

**GOBIERNO DE
MÉXICO**



Programa Hídrico Regional 2021-2024

Región Hidrológico-Administrativa
XII Península de Yucatán

**GOBIERNO DE
MÉXICO**



**Programa Hídrico Regional 2021-2024
Región Hidrológico-Administrativa
XII Península de Yucatán**

Comisión Nacional del Agua

PROGRAMA HÍDRICO REGIONAL 2021-2024

REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA XII PENÍNSULA DE YUCATÁN

D. R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ejercito Nacional número 223, colonia Anáhuac,

C. P. 11320, Miguel Hidalgo, Ciudad de México.

Comisión Nacional del Agua

Insurgentes Sur número 2416, colonia Copilco El Bajo,

C.P. 04340, Coyoacán, Ciudad de México.

Tel. (55) 5174-4000

Impreso y hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente

Mensajes

Mensaje del Presidente del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán

El presente documento que contiene al Programa Hídrico Regional 2021 – 2024 (Programa Hídrico Regional 2021 – 2024 Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán). Es el producto de la participación de más de 1,126 personas: miembros de las comunidades rurales, empresarios, representantes de la sociedad civil organizada, funcionarios de los tres niveles de gobierno, académicos, investigadores y estudiantes entre otros sectores. Se trata de un instrumento de planeación que orientará acciones, inversiones y prioridades para atender la creciente complejidad de la realidad hídrica de la cuenca de la Península de Yucatán. Sin embargo, el PHR 2021 – 2024 no parte de cero. Tiene sus raíces en el recientemente publicado Programa Nacional Hídrico, así como en el Programa Hídrico Regional 2030 y el Plan Rector (Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán), entre otros instrumentos previos de planeación.



El actual PHR 2021 – 2024 representa un ejercicio de actualización de esos planes anteriores y agrega un esfuerzo sin precedentes de participación ciudadana e institucional. De hecho, el desarrollo y uso de distintas herramientas de comunicación y de interacción en línea, desarrolladas para este PHR 2021 – 2024 ante los retos impuestos por la pandemia de COVID-19, son un antecedente que permite fortalecer y masificar cada vez más la participación ciudadana en la planeación hídrica, y el ordenamiento del territorio, por citar dos ejemplos. A los miembros del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán nos enorgullece presentar a la sociedad, un instrumento que nos ayude a coordinar esfuerzos y a trabajar con una visión común que asegure, a través del cuidado del agua, la salud de las personas, las comunidades y los ecosistemas que convivimos en esta plataforma kárstica del sureste de México.

A nombre del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, agradezco a la Comisión Nacional del Agua por su liderazgo y por la apertura para ciudadanizar este ejercicio de planeación, a la Fundación Río Arronte por haber aportado los recursos necesarios para desarrollar al trabajo de muchos meses que se resume en este documento, a Amigos de Sian Ka'an por haber administrado los recursos del proyecto, y a Ithaca Environmental, por el arduo trabajo de recabar y analizar toda la información que se plasma en estas páginas. Sin duda, el mayor agradecimiento se dirige a todas esas personas e instituciones que, de manera desinteresada, aportaron tiempo, ideas, propuestas, datos e información sin los cuales no se podría haber logrado este programa de trascendencia regional.

En mi calidad de Presidente del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán aprecio profundamente la confianza, apoyo y participación de todos quienes integran este espacio de colaboración para el manejo del agua. El PHR 2021 – 2024 nos guiará, sin duda, en impulsar una agenda hídrica, social y ambiental que apoye a autoridades y sociedad a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sustentable 2030 y las agendas regionales, estatales y municipales de aprovechamiento, tratamiento, manejo y cuidado del agua.

Gonzalo Merediz Alonso
Presidente
Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán



Mensaje del Director General del Organismo de Cuenca Península de Yucatán

Es indudable que la Península de Yucatán representa un territorio de oportunidad para el desarrollo social y económico, por su estratégica ubicación geográfica y por la riqueza de sus recursos naturales. Por ello, ha experimentado en los últimos años un importante desarrollo económico, que se expresa, entre otras formas, en significativos cambios en el uso del suelo y un incremento notable en los usos del agua.

Hoy en día, ya se enfrentan marcados retos en lo que se refiere al cuidado y preservación del recurso hídrico. Otro gran reto es el dar cabal cumplimiento a los derechos humanos al agua y el saneamiento.

Para ello, resulta sumamente importante se atiendan en paralelo los rezagos actuales y los preparativos para hacer frente a los escenarios futuros, uno próximo, los posibles impactos que traerá consigo el desarrollo de proyectos de gran calado como el Tren Maya y la presión que estos detonen, sobre el gran acuífero de la Península de Yucatán.

En este contexto, la mejor manera para encontrar el camino hacia su buen uso y preservación es la planificación y gestión de los recursos hídricos, con la participación de los tres niveles de gobierno, los usuarios de las aguas nacionales y sociedad en general.

El Programa Hídrico Regional 2021-2024 (PHR) se construyó bajo este enfoque, no obstante, las limitantes que debieron enfrentarse ante las medidas contra la pandemia causada por el COVID-19. El éxito en la implementación, seguimiento y evaluación por parte del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán del PHR dependerá de que todas las partes mantengan una disposición inobjetable a trascender las diferencias existentes.



