5	9.4	36.6
15	3019	Chicoasén	395.4	5.5	37.7
16	3047	Chilapa	2,808.7	22.9	8,296.9
17	3049	Chilapilla	652.4	1.1	651.3
18	3070	Chixoy	732.2	2.5	29,097.4
19	3071	Chocaljah	648.0	1.6	645.9
20	3021	Cintalapa	175.2	15.5	33.7
21	2904	Coacajapa	545.4	4.1	808.4
22	2321	Coatán	452.9	533.7	676.5
23	3056	Comitán	306.3	11.8	298.2
24	2324	Cozoloapan	183.8	28.6	155.4
25	3080	Cumpan	1,693.2	1.3	1,692.3
26	3035	Cunduacán	272.3	2.4	271.2
27	3050	De La Sierra	1,446.5	20.2	1,432.4
28	3024	De La Venta	316.8	5.8	199.0
29	3043	De los Plátanos	297.7	7.8	294.2
30	2318	Despoblado	1,573.6	23.8	1,550.8
31	3033	El Carrizal	1,042.4	4.1	8,701.0

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA (2016) XI FRONTERA SUR					
N.	Clave	Nombre de cuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de extracción de agua superficial (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
32	2310	El Porvenir	332.5	1.8	330.8
33	3020	Encajonado	303.9	0.6	62.6
34	3064	Euseba	402.7	0.2	401.5
35	3012	Grande o Salinas	551.0	6.0	9.5
36	3074	Grijalva	1,874.1	61.6	45,648.5
37	3014	Hondo	121.0	6.3	4.8
38	2320	Huehuetán	1,640.5	116.2	1,537.4
39	2319	Huixtla	1,054.3	15.8	1,042.3
40	3059	Ixcán	14.8	0.0	3,976.3
41	3058	Jatate	954.5	1.9	3,196.5
42	2309	Jesús	289.3	0.1	289.2
43	3008	La Concordia	168.0	87.9	7.0
44	2305	La Punta	91.4	1.8	89.8
45	3061	Lacanjá	1,290.7	1.1	1,286.7
46	3068	Lacantún	2,026.9	4.5	16,245.1
47	3001	Lagartero	157.2	4.3	2.5
48	2308	Laguna de La Joya	354.4	0.2	354.3
49	3078	Laguna de Términos	1,675.8	.0	1,675.8
50	2908	Laguna del Carmen	888.5	19.9	885.9
51	3077	Laguna del Este	604.1	57.9	21,140.6
52	3081	Laguna del Pom y Atasta	1,232.8	0.2	1,232.7
53	2317	Laguna del Viejo y Temblader	716.3	10.7	707.4
54	2909	Laguna Machona	540.0	2.9	539.4
55	2301	Laguna Mar Muerto A	195.5	17.6	177.9
56	2303	Laguna Mar Muerto B	147.5	0.2	147.3
57	2306	Laguna Mar Muerto C	217.2	0.4	216.9
58	3063	Laguna Miramar	326.9	0.3	325.9
59	2304	Las Arenas	152.8	0.1	152.6
60	3045	Macuxpana	1,262.0	5.4	1,806.1
61	3079	Mamatel	670.5	4.5	667.4
62	2313	Margaritas y Coapa	903.1	83.4	902.3

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA (2016) XI FRONTERA SUR					
N.	Clave	Nombre de cuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de extracción de agua superficial (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
63	3057	Margaritas	283.1	9.2	276.3
64	3032	Mezcalapa	804.7	43.6	15,318.0
65	2314	Novillero Alto	854.7	9.4	845.3
66	3075	Palizada	957.7	0.4	20,531.9
67	3004	Papizaca	84.1	4.1	1.4
68	3030	Paredón	556.1	0.7	553.1
69	3055	Perlas	499.1	0.3	497.3
70	3051	Pichucalco	1,740.3	4.2	1,736.0
71	2312	Pijijiapan	447.0	0.5	446.5
72	3031	Platanar	800.6	0.4	796.8
73	2903	Poza Crispín	892.8	0.3	892.2
74	3018	Presa Chicoasén	589.7	11,976.3	853.6
75	3013	Presa La Angostura	1,205.9	9,323.3	301.6
76	3005	Presa La Concordia	312.9	1.8	4.4
77	3026	Presa Nezahualcóyotl	1,169.5	13,381.0	5,204.0
78	3029	Presa Peñitas	710.5	15,454.1	13,144.8
79	2322	Puerto Madero	291.7	18.1	275.0
80	3041	Puxcatán	553.7	3.0	549.0
81	3036	Samaría	472.7	12.9	8,411.4
82	2311	San Diego	160.8	0.0	160.8
83	3007	San Miguel	304.0	14.6	56.3
84	3076	San Pedro y San Pablo	1,122.7	0.0	20,753.6
85	3011	San Pedro	367.4	13.4	6.1
86	3062	San Pedro	1,185.1	0.0	1,181.6
87	3069	San Pedro	1,174.3	4.4	3,130.5
88	2307	Sanatenco	152.8	7.9	144.9
89	2907	Santa Anita	456.4	7.2	451.7
90	3017	Santo Domingo	491.9	22.8	19.4
91	3067	Santo Domingo	413.3	1.9	411.3
92	3066	Seco	520.0	1.5	518.1
93	3006	Selegua	255.2	89.7	29.4
94	2315	Sesecapa	522.6	1.0	522.2
95	3040	Shumulá	742.8	6.7	737.0

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA (2016) XI FRONTERA SUR					
N.	Clave	Nombre de cuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de extracción de agua superficial (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
96	3022	Soyatenco	183.2	4.9	37.0
97	3016	Suchiapa	389.9	21.5	15.3
98	2325	Suchiate	287.3	247.9	1,336.2
99	3034	Tabasquillo	295.9	0.2	8,996.6
100	3048	Tacotalpa	514.5	1.5	2,537.3
101	2902	Tancochapa Alto	938.7	0.8	937.9
102	2905	Tancochapa Bajo	315.7	0.1	2,145.7
103	2302	Tapanatepec	127.4	10.3	117.1
104	2906	Tonalá	1,145.4	2.3	4,099.8
105	3044	Tulijá	2,240.2	5.2	3,683.7
106	3015	Tuxtla Gutiérrez	66.7	5.2	2.6
107	3054	Tzacaneja	1,118.5	6.9	1,112.0
108	3027	Tzimbac	451.1	20.1	206.4
<b>109</b>	<b>3073</b>	Usumacinta	<b>5,295.9</b>	<b>75.4</b>	<b>58,812.0</b>
110	3052	Viejo Mezcalapa	477.9	2.1	475.9
111	3039	Yashijá	286.4	1.2	284.5
112	3002	Yayahuita	458.7	3.9	7.8
113	3003	Zacualpa	227.2	4.8	3.8
114	2901	Zanapa	267.4	2.4	264.2
115	3028	Zayula	731.7	399.2	334.8
<b>Total</b>			<b>78,811.0</b>	<b>63,668.7</b>	<b>355,108.3</b>

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales SEMARNAT, 2018a

Cuadro II.2. Disponibilidad de agua superficial por región hidrológica-administrativa. RHA XII Península de Yucatán.