Contenido

INTRODUCCIÓN	2
MARCO NORMATIVO	6
Derecho humano al agua	6
Obligaciones básicas del Estado	7
Marco normativo en relación con el agua	7
CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO	11
1.1. Unidades de planeación	13
1.2. Medio Ambiente	15
1.2.1. Clima	15
1.2.2 Aguas superficiales	16
1.2.2.1 Cuencas	16
1.2.2.2 Balance de aguas superficiales	19
1.2.2.3 Aguas subterráneas	19
1.2.3.1 Balance por acuífero	20
1.2.3.2 Balance por unidad de planeación	23
1.2.3.2.1 Recarga	23
1.2.3.3 Vulnerabilidad del acuífero	30
1.2.4 Usos del suelo	32
1.3 Aspectos demográficos y sociales	37
1.3.1. Desarrollo poblacional	37
1.3.2 Pueblos originarios	40
1.3.3 Condiciones de marginación	41
1.3.4 Desarrollo Humano	42
1.4 Aspectos económicos	44
1.4.1 Producto Interno Bruto	44
1.4.2 Población económicamente activa y ocupada	46
1.4.3 Productividad del agua	48
1.4.4 Producción agrícola	48
1.4.5 Infraestructura hidroagrícola	52
1.5 Usos del agua	53
1.5.1 Tipos de uso del agua y su evolución	53
1.5.2 Uso Público Urbano	61
1.5.2 Retorno de descargas de aguas residuales	64
a) Permisos de Descargas de Aguas Residuales	64
b) Total de los retornos de aguas residuales	67
c) Aguas que provienen de la precipitación pluvial y que percolan hasta el manto freático	69
1.5.3 Derechos del agua	69
1.6 Caracterización de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento	70
1.6.1 Según los informes de la "Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento"	70
1.6.1.1 Inversión en infraestructura	70
1.6.1.2 Coberturas de agua potable	70
1.6.1.3 Cobertura de saneamiento	71
1.6.1.4 Potabilización de agua	72
1.6.1.5 Desinfección del agua	73
1.6.1.6 Tratamiento de aguas residuales	73
1.6.2 Indicadores de Gestión de Organismos Operadores	75
1.6.2.1 Cobertura de agua potable	75
1.6.2.2 Cobertura de alcantarillado	75
1.6.2.3 Eficiencia física	77
1.6.2.4 Consumo	77
1.6.2.5 Costos entre volumen producido	77
1.6.2.6 Relación Costo- Tarifa	82



1.6.3 Rezago en los servicios de agua	83
1.6.4 Fondo de Aportaciones a la Infraestructura Social	89
1.6.5 Presupuesto de Egresos de la Federación	94
1.7 Calidad del agua	95
1.7.1 Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMeca)	95
1.7.2 Calidad del agua subterránea en el acuífero kárstico de Yucatán	101
1.7.2.1 Zona Costera	104
1.8 Fuentes de contaminación	108
1.8.1 Contaminación derivada del Uso Público Urbano	108
1.8.2 Contaminación derivada de los sitios de disposición a cielo abierto de residuos sólidos urbanos	113
1.8.3 Contaminación derivada de la disposición de lodos de fosas sépticas y de aquellas del proceso de nixtamalización del maíz	122
1.8.4 Contaminación derivada de la Actividad Industrial	127
1.8.5 Contaminación derivada de la Actividad Porcícola y Avícola	129
1.8.6 Contaminación por nitratos	135
1.8.7 Contaminación derivada de medicamentos	136
1.8.8 Contaminación derivada del uso de agroquímicos	137
1.8.9 Efectos en la salud humana	150
1.8.10 Enfermedades relacionadas con la contaminación del agua	154
1.9 Gestión de riesgos y peligros	168
1.10 Escenarios de crecimiento con el proyecto del Tren Maya	169
1.11 Aeropuerto Internacional en Tulum, Quintana Roo	174
1.12 Proceso participativo para identificación de problemáticas hídricas	175
1.12.1 Problemáticas generales y específicas	178
1.12 Conclusiones sobre la situación del recurso hídrico	184
CAPÍTULO 2. GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA	189
2.1 El Consejo de Cuenca y su evolución	190
2.2 Estructura	190
2.3 Órganos auxiliares y funcionales del Consejo de cuenca	193
2.4 Fortalezas del CCPY	198
2.5 Debilidades y acciones de mejora del CCPY	198
CAPÍTULO 3. CAMBIO CLIMÁTICO Y MANEJO HÍDRICO	201
3.1. Escenarios socioambientales y de cambio climático para la identificación de riesgos	201
3.1.1. Reducción de la disponibilidad de agua	202
3.2. Salinización del acuífero	206
3.3. Aumento de inundaciones	209
CAPÍTULO 4. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS	212
4.1. Vinculación regional/local con la Agenda 2030	215
4.2. Objetivos del Desarrollo Sostenible	217
4.3. Vinculación del Plan Rector en Materia de Agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán con la Agenda 2030	217
4.4. Indicadores de seguimiento y gestión ambiental	226
4.5. Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento de Aguas Residuales (PROAGUA)	227
4.6. Programa de apoyo a la Infraestructura Hidroagrícola	227
CAPÍTULO 5. OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y ACCIONES PUNTUALES	229
5.1. OP 1: Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable y desatendida	232
5.1.1. EP 1.1 - Reducir el rezago en el acceso al agua potable y mejorar la calidad del servicio especialmente para la población desatendida	234
5.1.2. EP 1.2 - Reducir el rezago en el acceso a drenaje y sanitarios particularmente para la población desatendida	236



5.2. OP 2 - Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos	238
5.2.1. EP 2.1 - Optimizar el uso de agua en el sector agrícola para construir a la seguridad alimentaria y el bienestar de la población y ecosistemas	240
5.2.2. EP 2.2 - Optimizar el uso del agua en el sector de servicios para construir a la equidad y justicia hídrica y evitar riesgos ambientales	241
5.3. OP 3 - Reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en pueblos indígenas y población marginada	243
5.3.1. EP 3.1 - Proteger a la población, particularmente población desatendida, e infraestructura de inundaciones	245
5.3.2. EP 3.2 - Proteger los medios de subsistencia tradicionales de inundaciones y sequías	247
5.4. OP 4 - Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos	250
5.4.1. EP 4.1 - Reducir descargas e infiltración de aguas residuales no tratadas	251
5.4.1.1 Contaminación por fosas sépticas deficientes	252
5.4.1.2 Contaminación por deficiencias en la red pública de drenaje	254
5.4.1.3 Contaminación por sistemas de drenaje inadecuados o inexistentes	256
5.4.2. EP 4.2 - Reducir la contaminación por agroquímicos	257
5.4.3. EP 4.3 - Evitar la contaminación por actividad pecuaria	259
5.4.4. EP 4.4 - Controlar la contaminación por residuos sólidos	260
5.4.5. EP 4.5 - Preservar zonas de recarga y saneamiento cuerpos de agua	262
5.5. OP 5: Mejorar las condiciones para la gobernanza del agua con el fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción	263
5.5.1. EP 5.1 - Fortalecer la gobernanza hídrica local y articularla a nivel regional	266
5.5.2. EP 5.2 - Fortalecer y diversificar el financiamiento para atender las prioridades hídricas y reforzar las capacidades de gestión del agua	267
5.5.3. EP 5.3 - Incrementar el conocimiento hidrológico y geológico de la PY y vincularlo con la gestión del agua	267
CAPÍTULO 6. INDICADORES	269
6.1 Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población desatendida históricamente	271
6.2 Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos	273
6.3 Reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en pueblos indígenas y población marginada.	275
6.4 Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan humedales, selvas y acuíferos.	278
6.5 Mejorar las condiciones para la gobernanza regional y local del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones, la transparencia y la participación social	284
CAPÍTULO 7. CATÁLOGO DE ACTIVIDADES COLECTIVAS	289
7.1 Actividad colectiva 1.- Revisar la estructura y conformación de los Órganos Auxiliares del Consejo de Cuenca Península de Yucatán (CCPY) para cada UP.	295
7.2 Actividad colectiva 2.- Reforzar y alinear las alianzas intermunicipales a nivel UP	298
7.3 Actividad colectiva 3.- Mejorar el entendimiento sobre la disponibilidad de agua a nivel UP	300
7.4 Actividad colectiva 4.- Instrumentar un sistema de monitoreo (hidrológico y calidad del agua) a nivel UP en tiempo real para generar una cobertura peninsular del sistema hidrológico	303
7.5 Actividad colectiva 5.- Apoyar y articular líneas de investigación para incrementar el entendimiento del sistema hídrico y la capacidad de respuesta para la gestión hídrica resiliente y sustentable	306
7.6 Actividad colectiva 6.- Fomentar la capacitación multinivel para el manejo de cuencas hidrológicas	310
7.7 Actividad colectiva 7.- Alinear el ordenamiento territorial con un enfoque hídrico y de riesgos a nivel UP y promover un sistema de alerta temprana con perspectiva de cambio climático regional.	313
7.8 Actividad colectiva 8.- Incorporar la visión regional al proceso de negociación y asignación de presupuestos federales en materia de agua potable y saneamiento en poblaciones históricamente desatendidas.	316
CAPÍTULO 8. INVERSIONES Y PROGRAMAS PRESUPUESTALES	320