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL POR REGIÓN HIDROLÓGICA-ADMINISTRATIVA (2016) XII PENÍNSULA DE YUCATÁN					
N°	Clave	Nombre de cuenca	Volumen medio anual de escurrimiento natural (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual de extracción de agua superficial (hm <sup>3</sup> )	Disponibilidad media anual (hm <sup>3</sup> )
1	3302	Agua Dulce	92.3	.0	92.3
2	3082	Alto Río Candelaria	1,395.1	1.8	1,632.8
3	3303	Arroyo Azul	286.7	0.0	286.6
4	3104	Arroyo Siho	5.9	0.0	5.9
5	3083	Bajo Río Candelaria	216.4	23.8	1,846.4
6	3105	Calakmul	3.5	0.0	3.5
7	3103	Campeche	.0	0.0	.0
8	3305	Chinchancanab	34.1	0.1	34.0
9	3306	Chunyaxche	15.6	0.0	15.6
10	3107	La Malinche	10.3	0.0	10.3
11	3304	Laguna Bacalar	74.1	0.4	73.7
12	3101	Río Champotón 1	612.7	2.1	610.2
13	3102	Río Champotón 2	123.5	0.5	733.6
14	3301	Río Escondido	575.0	0.5	574.6
15	3202	Río Verde	21.3	0.0	21.3
16	3106	Vicente Guerrero	.0	0.0	.0
17	3201	Yucatán	.3	0.0	.3
<b>Total</b>			<b>3,466.7</b>	<b>29.2</b>	<b>5,941.1</b>

Fuente: Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales SEMARNAT, 2018a

# ANEXO III. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO.

La Economía Ambiental es la rama del análisis económico que aplica los instrumentos de la economía al área del medio ambiente y los recursos naturales (Kolstad, 2000). La economía proporciona un poderoso marco analítico para examinar las relaciones entre el medio ambiente, por un lado, y los sistemas económicos y políticos, por el otro. El estudio de la economía puede ayudar a identificar las circunstancias que dan lugar a problemas ambientales, al descubrir las causas de estos problemas y al buscar soluciones. La economía ambiental desarrolla modelos utilizados para caracterizar la asignación "óptima" de recursos a lo largo del tiempo. Estos modelos nos permiten mostrar no solo cómo la asignación óptima depende de factores como el costo de extracción, los costos ambientales y la disponibilidad de sustitutos, sino también cómo las asignaciones producidas por las instituciones políticas y económicas se comparan con este estándar de optimalidad (Tietenberg, 2012)

La economía ambiental también puede proporcionar información necesaria para la toma de decisiones de Política Ambiental y ofrece información relevante para el diseño del uso eficiente de los recursos naturales y servicios ambientales mediante : (Kolstad, 2000):

- La identificación las causas económicas de un problema ambiental: trata de determinar, por ejemplo, en qué medida la sobreexplotación de los mantos acuíferos puede atribuirse a su sistema de tarifario
- El diseño de metodologías de evaluación de recursos naturales y/o servicios ambientales.
- El análisis económicamente de las medidas que podrían tomarse para revertir el proceso de degradación ambiental, y cuáles son sus implicaciones sobre otras variables económicas
- Incorporar la depreciación de los activos ambientales, así como descontar los gastos de mitigación (por ejemplo, aquellos gastos necesarios para limpiar un derrame de petróleo) a las cuentas nacionales (no incluidas en los cálculos convencionales del Producto Interno Bruto (PIB))

## Metodologías de valuación

Existen dos enfoques generalmente aceptados para estimar los valores en dólares de los servicios de los ecosistemas. Cada enfoque incluye varios métodos son:

### 1. Preferencias Reveladas

Los valores de algunos bienes o servicios del ecosistema pueden medirse utilizando los precios del mercado. Algunos bienes ambientales, como el pescado o la madera, se comercializan en los mercados. Por lo tanto, sus valores se pueden estimar estimando el excedente del consumidor y del productor, como con cualquier otro bien de mercado. Otros servicios ambientales, como el agua limpia, se utilizan como insumos en la producción, y su valor puede medirse por su contribución a los beneficios obtenidos del bien final. Algunos ecosistemas o servicios ambientales, como puntos de vista estéticos o muchas experiencias recreativas, pueden no ser comprados y vendidos directamente en los mercados. Sin embargo, los precios que la gente está dispuesta a pagar en los mercados por bienes relacionados se pueden usar para estimar sus valores. Por ejemplo, a menudo las personas pagan un precio más alto por una casa con vista al océano, o se toman el tiempo para viajar a un lugar especial para pescar u observar aves. Este tipo de gastos se puede utilizar para colocar un límite inferior en el valor de la vista o la experiencia recreativa.

Asimismo, valor de algunos servicios ambientales puede medirse estimando lo que las personas están dispuestas a pagar, o el costo de las acciones que están dispuestos a tomar, para evitar los efectos adversos que se producirían si se perdieran estos servicios o para reemplazar los servicios perdidos. Por ejemplo, los humedales a menudo brindan protección contra inundaciones. La cantidad que las personas pagan para evitar daños por inundaciones en áreas similares a las protegidas por los humedales se puede utilizar para estimar la disposición a pagar por los servicios de protección contra inundaciones del humedal.

Este enfoque incluye los siguientes métodos:

- Método de precios de mercado
- Método de función de producción.<sup>26</sup>
- Método de fijación de precios hedónicos
- Método de costo de viaje
- Método de gastos defensivos
- Método costo de reemplazo
- Métodos de costo sustitutos

## 2. Preferencias establecidas.

Muchos servicios ambientales no se comercializan en los mercados y no están estrechamente relacionados con los productos comercializados. Por lo tanto, las personas no pueden "revelar" lo que están dispuestos a pagar por ellos a través de sus compras o acciones en el mercado. En estos casos, se pueden utilizar encuestas para que los agentes "establezcan" su valoración respondiendo preguntas sobre su disponibilidad a pagar en el contexto de un escenario hipotético, por ello el adjetivo "contingente" que plantea una mejora ambiental. Alternativamente, se puede pedir a las personas que

---

<sup>26</sup> Un ejemplo de esta metodología es "Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, Mexico" Moushumi Chaudhury, 2009

realicen intercambios entre diferentes alternativas, a partir de las cuales se puede estimar su disposición a pagar.

Este enfoque incluye los siguientes métodos:

- Método de valoración contingente<sup>27</sup>
- Método de elección discreta

Adicionalmente, existe el método de transferencia de beneficios, el cual consiste en la utilización de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en un contexto determinado, para estimar los beneficios de un bien parecido o bajo distinto contexto, del cual se desconoce su valor (Desvouges *et al.*, 1992). Este proceso generalmente supone la transferencia directa de las estimaciones de beneficios o la transferencia de una función de beneficios. La aplicación de los resultados previos de otras investigaciones en situaciones similares es una alternativa muy atractiva respecto a hacer una nueva investigación que implica tiempo y dinero, acelerando así la toma de decisiones.

La valoración económica del agua es una tarea compleja pues se trata de un bien fundamental para la vida humana y para el resto de los seres vivos del planeta, por lo que asignarle un valor económico al agua es similar a la tarea de asignarle un valor económico a la vida. Sin embargo, es una tarea necesaria pues contar con un valor económico que refleje en lo mayor posible todos los servicios que ofrece es importante para que se administre de manera eficiente.

El concepto moderno de valor económico fue formulado por primera vez por Dupuit (1844) y Marshall (1879, 1890). Dupuit declaró que el "sacrificio máximo expresado en dinero que cada consumidor debe estar dispuesto a hacer para adquirir un objeto "proporciona" la medida de la utilidad del objeto" Marshall usó una formulación muy similar; él definió la "medida económica" de una satisfacción como "aquello que una persona estaría dispuesta a pagar por cualquier satisfacción en lugar de renunciar a ella. Estas definiciones resaltan la distinción entre demanda y oferta: la medida de valor es lo que el artículo vale para el individuo, no lo que cuesta. Por lo tanto, un artículo puede ser barato de producir, en el sentido de que su costo total es bajo, pero altamente valioso para el que lo adquiere.

Antes de cualquier discusión adicional de la relación entre valor y precio, es necesario introducir brevemente, la distinción entre una medición marginal, por un lado, y una promedio o total, por el otro. La cantidad marginal mide el cambio en el valor total, o costo total, asociado con un cambio de unidad en la cantidad. En cambio, una medida de valor promedio se obtiene al dividir el valor total entre la cantidad total. Un axioma de la ciencia económica en particular es la propiedad decreciente del valor marginal<sup>28</sup> (utilidad marginal o beneficio marginal) con respecto al aumento de la cantidad.

Dupuit estipuló que si un consumidor puede variar la cantidad que adquiere de un artículo elegirá aquella cantidad que iguale el valor marginal (utilidad) con su precio. En ese caso, el precio de mercado

---

<sup>27</sup> Dos ejemplos de esta metodología son : "Scope sensitivity in households' willingness to pay for maintained and improved water supplies in a developing world urban area: Mexico City" de Soto Montes de Oca & Bateman (2006) y "Groundwater Contamination and Contingent Valuation of Safe Drinking Water in Guadalupe, Zacatecas, Mexico " de Osiel González Dávila , 2013

<sup>28</sup> Por marginal se entiende un cambio pequeño o una unidad adicional

proporciona una medida precisa del valor marginal asociado con la última unidad de consumo. Cabe destacar que el pago total no refleja con precisión el valor total de todas las unidades consumidas. Esto se debe a la propiedad decreciente de utilidad marginal: si el valor marginal de la última unidad es igual al precio de mercado, se deduce que la utilidad marginal asociado con las unidades infra-marginales será mayor que este precio de mercado. En efecto, el consumidor obtiene un beneficio en las unidades infra-marginales porque valen más para que el precio que paga por ellas. Marshall llamó a este beneficio el excedente de los consumidores en 1890.

En resumen, si hay un precio de mercado para el artículo en cuestión y si el consumidor es libre de variar la cantidad que compra, su valor marginal para se refleja en, y puede medirse por el precio de mercado.

Una vez introducido el concepto económico de valor, cabe cuestionar si es apropiado aplicar este concepto al agua. ¿Es el agua un bien económico?, ¿puede ser analizada utilizando el marco conceptual de la economía de la misma manera que cualquier otra mercancía?. La respuesta genera disputas entre los economistas y sus críticos. Uno de los cuatro Principios de Dublín, adoptados en la Conferencia Internacional de 1992 sobre el agua y el medio ambiente en Dublín, sostiene que "el agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocida como un bien económico". Asimismo, Baumann y Boland (1998) afirman que: " el agua no es diferente de cualquier otro bien económico. Ya no es más necesaria que comida, ropa o vivienda, los cuales obedecen las leyes normales de la economía". Sin embargo, Barlow y Clarke (2002) proclaman como una verdad "universal e indivisible que "el agua dulce de la Tierra pertenece a la Tierra y todas sus especies, y por lo tanto no deben ser tratada como un producto privado para ser comprado, vendido e intercambiado con fines de lucro, el suministro global de agua dulce es un legado compartido y un derecho humano". Hanemann (2005) concluye que la respuesta se encuentra en algún lugar entre estas dos posiciones. Por un lado, Baumann & Boland están en lo cierto cuando señalan que la comida, la ropa y vivienda, como el agua, son necesidades de vida, y generalmente se proporcionan a través del mercado. Sin embargo, Hanemann considera que el agua tiene algunas otras características económicas que la hacen diferente al pan o la tierra, o a otra mercancía económica, que a menudo son ignoradas por los economistas. Estas diferencias son relevantes pues afectan a la demanda de agua, su valor y los arreglos sociales e institucionales por los cuales se suministra. Estas diferencias se exponen a continuación:

- i. El agua tiene atributos de bien privado y de bien público
- ii. El agua presenta movilidad y variabilidad
- iii. La provisión de agua presenta una estructura de costos dominada por costos fijos y longevidad de inversiones con costos hundidos
- iv. El precio del agua no sigue una estructura de mercado
- v. Tiene propiedades de bien esencial
- vi. Beneficios múltiples y complejos de evaluar
- vii. El agua tiene atributos de bien privado y de bien público

Las dos propiedades claves de un bien público son la no rivalidad en el consumo y la no capacidad de exclusión. Con los bienes privados (o convencionales), el consumo de una unidad por un agente reduce la disponibilidad de dicho bien para los demás. Con los bienes públicos, por el contrario, el consumo de una unidad por una persona no reduce la cantidad disponible para otros. Además, con los bienes privados es físicamente posible excluir a cualquier persona de consumir el producto si no se paga por él. Con los bienes públicos, por el contrario, si el bien está disponible para el consumo de una persona, está disponible para el consumo de otros. Ejemplos de un bien público son la disminución de la contaminación en un lago (u otras mejoras ambientales) : el que un agente disfrute del agua limpia en el lago no reduce la cantidad de agua limpia disponible para otros (no rivalidad) y, si el agua del lago está limpia para que un agente pueda disfrutarla, está limpia para el disfrute de otros (no excluyente).

En este contexto, el agua es a la vez un bien privado y un bien público. Cuando el agua está siendo usada en un hogar, en una fábrica o en una granja, es un bien privado. Cuando el agua se deja *in situ*, ya sea para la navegación, para que las personas disfruten de la vista o para la recreación, o como hábitat acuático, funciona como un bien público. Además, mientras que el agua en un depósito es un bien privado, la capacidad de almacenamiento del yacimiento se puede considerar un bien público. Por el contrario, la mayoría de otros productos como la comida, la ropa o la vivienda son bienes puramente privados. Este es uno de los aspectos en los que el agua es diferente, en términos económicos, a otros productos básicos.

Existen dos consecuencias importantes de las propiedades de bienes públicos. Primero los bienes públicos deben ser suministrados colectivamente en vez de hacerlo a través de un mercado descentralizado. En segundo lugar, la valoración de los bienes públicos es fundamentalmente diferente a la de los bienes privados porque un bien público se puede disfrutar simultáneamente por muchos, mientras que un bien privado solo puede ser consumido por una parte a la vez. Por lo tanto, el valor asignado en una unidad dada de un bien privado es la de un usuario único. Por el contrario, el valor que se le da a una unidad de bien público es la suma del valor que asignan todos aquellos que se benefician por su provisión.

## 5. El agua presenta movilidad y variabilidad

Una característica física distintiva del agua es su movilidad. El agua tiende a moverse: Fluye se filtra, se evapora. La consecuencia es que puede haber varios usos secuenciales de la misma molécula de agua ya que el agua raramente es consumida completamente por un usuario dado y lo que queda está físicamente disponible, en principio, para el uso de otros. La movilidad del agua y la oportunidad de uso y reutilización secuencial hacen que el agua sea relativamente distintiva como un producto básico, especialmente en comparación con la tierra, para el cual los usos son rivales. Estas propiedades del agua tienen importantes implicaciones económicas, legales y sociales. Hacer un seguimiento de los flujos de agua es costoso y, a veces difícil. En consecuencia, es difícil o poco práctico establecer derechos de propiedad sobre los flujos. En este sentido, el agua es muy diferente a un activo como la tierra, que es relativamente fácil de dividir y vallar. La solución común es establecer derechos de acceso colectivo; en efecto, esto internaliza la externalidad asociada con su movilidad.