8.1 Análisis de programas presupuestales públicos	320
8.1.1 Presupuestos estatales y de Organismos Operadores	325
8.2 Presupuestos ejecutados por fundaciones y organizaciones de la sociedad civil nacionales e internacionales	325
8.3 Presupuesto de acuerdo con cartera de proyectos del PHR	327
8.4 Planeación presupuestaria al 2030 en alineación con PHR 2030	330
8.5 Fuentes alternativas de financiamiento	332
8.5.1 Financiamiento climático	333
8.5.2 Fundaciones y Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC)	334
8.5.3 Otras fuentes de financiamiento	334
8.6 Comparación de presupuestos disponibles y necesarios	336
8.6.1 Análisis de presupuestos para el OP 1. Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable y desatendida.	336
8.6.2 Análisis de presupuestos para el OP 2. Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos.	338
8.6.3 Análisis de presupuestos para el OP 3.- Reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en pueblos indígenas y población marginada.	338
8.6.4 Análisis de presupuestos para el OP 4. Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos.	339
8.6.5 Análisis de presupuestos para el OP 5. Mejorar las condiciones de la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción.	340
8.7 Conclusiones	341
CAPÍTULO 9. IMPLEMENTACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	344
9.1 Proceso para la atención de las acciones puntuales	344
9.2 Proceso para la atención de las actividades colectivas	347
TRANSPARENCIA	350
GLOSARIO DE TÉRMINOS	351
RECONOCIMIENTOS	353
ANEXO I BALANCE POR ACUÍFERO	358
ANEXO II BALANCE POR UNIDAD DE PLANEACIÓN	358
ANEXO III DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA SOBRE EL CÁLCULO DE RECARGA EN EL BALANCE HÍDRICO POR UNIDADES DE PLANEACIÓN	358
ANEXO IV VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO	358
ANEXO V PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	358
ANEXO VI TOTAL DE RETORNOS DE AGUAS RESIDUALES	358
ANEXO VII SUELOS Y FUNCIONES DE PEDOTRANSFERENCIA	358
ANEXO VIII ACUMULACIÓN DE SARGAZO EN EL LITORAL ORIENTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	358
ANEXO IX GESTIÓN DE RIESGOS Y PELIGROS	358
ANEXO X CAMBIO CLIMÁTICO Y MANEJO HÍDRICO	358
ANEXO XI ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES (CDB)	358
ANEXO XII ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES (PROAGUA)	358
ANEXO XIII ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES (HIDROAGRÍCOLA)	358
ANEXO XIV INDICADORES	358
ANEXO XV CARTERA DE PROYECTOS PHR 2021-2024	358
REFERENCIAS	358



Índice de tablas

Tabla 1.	Regiones Hidrológicas Administrativas	12
Tabla 2.	Superficie por UP y cantidad de municipios que los conforman.	14
Tabla 3.	Características de principales corrientes superficiales	18
Tabla 4.	Balance de aguas superficiales	19
Tabla 5.	Disponibilidad de agua por acuífero (hm^3)	22
Tabla 6.	Datos históricos del valor de recarga media y disponibilidad del 2011 al 2020 del Acuífero por RHA XII PY.	22
Tabla 7.	Recarga por UP.	25
Tabla 8.	Recarga total por UP (Mm^3)	28
Tabla 9.	Presión sobre disponibilidad de agua en la PY y UP con datos de Beuer Gotweinn et al 2011 y volumen de extracción del REPDA 2008	29
Tabla 10.	Parámetros hidrológicos para el cálculo de la disponibilidad de agua para los escenarios de y Bauer Gotweinn 2011 y DOF 2020	30
Tabla 11.	Usos del suelo en la Península de Yucatán	32
Tabla 12.	Tipo de humedales de la región	36
Tabla 13.	Tasas de crecimiento anual.	37
Tabla 14.	Población en la PY por UP.	38
Tabla 15.	Población total y densidad demográfica de la PY por UP.	38
Tabla 16.	Municipios más poblados por UP.	39
Tabla 17.	Total de población y población Maya por UP.	40
Tabla 18.	Grado de marginación por entidad federativa, municipios y UP.	42
Tabla 19.	Grado de Índice de Desarrollo Humano (IDH) por UP.	43
Tabla 20.	Municipios con el menor y mayor grado de Índice de Desarrollo Humano por UP.	43
Tabla 21.	Población Económicamente Activa (PEA) y Población Ocupada (PO) por entidad y UP.	46
Tabla 22.	Producción agrícola por unidad de planeación 2018-2020, cultivos cíclicos y perennes (riego y temporal)	51
Tabla 23.	Productividad económica agrícola con sistemas de riego por UP en la PY.	51
Tabla 24.	Distritos de riego	52
Tabla 25.	Distritos de temporal tecnificado	52
Tabla 26.	Extracción y usos del agua en la Península de Yucatán y entidades federativas de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.	54
Tabla 27.	Número de Pozos y valores de extracción total de agua concesionada para el año 2020	56
Tabla 28.	Número de Pozos y valores de extracción total de agua concesionada para el año 2008	57
Tabla 29.	Volumen de extracción por UP y uso en Campeche.	59
Tabla 30.	Volumen de extracción por UP y uso en Yucatán.	60
Tabla 31.	Volumen de extracción por UP y uso en Quintana Roo	62
Tabla 32.	Extracción de agua para uso público urbano, por habitante a nivel peninsular y por UP.	63
Tabla 33.	Volúmenes concesionados (Mm^3) de descarga de aguas residuales por unidad de planeación y uso del agua	65
Tabla 34.	Volumen de descarga anual y ubicación de los pozos concesionados para descarga de uso público urbano en la PY, vinculados a Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.	65
Tabla 35.	Volumen de descarga total proveniente de aguas concesionada/asignada en la PY.	68
Tabla 36.	Relación entre el tratamiento de aguas residuales y vertidas en pozos de inyección con respecto al volumen total extraído para el uso Público Urbano.	68
Tabla 37.	Cumplimiento en la Recaudación del OCPY 2014 -2019.	70
Tabla 38.	Cobertura de alcantarillado y drenaje, 2020	72
Tabla 39.	Plantas potabilizadoras de agua por entidad federativa, 2019	72
Tabla 40.	Caudal de aguas residuales municipales tratadas, en plantas de tratamiento por entidad federativa, 2019	74
Tabla 41.	Total de viviendas que disponen de drenaje, red pública y tanque séptico	77
Tabla 42.	Rezago social en materia de condiciones sanitarias en la vivienda en Campeche, Quintana Roo y Yucatán.	84