Además de la movilidad del agua, otra característica relevante es la variabilidad de suministro en términos de espacio, tiempo y calidad. Espacialmente, el agua se distribuye de manera muy desigual en gran parte del mundo, y dentro de los países y regiones, hay una distribución espacial desigual.

Debido a esta variabilidad, el mayor reto para la mayoría de los grandes sistemas de agua es el espacio y el ajuste temporal de la oferta con la demanda. El almacenamiento es generalmente la clave para controlar la variabilidad temporal en el suministro, mientras que las transferencias entre cuencas se utilizan para superar el desajuste espacial entre la oferta y la demanda<sup>29</sup>. Esta variabilidad es otra divergencia entre agua y tierra, y permite explicar por qué sus regímenes de derechos de propiedad respectivos son diferentes. Además de la variabilidad en el suministro, la demanda de agua puede ser intermitente, especialmente para usos agrícolas del agua donde los cultivos necesitan ser irrigados solo a intervalos periódicos en vez que cada hora de cada día. Esta es otra diferencia clave con la tierra: mientras que la demanda del agua es intermitente, la demanda de tierras para cultivar o ubicar un edificio es continua, y no puede haber tal intercambio del mismo recurso entre múltiples usuarios. La naturaleza intermitente de la demanda de agua también incentiva el establecimiento de derechos de acceso colectivo.

## **6. La provisión de agua presenta una estructura de costos dominada por costos fijos y longevidad de inversiones lo que genera una condición de monopolio natural**

En comparación con otros productos básicos y otros servicios públicos, el costo del agua tiene varias características distintivas que complican su suministro.

El agua es voluminosa y costosa de transportar en relación con su valor por unidad de peso. Por lo tanto, la infraestructura de transporte de agua es mucho menos extensa que la de otros líquidos con mayor valor en el mercado como el petróleo. Además, en comparación con la electricidad, el agua es relativamente cara para transportar, pero relativamente barata para almacenar. Por lo tanto, la estrategia para hacer frente a la escasez es muy diferente para el agua que la electricidad. Si hay un déficit repentino en el suministro de electricidad, esta se puede remediar de forma casi instantánea mediante la importación de energía a través de la red desde una fuente que podría estar a 1500 km de distancia o más. Con el agua, no hay una interconexión red de transporte comparable e incluso si hubiera, tomaría más tiempo proveerla. Por lo tanto, para hacer frente a la escasez generada por interrupciones inesperadas es imponer racionamiento o acumular suficiente agua almacenada antes del período de máximo uso.

Otra característica económica distintiva es que el suministro de agua es excepcionalmente intensivo en capital comparado no solo con la industria manufacturera en general, sino también con otros servicios públicos. Además, los bienes de capital utilizados en el suministro de agua no se pueden mover a otra

---

<sup>29</sup> Sería necesario primero tener claro efectos potenciales del trasvase

ubicación y generalmente no son utilizables para cualquier otro propósito; por lo que representan un tipo extremo de capital fijo, no maleable<sup>30</sup>.

Además, el capital físico en la industria del agua es muy longevo. La infraestructura asociada con el almacenamiento y transporte de agua superficial y la red de tuberías en las calles puede tener una vida económica de 50-100 años o más, mucho más larga que la del capital empleado en la mayoría de la industria manufacturera o en otros sectores de servicios públicos.<sup>31</sup>

El cuadro III.1, ilustra la división de costos de agua en 2 grandes categorías: costos directos, que incluyen la infraestructura y las operaciones requeridas para la provisión, y los costos indirectos que incluyen externalidades ambientales y económicas. Juntos reflejan el verdadero costo de oportunidad de la provisión de agua.

Cuadro III.1. Principales categorías de costos del agua

COSTOS INDIRECTOS	EXTERNALIDADES AMBIENTALES		COSTO TOTAL ECONÓMICO	COSTO TOTAL	=	VALOR SUSTENTABLE
	EXTERNALIDADES ECONÓMICAS					
	COSTOS DE OPORTUNIDAD					
COSTOS DIRECTOS	COSTO DE CAPITAL	COSTO TOTAL OFERTA				
	O&M*					

\*Operación y mantenimiento.

Fuente: Reproducción parcial con base en Rogers *et al.*, 1998.

El cuadro anterior muestra las distintas clases de costos asociados con la provisión de agua: el costo total de oferta comprende aquellos costos directamente asociados al funcionamiento del sistema de operación y está constituido por los siguientes conceptos:

- Operación y mantenimiento (O&M): el costo en administración, la electricidad, la reparación, la mano de obra y el costo del líquido, entre otros.

<sup>30</sup> Ese capital es también muy caro de reparar y mantener. Muchos de sus activos no tienen un uso alternativo, de modo que constituyen grandes costos hundidos. Las redes de transmisión, distribución y recolección comprenden una proporción significativa de los costos totales y es ineficiente duplicarlas

<sup>31</sup> Esta estructura de costos hace que la provisión de agua potable no pueda ser provista de manera eficiente por más de un proveedor, es decir genera un monopolio natural, el cual se desarrolla teóricamente más adelante.

- Costos de capital: se conforma por la depreciación de capital y las nuevas inversiones requeridas para el funcionamiento del sistema.

El costo total económico está conformado por el costo de oferta más:

- Costo de oportunidad: se debe a la naturaleza del agua en el sector urbano. Al ser este un bien de consumo privado, se ocasiona un estado de rivalidad y exclusión en el consumo, provocando altos costos de oportunidad cuando existe escasez de agua.
- Externalidades económicas negativas: son aquellas que están relacionadas principalmente a la redirección de los flujos de agua, y los efectos subsecuentes a estos. Los casos más comunes son: sobre explotación del manto acuífero, contaminación de las fuentes de agua disponibles, degradación de la calidad del líquido y exclusión en el consumo intra e inter sectorial, entre otros. Un ejemplo que podemos utilizar son los efectos de los hundimientos masivos en la infraestructura urbana por la extracción de aguas subterráneas.<sup>32</sup>

Así, el costo total es la suma de los costos totales más el costo económico, tomando en cuenta las externalidades ambientales respectivas. A este lo caracteriza el costo económico sumado con:

- Externalidades ambientales: se definen a estas específicamente con temas que involucran salud ambiental y salud pública, ya que influyen altamente en la producción, consumo, calidad, y sustentabilidad del recurso a largo plazo (Rogers, Bhatia y Huber, 1997). Un ejemplo sería la contaminación de los acuíferos por medio de la explotación excesiva que degrada la calidad y cantidad de líquido extraído afectando también al ecosistema local. En casos extremos el acuífero puede ser abandonado como fuente de suministro.<sup>7</sup>

Contrario a lo que indica la teoría, los mercados de agua en el mundo se han establecido sin tomar en cuenta el costo de oportunidad y las externalidades por ser conceptos abstractos que están fuera de los costos monetarios de los organismos operadores de agua y la dificultad de estimar una expresión monetaria de su monto