Tabla 43.	Total de viviendas con servicio de agua entubada y abastecimiento de agua del servicio público por UP.	85
Tabla 44.	Total de viviendas que cuentan con tinaco, cisterna, sanitario y letrina por UP.	85
Tabla 45.	Total de viviendas que cuentan con drenaje y energía eléctrica por UP.	86
Tabla 46.	Rezago social en Campeche por Unidad de Planeación.	87
Tabla 47.	Rezago social en Quintana Roo por Unidad de Planeación.	88
Tabla 48.	Rezago social en Yucatán por Unidad de Planeación.	89
Tabla 49.	Inversión FAIS en obras referentes a materia de agua en Campeche.	89
Tabla 50.	Inversión FAIS en obras referentes a materia de agua en Quintana Roo.	91
Tabla 51.	Inversión FAIS en obras referentes a materia de agua en Yucatán.	92
Tabla 52.	Tabla de Presupuesto de Egresos de la Federación para los períodos 2019 – 2021	94
Tabla 53.	Número de estaciones activas de medición de calidad de agua subterránea por entidad en la PY	95
Tabla 54.	Número de estaciones activas de medición de calidad de agua superficial por entidad en la PY	96
Tabla 55.	Caracterización de los lodos de las fosas sépticas, bio-digestores y plantas de tratamiento	109
Tabla 56.	Registros de mosquitos en el sistema de drenaje pluvial de la Ciudad de Mérida.	110
Tabla 57.	Resultados generales del semáforo de calidad de agua	112
Tabla 58.	Resultado de los análisis de agua de los pozos del ex basurero de Mérida.	117
Tabla 59.	Datos fisicoquímicos, sanitarios y biológicos para las aguas de la laguna derivada de las aguas de nixtamal.	126
Tabla 60.	Datos de metales traza en la laguna adyacente a las lagunas de oxidación.	126
Tabla 61.	Censo de descargas residuales	127
Tabla 62.	Concentraciones de elementos potencialmente peligrosos de algunos pozos localizados al sureste de Mérida.	128
Tabla 63.	Concentrado porcícola de las granjas en algunos municipios de la UP YucN	131
Tabla 64.	Especies mantenidas en los traspatios (n=159) de una comunidad rural de Yucatán, México.	134
Tabla 65.	Valores de concentraciones promedio y desviación estándar de farmacéuticos encontrados en muestras de aguas residuales porcícolas, en µg/mL.	136
Tabla 66.	Coordinadas de los sitios de muestreo de agua en el Río Candelaria, Campeche.	147
Tabla 67.	Concentraciones de plaguicidas organoclorados en agua del Río Candelaria, Campeche (µg L ⁻¹).	147
Tabla 68.	Concentraciones de los herbicidas, insecticidas organofosforados en agua del Río Candelaria, Campeche (µg L ⁻¹).	148
Tabla 69.	Número de casos de cáncer en niños y adolescentes, anual por sexo y edades.	151
Tabla 70.	Tasa de Mortalidad por Cáncer Cervicouterino 2001-2012*.	151
Tabla 71.	Municipios con el mayor número de defunciones por cáncer de mama en mujeres de 25 años y más (2009-2014).	151
Tabla 72.	Tasa de Mortalidad por Cáncer Cervicouterino 2001-2014*.	152
Tabla 73.	Municipios con el mayor número de defunciones por cáncer Cervicouterino en mujeres de 25 años y más (2009-2014).	152
Tabla 74.	Concentraciones de pesticidas en sangre de mujeres con cáncer cervicouterino y mamario de diversos municipios de Yucatán.	153
Tabla 75.	Concentraciones de pesticidas en la leche materna del municipio de Kanasín, Yucatán.	153
Tabla 76.	Lista de los cenotes incluidos en el monitoreo de contaminación fecal	156
Tabla 77.	Presencia o ausencia de colifagos.	158
Tabla 78.	Descripción de las áreas de muestreo a lo largo del Anillo de Cenotes, Yucatán, México.	160
Tabla 79.	Actividades antropogénicas en las áreas cercanas al anillo de cenotes y estimaciones de generación de residuos.	161
Tabla 80.	Eficiencia de la cloración de agua.	164
Tabla 81.	Escenarios de proyecciones de la población en la región y por subregión	171
Tabla 82.	Proyecciones de demanda de suelo y disponibilidad para urbanización	173



Tabla 83.	Resumen de los Problemas Públicos según el Plan Nacional Hídrico (PP-PNH) y sus respectivas subcategorías	176
Tabla 84.	Problemáticas generales del PP-PNH 1	178
Tabla 85.	Problemáticas generales del PP-PNH 2	180
Tabla 86.	Problemáticas generales del PP-PNH 3	181
Tabla 87.	Problemáticas generales del PP-PNH 4	182
Tabla 88.	Creación de Órganos Auxiliares	193
Tabla 89.	Órganos auxiliares por UP	197
Tabla 90.	Debilidades y acciones de mejora	199
Tabla 91.	Resumen de escenarios GCM de cambio climático al 2050. Promedio con incertidumbre (\pm).	202
Tabla 92.	Efectos del cambio climático en la recarga de aguas subterráneas en PY al 2050	203
Tabla 93.	Comparación de fuentes para la estimación de la recarga base y la presión sobre la disponibilidad	203
Tabla 94.	Escenarios de consumo de agua en la PY al 2050 considerando efectos sobre la recarga del cambio climático bajo el escenario RCP8.5 y efectos demográficos del Tren Maya.	204
Tabla 95.	Escenario de la disponibilidad de agua subterránea al 2050 bajo efectos del cambio climático en el escenario RCP8.5 y el desarrollo del Tren Maya en $Mm^3/año$.	204
Tabla 96.	Ánálisis de sensibilidad de la recarga al 2050 a efectos socioambientales sobre la recarga y extracción	206
Tabla 97.	Porcentaje del volumen concesionado en condiciones de vulnerabilidad muy alta y alta a salinización (<10km de la costa) al 2050 bajo el escenario de cambio climático RCP8.5	208
Tabla 98.	Relación de objetivos prioritarios del ODS, PND, con ejes temáticos, objetivos y estrategias PROMARNAT, PNH 2020-2024, PHR 2030, PHR 2021-2024, y Plan rector.	212
Tabla 99.	Vinculación del desafío Ríos Limpios de la Agenda 2030 con las metas y acciones generales del Plan Rector	217
Tabla 100.	Vinculación del desafío Cobertura Universal de la Agenda 2030 con las metas y acciones generales del Plan Rector	218
Tabla 101.	Vinculación del desafío Asentamientos Seguros frente a Inundaciones Catastróficas de la Agenda 2030 con las metas y acciones generales del Plan Rector	219
Tabla 102.	Estructura básica del Plan Rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la PY. Diagnóstico e identificación de retos y problemas, estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios.	220
Tabla 103.	Indicadores de gestión ambiental	226
Tabla 104.	Objetivos prioritarios priorizados a escala peninsular	230
Tabla 105.	Estrategias prioritarias EP por objetivo y proporción de actores del proceso participativo que señalaron cada una.	231
Tabla 106.	Estrategias prioritarias y acciones puntuales planteadas en el proceso participativo para cumplir con el OP 1	232
Tabla 107.	Alineación del objetivo 1 del PHR con los principios rectores y criterios del PND	233
Tabla 108.	Acciones puntuales para reducir el rezago en el acceso al agua potable (EP 1.1)	235
Tabla 109.	Acciones puntuales para reducir el rezago en el acceso a drenaje y sanitarios (EP 1.2)	238
Tabla 110.	Tabla de estrategias prioritarias y acciones puntuales para cumplir con el OP2	239
Tabla 111.	Alineación del objetivo 2 del PHR con los principios rectores y criterios del PND	240
Tabla 112.	Volumen concesionado para uso agrícola y presión sobre la disponibilidad por UP al 2020	241
Tabla 113.	Acciones puntuales para optimizar el uso del agua en el sector agrícola (EP 2.1)	242
Tabla 114.	Medidas propuestas para optimizar el consumo de agua en el sector servicios (EP 2.2)	243
Tabla 115.	Estrategias prioritarias y acciones puntuales para cumplir con el OP3	244
Tabla 116.	Alineación del objetivo 3 del PHR con los principios rectores y criterios del PND	245
Tabla 117.	Vulnerabilidad a inundaciones para la población desatendida por UP	246
Tabla 118.	UP prioritarias para la implementación de acciones puntuales para proteger a la población por inundaciones	247
Tabla 119.	Acciones puntuales para proteger a la población de inundaciones (OP 3.1)	248
Tabla 120.	Índice de exposición a sequías y sus componentes	248