Esta estructura de costos genera importantes economías de escala en muchos componentes del suministro de agua y saneamiento, especialmente para aguas superficiales: También hay importantes economías de escala en el tratamiento y transporte de agua potable y aguas residuales

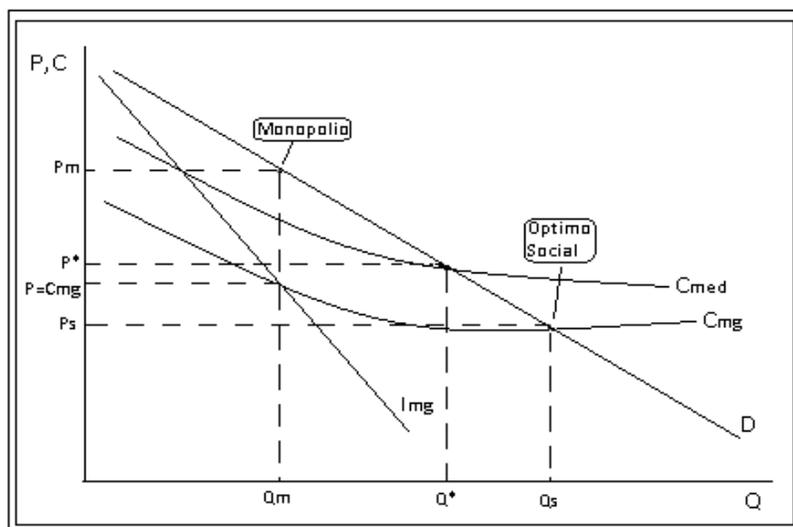
La intensidad de capital, la longevidad y las economías de escala significan que el suministro de agua y el saneamiento implican que en la estructura de costos de un proveedor los costos fijos son considerablemente elevados y el costo marginal a corto plazo del suministro de agua y saneamiento puede ser casi cero o relativamente bajo. Estas son las precondiciones clásicas para un monopolio

---

<sup>32</sup> El acceso a agua potable también genera externalidades positivas principalmente relacionadas con reducciones de enfermedades en la población, lo cual incrementa la productividad de la población y reduce la presión y costos de los sistemas nacionales de salud

natural (Figura III.1), lo que fomenta que la provisión de agua sea operada por un organismo público debido a que cobrar el precio eficiente (igual al costo marginal) no permite recuperar los costos medios.

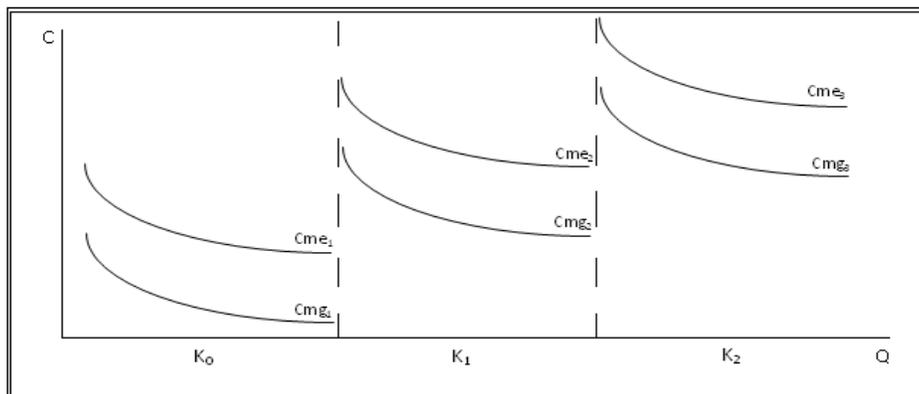
Figura III.1 Monopolio natural



Fuente: Elaboración propia.

Cuando se da la necesidad de importar agua de otros sitios (ya que el abasto interno no es suficiente para la demanda) generando que el costo por metro cúbico de agua promedio aumente considerablemente. Esto se debe a la inversión en nueva infraestructura necesaria para cubrir el déficit de agua, provocando un cambio en la curva de costos del organismo operador (como se muestra en la figura III.2)

Figura III.2. Economías de escala a distintos niveles de inversión en infraestructura de agua



Fuente: Elaboración propia.

Entonces, en la provisión del agua existen economías de escala a cierto rango de producción, es decir conforme se incrementa la provisión, el costo medio disminuye y dentro de este rango, la infraestructura es capaz de proveer el líquido al menor costo posible. Sin embargo, a medida que aumenta la demanda de agua, aumentan las presiones en la infraestructura actual (K0), lo que genera que se tenga que invertir en nueva infraestructura (K1) para traer agua de otras fuentes. Sin embargo, esto provoca que la toda curva de costos medios marginales (y a su vez los medios) se desplace hacia arriba y que el costo promedio por metro cúbico aumente también.

Generalmente, una industria bajo monopolio natural no puede producir eficientemente (al nivel de competencia perfecta donde el precio es igual al costo marginal de la última unidad intercambiada) sin perder dinero, ya que los costos medios son mayores a los marginales, por lo que encuentran regulados o gestionados por el Estado, el cual absorbe las pérdidas para poder otorgar el servicio al consumidor. Adicionalmente, el Estado es el único agente capaz de cubrir los costos de capital necesarios para la continua operación del servicio, ya sea directamente o mediante la participación de asociaciones público privadas.

## 7. El precio del agua

Es importante recalcar que los precios que la mayoría de los usuarios pagan por el agua reflejan, en el mejor de los casos, su costo de suministro físico y no su escasez. Los usuarios pagan por los costos del capital y el funcionamiento de la infraestructura de suministro de agua pero no por el agua per se. El agua es propiedad del estado y se otorga el derecho de usarla. Las agencias operadoras de agua a menudo están restringidas políticamente a un régimen de bajos precios del agua enfocado estrictamente en la recuperación del costo histórico de infraestructura.

Normalmente, objetivo de la política tarifaria el agua ha sido la distribución, asegurando el acceso al agua a los diferentes usuarios a precios accesibles, dejando de lado los objetivos de sustentabilidad ambiental, financiera y de eficiencia económica (OECD, 2010) Sin embargo, el precio que se cobra por el agua a los usuarios finales es un instrumento primordial para dos objetivos. El primero es enviar señales al usuario para fomentar el uso racional del agua y disminuir las presiones sobre los mantos acuíferos. Cuando los precios son muy bajos se desincentiva el ahorro del agua y con ellos muchas mejoras técnicas en la producción que permiten ahorrar agua dejan de ser costo-eficientes<sup>33</sup>. El segundo, es generar los recursos necesarios para recuperar la totalidad de los costos asociados al manejo, oferta y uso del agua.