Tabla 121.	Acciones puntuales para proteger medios de subsistencia tradicionales de sequías (EP 3.2)	249
Tabla 122.	Alineación del objetivo 4 del PHR con los principios rectores y criterios del PND	250
Tabla 123.	Estrategias prioritarias y acciones para cumplir con el OP4	251
Tabla 124.	Distribución de viviendas con fosa o tanque séptico al 2020	253
Tabla 125.	Acciones puntuales para reducir contaminación por fosas sépticas deficientes (EP 4.1)	253
Tabla 126.	Distribución de viviendas con acceso a drenaje de la red pública al 2020	254
Tabla 127.	Municipios con mayor cobertura de la red pública de drenaje 2020	254
Tabla 128.	Municipios urbanos con mayor cantidad de viviendas sin acceso a la red pública al 2020	254
Tabla 129.	Situación del tratamiento de aguas residuales estatales al 2020	255
Tabla 130.	Acciones puntuales para reducir contaminación por plantas de tratamiento deficientes (EP 4.1)	256
Tabla 131.	Distribución de viviendas con sistemas de drenaje inadecuados o inexistentes al 2020	256
Tabla 132.	Proporción de viviendas con sistemas de drenaje inadecuados o inexistentes por tipo de localidad al 2020	257
Tabla 133.	Acciones puntuales para reducir contaminación en sistemas de drenaje inadecuados o inexistentes (EP 4.1)	257
Tabla 134.	Distribución del consumo para uso agrícola en millones de m ³ por año al 2020	258
Tabla 135.	Acciones puntuales para reducir la contaminación por agroquímicos (EP 4.2)	259
Tabla 136.	Número de cabezas de actividad pecuaria al 2019	260
Tabla 137.	Acciones puntuales para reducir la contaminación por actividad pecuaria (4.3)	260
Tabla 138.	Porcentaje de población que cuenta con el servicio de recolección de basura al 2019	261
Tabla 139.	Números de los sitios de disposición final al 2019	261
Tabla 140.	Acciones puntuales para controlar la contaminación por residuos sólidos (EP 4.4)	262
Tabla 141.	Acciones puntuales para preservar zonas de recarga y cuerpos de agua (EP 4.5)	264
Tabla 142.	Alineación del objetivo 1 del PHR con los principios rectores y criterios del PND	265
Tabla 143.	Estrategias prioritarias y acciones puntuales para cumplir el OP5	265
Tabla 144.	Resumen de indicadores por objetivo prioritario y estrategia	269
Tabla 145.	Alineación con el PNH y PND	290
Tabla 146.	Actividades colectivas para la PY y su impacto transversal a los Objetivos Prioritarios (OP)	291
Tabla 147.	Relación de las acciones colectivas con los objetivos prioritarios del ODS, PND, con ejes temáticos, objetivos y estrategias de PROMARNAT, PNH 2020-2024, PHR 2030, PHR 2021-2024, y Plan rector.	292
Tabla 148.	Actividad colectiva 1: Revisar la estructura y conformación de los Órganos Auxiliares del CCPY a nivel UP	295
Tabla 149.	Hoja de ruta para la Actividad Colectiva 1 (2021 – 2024)	297
Tabla 150.	Actividad colectiva 2: Reforzar y alinear las alianzas intermunicipales a nivel UP	298
Tabla 151.	Hoja de Ruta para la Actividad Colectiva 2 (2021 – 2024)	299
Tabla 152.	Actividad colectiva 3: Mejorar el entendimiento sobre la disponibilidad de agua a nivel UP	301
Tabla 153.	Hoja de Ruta para la Actividad Colectiva 3 (2021 – 2024)	302
Tabla 154.	Actividad colectiva 4: Instrumentar un sistema de monitoreo a nivel UP en tiempo real para generar una cobertura peninsular del sistema hidrológico	304
Tabla 155.	Hoja de Ruta para la Actividad Colectiva 4 (2021 – 2024)	305
Tabla 156.	Actividad colectiva 5: Apoyar y articular líneas de investigación para incrementar el entendimiento del sistema hídrico y la capacidad de respuesta para la gestión hídrica resiliente y sustentable	307
Tabla 157.	Líneas de investigación propuestas	308
Tabla 158.	Hoja de Ruta para la Actividad Colectiva 5 (2021 – 2024)	309
Tabla 159.	Actividad colectiva 6: Fomentar la capacitación multinivel para el manejo de cuencas hidrológicas	311
Tabla 160.	Hoja de Ruta de Actividad Colectiva 6 (2021 – 2024)	312
Tabla 161.	Actividad colectiva 7: Alinear el ordenamiento territorial con un enfoque hídrico y de riesgos a nivel UP y promover un sistema de alerta temprana con perspectiva de cambio climático a nivel peninsular	314
Tabla 162.	Hoja de Ruta para las Actividades Colectivas (2021 – 2024)	315



Tabla 163. Actividad colectiva 8: Incorporar la visión regional al proceso de negociación y asignación de presupuestos federales en materia de agua potable y saneamiento en poblaciones históricamente desatendidas	317
Tabla 164. Hoja de Ruta para la Actividad Colectiva 8 (2021 – 2024)	318
Tabla 165. Distribución de presupuesto pagado entre 2016 y 2020 para la Península de Yucatán (PY) de acuerdo con criterios clave	321
Tabla 166. Alineación de Estrategias prioritarias con criterios de etiquetado para el periodo de 2016 a 2020 de presupuestos del PEF en la PY, en millones de pesos M.N. por año en promedio.	322
Tabla 167. Presupuesto pagado y asignado promedio entre 2016 y 2020 según el PEF, en millones de pesos M.N	324
Tabla 168. Presupuesto estatal y municipal ejecutado para proyectos de agua potable y saneamiento, 2020	325
Tabla 169. Inversión en proyectos hídricos por fundaciones y organismos internacionales desde el 2019 en la PY por tipo de institución, en millones de pesos M.N	326
Tabla 170. Resumen de proyectos de organismos internacionales y fundaciones por OP. Montos en millones de pesos M.N. por año	326
Tabla 171. Distribución de montos totales de la cartera de proyectos PHR en millones de pesos M.N.	329
Tabla 172. Presupuesto durante 2018-2024 para las UP por EP según el PHR 2030 en millones de pesos M.N. por año	332
Tabla 173. Alineación de presupuestos del PHR 2030 con EP del PHR 2021-2024. Montos en millones de pesos M.N.	333
Tabla 174. Requisitos para el financiamiento climático de proyectos	335
Tabla 175. Distribución de responsabilidades las acciones puntuales	344
Tabla 176. Principales actores involucrados en la atención a las estrategias prioritarias	345
Tabla 177. Distribución de responsabilidades para las actividades colectivas	347
Tabla 178. Principales ámbitos de implementación del CCPY y otros actores relevantes para la implementación de las actividades colectivas	348