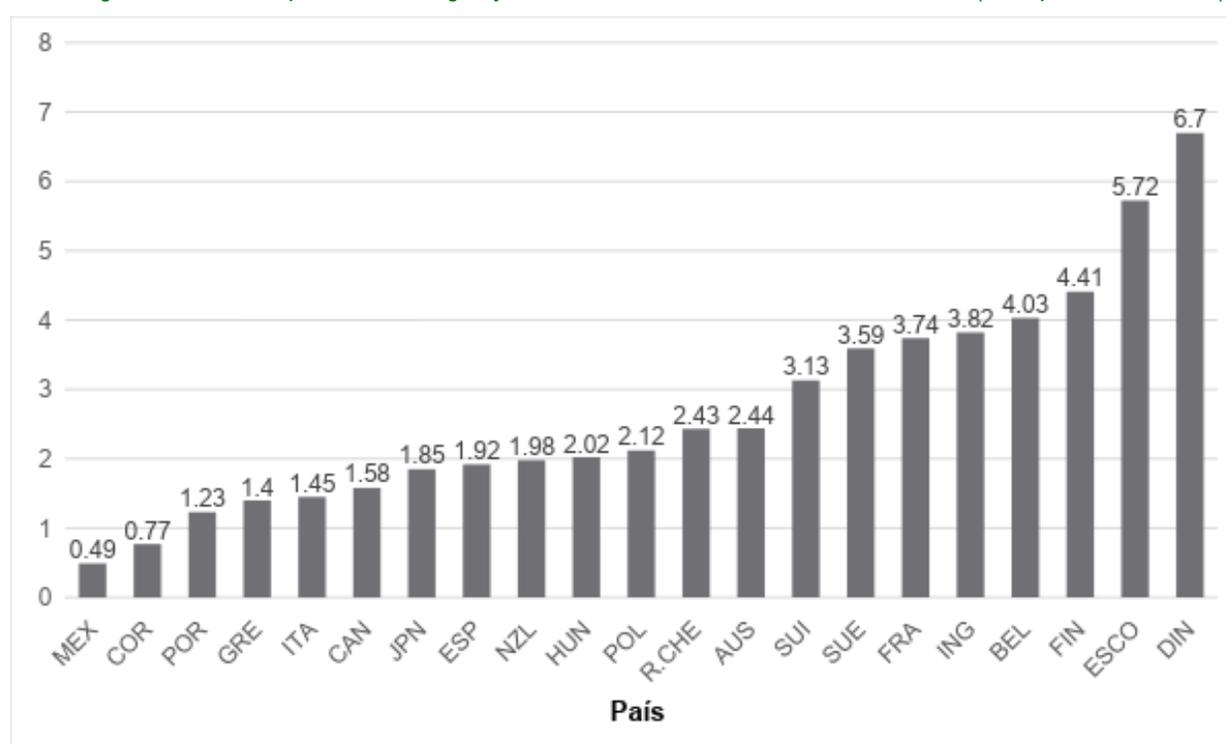
Por estas razones, en los últimos años ha habido una tendencia en los países del mundo de cobrar tarifas más altas por el agua e implementar los costos marginales totales y no sólo los financieros. De acuerdo con un estudio que la OCDE realizó en 2010, la mayoría de los países miembros habían estado

---

<sup>33</sup> No se cuenta con información sobre el monto exacto del subsidio para las tarifas de agua en las regiones del estudio debido a que las tarifas de agua potable son fijadas de diferente manera en cada municipio, dependiendo de la legislación de cada Entidad Federativa. En algunas Entidades las tarifas son aprobadas por el Congreso Local de la Entidad, mientras que en otras son aprobadas por el Órgano de Gobierno o Congreso Directivo del organismo operador o por la Comisión Estatal de Aguas y algunas otras veces por los cabildos. Sin embargo, de acuerdo a estimaciones tanto de la OCDE (2010) cómo de la Comisión Nacional del Agua, estos pueden oscilar entre el 20 y 80% del costo real de provisión

incrementado las tarifas de agua por encima de la tasa de inflación durante los últimos años. Para algunos países como Bélgica, el incremento anual de las tarifas descontando inflación había sido tan alto como de 5.37%. México no fue la excepción en este caso, pues en el estudio se reporta un incremento de 3.47% descontando inflación de 2006 a 2007. Sin embargo, en ese estudio también se sitúa a México como el país de la OCDE con tarifas más bajas por agua. En la figura II. 3 se puede ver el precio promedio que se calculó para cada país que una familia pagaría por metro cúbico de agua consumiendo 15 metros cúbicos al mes. El precio que se reportó para México fue de 0.49 USD por metro cúbico, siendo con Corea los únicos dos países para los cuales se reportó menos de 1 USD

Figura III. 3. Precio promedio del agua y saneamiento al usuario doméstico en 2008 (USD por metro cúbico)



Fuente: OECD, 2010

## 8. La propiedad esencial del agua

El agua es esencial para toda la vida: humana, animal o vegetal. En economía, hay un concepto, también llamado esencialidad, que formaliza esta noción. El concepto se puede aplicar a algo que es un insumo para la producción o algo que las personas consumen. Un insumo esencial es aquel sin el cual no se puede producir. Un bien de consumo final esencial tiene la propiedad de que su carencia completa no puede ser compensada por ninguna cantidad de cualquier otro bien final. Para Hanemann (2005), es claro que el agua se ajusta a la definición de un bien final esencial, de acuerdo a la Organización Mundial

de la Salud (OMS) la vida humana no es posible sin acceso a 5 o 10 litros<sup>34</sup>. de agua por persona. El agua también se ajusta a la definición de insumo esencial en la agricultura y en varias industrias manufactureras (por ejemplo, alimentos y bebidas, refinación de petróleo, madera y productos de madera, papel, químicos y equipo electrónico) que no puede funcionar sin agua como insumo. Sin embargo, Hanemann afirma que “la propiedad esencial no aporta información sobre la productividad o el valor del agua a un nivel marginal”. Esto pues en los países desarrollados, el hecho de que el agua sea esencial para la vida humana es casi irrelevante a la hora de evaluar el valor del suministro de agua residencial porque los niveles a los que se usa el agua no están en ninguna parte cerca del nivel de umbral en el que se aplica lo esencial. En segundo lugar, existe la posibilidad de que algunos de los países en desarrollo también pueden avanzar a lo largo de una trayectoria ascendente de consumo de agua residencial a medida que aumentan sus ingresos.

Hanemann concluye que, si bien es apropiado pensar en términos de los requerimientos mínimos de agua, es también es apropiado reconocer que las personas también tienen demandas de agua como un producto básico que genera placer al utilizarlo de distintas maneras no solo para cubrir las necesidades esenciales. Es decir, el análisis apropiado no es cuánto valora un hogar tener acceso al agua versus el no tener acceso al agua sino, más bien, en cuánto se valora el suministro público de agua por tubería en relación con las existentes alternativas. De hecho, debido a que el agua es una necesidad, es de esperarse que la mayoría de los hogares cuenten con algún acceso al suministro de agua. La pregunta es, entonces, cuánto valoran un suministro mejorado ya sea en cantidad o calidad.

Es entonces posible concluir que a pesar de que el agua es un recurso vital para las personas, su valoración no es constante<sup>35</sup>. Los primeros 20 litros de agua tienen una utilidad total mucho mayor que los subsecuentes, ya que estos son utilizados principalmente para consumo personal e higiene básica (OMS, 2003)<sup>36</sup>. De Oca (2007) destaca que existe una diferente valoración a lo largo de toda la curva de demanda de agua del individuo, como se muestra en la figura II.4

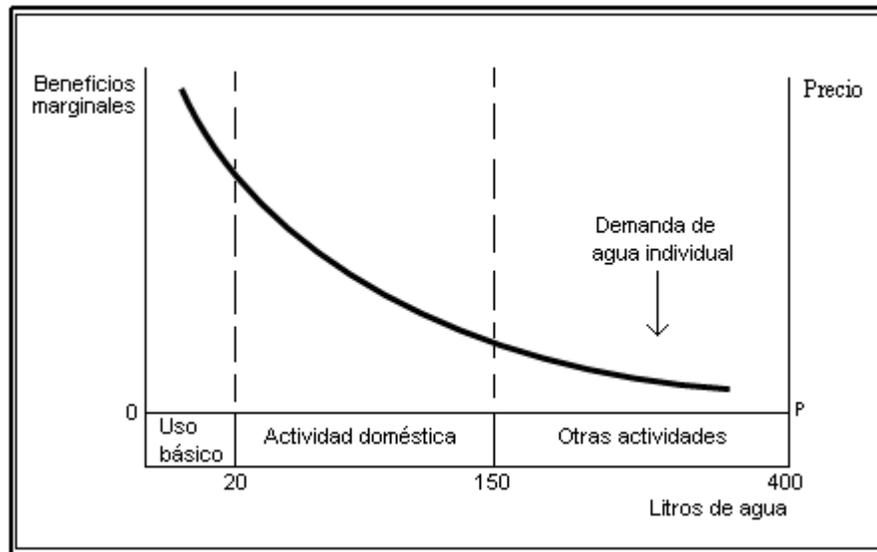
---

<sup>34</sup> Howard, G., & Bartram, J. (2003). La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud. *WHO Document Production Services*.

<sup>35</sup> Esto lo demuestra la paradoja del valor que expresa: que aunque el agua es más útil que los diamantes, estos tienen un precio más alto en el mercado, debido a que la percepción sobre el precio refleja el valor en términos de la cantidad (disponible) y no necesariamente su valor real.

<sup>36</sup> Dentro del uso de las actividades domésticas se encuentran la higiene personal y la alimentación.

Figura III.4. valoración individual del de agua



Fuente: Reproducción parcial de Oca, (2007).

## 9. Los beneficios del agua

Existen numerosas formas en que un incremento en el acceso al agua puede producir beneficios, ya sea para quienes usan el agua directamente o para otros, los ejemplos incluyen: el uso de agua para la producción agrícola o industrial, su uso para energía hidroeléctrica o para navegación, uso residencial, control de inundaciones, recreación a base de agua o hábitat acuático. Una herramienta clave utilizada por los economistas al estimar estos beneficios es el concepto de una función de producción. Es decir, la relación causal-empírica entre los niveles de insumos requeridos para cierto un nivel de producción. Sin embargo, si bien la noción de una función de producción es indudablemente útil como herramienta conceptual, su aplicación empírica es compleja y por lo general funciona mejor a un nivel de escala pequeño (es decir, a nivel de fábrica) en lugar de a nivel de toda una economía regional. La noción de que el suministro de agua contribuye al crecimiento económico y al desarrollo parece intuitivamente obvia. La mayoría de las principales ciudades del mundo deben su origen a su ubicación a lo largo de las costas o ríos donde se facilitó el transporte por vía acuática. Asignar al agua utilizada todos los beneficios productivos, por ejemplo, expresados en niveles o valor de producción agrícola de una región no es apropiado pues se estaría asumiendo que el agua es el único insumo requerido. La medición relevante es que tanto un incremento en la disponibilidad de agua generaría un incremento en la actividad económica.

Adicionalmente, como se destacó anteriormente, el agua presenta conceptos difíciles de expresar en términos monetarios tales como los costos de oportunidad y las externalidades que generan su suministro, así como beneficios de uso no directo. Para ello, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*

(TEEB, 2009) propone utilizar el de Valor Económico Total (VET)<sup>37</sup>. El valor económico total de un ecosistema se construye como la suma de tres valores: El valor de uso, el valor de opción y el valor de no uso. El valor de uso se deriva, como su nombre lo indica, del uso que los seres humanos hacen de un ecosistema. Este valor incluye usos directos como la obtención de alimentos y materiales, el uso de recursos naturales como insumos en la producción y el disfrute de una actividad recreativa en la naturaleza, así como usos indirectos como la protección contra las inundaciones que ofrecen los manglares o la remoción de contaminantes en la recarga de los acuíferos. El valor de opción es aquel que una persona le atribuye a un ecosistema por tener la posibilidad de hacer uso de él en el futuro. Valorar la biodiversidad por el posible uso futuro para encontrar cura de enfermedades y valorar un atractivo natural turístico por la posibilidad de disfrutarlo más adelante son opciones de este tipo de valor. Finalmente, el valor de no uso se refiere al valor que una persona le da a la naturaleza por el simple hecho de existir o por la posibilidad de que otras personas lo disfruten. A este valor están ligados conceptos éticos y altruistas de las personas. Valorar una especie de fauna sólo por su existencia, o por la posibilidad de que otra persona de esta generación o de una generación futura lo disfrute es un ejemplo del valor de no uso. (K. Turner, Georgiou, Clark, & Brouwer, 2004) (Tietenberg & Lewis, 2012).

Específicamente para el valor del agua, Rogers, Bhatia y Huber (1998) consideran que su valor está dividido en valor económico y valor intrínseco. Para ellos el valor económico del agua se refiere al valor para los usuarios de agua, como el valor por el consumo de agua potable y el valor que tiene en los procesos de producción agrícolas e industriales, y el valor intrínseco se refiere al valor que tiene el agua por su existencia y legado. Por su parte, Turner y Postle (1994) definieron cuatro categorías del valor de uso del agua: el valor de abstracción para consumo doméstico, irrigación y procesos industriales, el valor en las pesquerías por la producción de pescado y la pesca deportiva, el valor de recreación en cuerpos de agua como canotaje y navegación, y el valor de la conservación de la biodiversidad y el paisaje. Más recientemente Young (1996) también definió categorías para los valores económicos del agua: Beneficios de *commodity* por su uso doméstico y en procesos productivos, valores recreacionales y estéticos principalmente por las actividades recreativas relacionadas con ella, valor por la asimilación de residuos, por la función del agua de llevarse residuos humanos, valores de no uso por su simple existencia, y anti-beneficios, relacionados con las inundaciones.

---

<sup>37</sup> Es importante aclarar que en esta metodología el adjetivo *Total* se refiere a incluir todos los posibles componentes de valor de un bien o servicio ambiental. Tanto el TEEB como Hanemann (2005), hacen énfasis que al momento de asignar una expresión monetaria a esos componentes se debe de estimar un cambio marginal en la cantidad de los mismos, es decir el valor que la sociedad le asigna a una unidad adicional, y no el valor de un cambio total, es decir pasar de una situación en la que desaparece dicho bien o servicio.

## ANEXO IV. ATRIBUCIONES DE LOS ÓRDENES DE GOBIERNO ESTABLECIDAS EN LA LAN Y LA LGCC

A continuación, se presenta un cuadro que identifica de manera sintética como se articulan los distintos niveles y órdenes de gobierno tanto en el marco de la Ley de Aguas Nacionales como en el marco de la Ley General de Cambio Climático. Cabe mencionar que el análisis pone el foco en las dimensiones territoriales del análisis, es decir, aquellas atribuciones que inciden con la toma de decisiones desde una perspectiva territorial.

**Cuadro IV.1. Atribuciones clave para la gestión integral adaptativa del recurso hídrico incluidas la Ley de Aguas Nacionales y la Ley General de Cambio Climático**

Nivel de acción (perspectiva territorial)	Elementos clave de las atribuciones expresadas en la LAN (DOF 1992)	Elementos clave de las atribuciones expresadas en la LGCC (DOF 2012)
<b>Federación</b>	<p>En su artículo 4 establece que “La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de “la Comisión””.</p> <p>En su artículo 6 establecen las competencias del ejecutivo federal entre las que destacan:</p> <p>Reglamentar por cuenca hidrológica y acuífero, el control de la extracción, así como la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales del subsuelo, inclusive las que hayan sido libremente alumbradas, y las superficiales.</p> <p>Expedir los decretos para el establecimiento, modificación o supresión de zonas reglamentadas que requieren un manejo específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica o cuando se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales en áreas determinadas en acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas.</p> <p>Expedir decretos de vedas y reservas de aguas nacionales o de subsuelo así como declaratorias de rescate, en materia de concesiones para la explotación, uso o aprovechamiento de Aguas Nacionales.</p> <p>Expedir por causas de utilidad pública los decretos de expropiación, de ocupación temporal, total o parcial de los bienes, o su limitación de derechos de dominio (salvo en caso de bienes ejidales o comunales)</p>	<p>Artículo 7</p> <p>Formular y conducir la política nacional de cambio climático.</p> <p>Esto incluye entre otros aspectos: elaborar, coordinar, aplicar y evaluar los instrumentos previstos por la LGCC, entre los cuales destaca:</p> <p>La Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Programa Especial de Cambio Climático.</p> <p>El atlas nacional de riesgos y los criterios para los atlas de riesgos estatales.</p> <p>Acciones de mitigación y adaptación.</p> <p>Creación y regulación del Fondo para el Cambio Climático.</p> <p>También incluye fomento a la investigación científica y tecnológica así como desarrollo y transferencias de tecnologías; promoción de educación y difusión en materia de cambio climático, así como la realización de campañas de sensibilización.</p>
<b>Entidades Federativas y el Distrito Federal</b>	<p>Artículo 12 BIS 2</p> <p>Contar con un representante para participar con voz y voto en el Consejo Consultivo de los organismos de cuenca.</p> <p>Artículo 13 BIS 3.</p> <p>Coordinarse y complementarse con el organismo de cuenca y los municipios en las inversiones en materia hídrica que en el ámbito territorial de las subcuencas y acuíferos, y apoyar las gestiones necesarias para lograr la concurrencia de los recursos para la ejecución de las acciones previstas en la programación hídrica.</p> <p>Artículo 14 BIS. Promover y facilitar la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política nacional hídrica (en coordinación con los otros niveles)</p>	<p>Artículos 8 y 12</p> <p>Entre sus principales atribuciones están las de formular, conducir y evaluar la política estatal de cambio climático en concordancia con la política nacional, así como las acciones de mitigación y adaptación de acuerdo con la Estrategia Nacional y con el Programa Especial de Cambio Climático.</p> <p>Elaborar el Programa Estatal y elaborar, publicar y actualizar el atlas estatal de riesgo.</p> <p>Administrar y gestionar fondos estatales en la materia.</p>

Nivel de acción (perspectiva territorial)	Elementos clave de las atribuciones expresadas en la LAN (DOF 1992)	Elementos clave de las atribuciones expresadas en la LGCC (DOF 2012)
	<p>Artículo 44. Uso Urbano. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas del Distrito Federal, estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue "la Autoridad del Agua", en los términos dispuestos por el Título Cuarto de esta Ley.</p> <p>Las asignaciones de aguas nacionales a centros de población que se hubieran otorgado a los ayuntamientos, a los estados, o al Distrito Federal, que administren los respectivos sistemas de agua potable y alcantarillado, subsistirán aun cuando estos sistemas sean administrados por entidades paraestatales o paramunicipales, o se concesionen a particulares por la autoridad competente.</p> <p>Corresponde al municipio, al Distrito Federal y, en términos de Ley, al estado, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales de uso público urbano, previa a su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o a las condiciones particulares de descarga que les determine "la Autoridad del Agua".</p>	
<b>Municipios</b>	<p>Artículo 12 BIS 2 Participar con voz y voto en el Consejo Consultivo de los organismos de cuenca. (un representante por municipio que integre la cuenca).</p> <p>Artículo 13 BIS 3. Coordinarse y complementarse con el organismo de cuenca y las entidades federativas en las inversiones en materia hídrica que en el ámbito territorial de las subcuencas y acuíferos, y apoyar las gestiones necesarias para lograr la concurrencia de los recursos para la ejecución de las acciones previstas en la programación hídrica.</p> <p>Artículo 14 BIS. Promover y facilitar la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política nacional hídrica (en coordinación con los otros niveles)</p> <p>Artículo 44. Uso Urbano. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas del Distrito Federal, estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue "la Autoridad del Agua", en los términos dispuestos por el Título Cuarto de esta Ley.</p> <p>Las asignaciones de aguas nacionales a centros de población que se hubieran otorgado a los ayuntamientos, a los estados, o al Distrito Federal, que administren los respectivos sistemas de agua potable y alcantarillado, subsistirán aun cuando estos sistemas sean administrados por entidades paraestatales o paramunicipales, o se concesionen a particulares por la autoridad competente.</p> <p>Corresponde al municipio, al Distrito Federal y, en términos de Ley, al estado, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales de uso público urbano, previa a su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o a las condiciones particulares de descarga que</p>	<p>Artículo 9 Formular, conducir y evaluar la política municipal de cambio climático en concordancia con la política nacional y estatal, así como formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar el cambio climático.</p> <p>Atribuciones en materia de prestación de servicio de agua potable y saneamiento, ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano, recursos naturales y protección al ambiente de su competencia, protección civil, manejo de residuos sólidos municipales y transporte público de pasajeros eficiente y sustentable en el ámbito de su jurisdicción.</p>

Nivel de acción (perspectiva territorial)	Elementos clave de las atribuciones expresadas en la LAN (DOF 1992)	Elementos clave de las atribuciones expresadas en la LGCC (DOF 2012)
	les determine "la Autoridad del Agua	
<b>Cuenca</b>	<p>Artículo 12 BIS En el ámbito de las cuencas hidrológicas, regiones hidrológicas y regiones hidrológico - administrativas, el ejercicio de la Autoridad en la materia y la gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración de las aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes, "la Comisión" las realizará a través de Organismos de Cuenca de índole gubernamental y se apoyará en Consejos de Cuenca de integración mixta. Los organismos de cuenca son los encargados de formular y proponer la política hídrica regional.</p> <p>Artículo 5. Establece que La coordinación de la planeación, realización y administración de las acciones de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica o por región hidrológica será a través de los <b>Consejos de Cuenca</b>, en cuyo seno convergen los tres órdenes de gobierno, y participan y asumen compromisos los usuarios</p> <p>Artículo 14 BIS. Promover y facilitar la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política nacional hídrica (en coordinación con los otros niveles)</p>	Establece en su artículo 28 que entre los ámbitos en los cuáles "La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa Especial de Cambio Climático, la Política Nacional de Adaptación y los programas" están los recursos hídricos y los programas hídricos de cuencas hidrológicas.

Elaboración propia con base en la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992) y la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012)



Plataforma de colaboración sobre  
**CAMBIO CLIMÁTICO  
Y CRECIMIENTO VERDE**  
entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de  
Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y  
México, todos los derechos reservados

Derechos reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P. 11000

[www.mx.undp.org](http://www.mx.undp.org)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CDMX CP. 14210

[www.gob.mx/inecc](http://www.gob.mx/inecc)



Environment  
Canada

Environnement  
Canada

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio  
de las personas  
y las naciones