Índice de figuras

Figura 1.	Estructura de los Consejos de Cuenca (Nivel táctico).	2
Figura 2.	Subdivisión del país en 13 RHA y entidades federativas.	11
Figura 3.	Localización de la RHA XII PY.	12
Figura 4.	Regiones Hidrológicas.	13
Figura 5.	UP en la RHA XII PY	14
Figura 6.	Tipos de Clima en el PY	15
Figura 7.	Precipitación pluvial promedio 1995 a 2020	17
Figura 8.	Agua superficial	18
Figura 9.	Flujo del agua subterránea	20
Figura 10.	Representación de flujos de agua subterránea (líneas azules) de la Península de Yucatán	21
Figura 11.	Acuíferos en la PY	21
Figura 12.	Esquema general del ciclo hidrológico	24
Figura 13.	Recarga de agua subterránea para la PY	25
Figura 14.	Recarga por UP	27
Figura 15.	Recarga total por UP (Mm ³)	27
Figura 16.	Mapa de grado de vulnerabilidad en la PY	31
Figura 17.	Volumen de descarga total permitida en la PY	32
Figura 18.	Usos del suelo en la Península de Yucatán	33
Figura 19.	Expansión de la mancha urbana del área metropolitana de Mérida	34
Figura 20.	Expansión de la mancha urbana de la ciudad de Cancún	34
Figura 21.	Superficie protegida por tipo competencia federal, municipal y estatal (km ²)	36
Figura 22.	Proyección de la población por estado al 2050	39
Figura 23.	Población Maya a escala municipal por UP	40
Figura 24.	Índice de marginación por entidad, período 1990-2020	41
Figura 25.	Componentes del IDH por entidad	42
Figura 26.	Producto Interno Bruto por Entidad Federativa	45
Figura 27.	Participación porcentual de la Península de Yucatán en el PIB nacional	45
Figura 28.	Población ocupada por rama de actividad económica por entidad	47
Figura 29.	Ingresos de la población por entidad	47
Figura 30.	Evolución del consumo consuntivo en la PY	48
Figura 31.	Productividad económica del agua en la PY	48
Figura 32.	Estadística de la producción agrícola en la PY (temporal y riego)	49
Figura 33.	Superficie agrícola sembrada en la Península de Yucatán por modalidad	49
Figura 34.	Estadística de la producción agrícola (riego) en la Península de Yucatán	50
Figura 35.	Superficie agrícola sembrada en la Península de Yucatán por modalidad	50
Figura 36.	Evolución en los usos del agua en la Península de Yucatán	55
Figura 37.	Distribución espacial de los pozos con registro de concesión de agua en la PY, año 2020.	56
Figura 38.	Distribución espacial de los pozos con registro de concesión de agua en la Península de Yucatán, año 2008	58
Figura 39.	Diferentes usos del agua para cada una de las UP de Campeche	58
Figura 40.	Diferentes usos del agua para cada una de las UP de Yucatán	60
Figura 41.	Diferentes usos del agua para cada una de las UP de Quintana Roo	62
Figura 42.	Permisos de descarga de aguas residuales (Mills m ³)	64
Figura 43.	Ubicación de pozos de descarga público urbano (pozos de absorción o inyección)	66
Figura 44.	Volumen de descarga total proveniente de aguas concesionada/asignada en la PY	67
Figura 45.	Inversión en infraestructura de agua potable, drenaje y saneamiento, 2002 a 2019	71
Figura 46.	Evolución en la cobertura de agua potable	71
Figura 47.	Evolución en la cobertura de saneamiento	72
Figura 48.	Evolución del agua desinfectada para el consumo humano por entidad federativa	73
Figura 49.	Evolución en el caudal tratado en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, 2003 a 2019	74
Figura 50.	Cobertura de agua potable (%), 2012 a 2017	76
Figura 51.	Cobertura de alcantarillado (%), 2012 a 2017	76



Figura 52.	Eficiencia física (%), 2012 a 2017	78
Figura 53.	Consumo (l/hab/día), 2012 a 2017	79
Figura 54.	Costos entre volumen producido (\$/m ³), 2012 a 2017	80
Figura 55.	Micromedición (%), 2012 a 2017	81
Figura 56.	Relación costo-tarifa, 2012 a 2017	82
Figura 57.	Características temporales y espaciales en cuanto al rezago hídrico público urbano	83
Figura 58.	Distribución de la inversión FAIS en la UP CampN	90
Figura 59.	Distribución de la inversión FAIS en la UP CampC	90
Figura 60.	Distribución de la inversión FAIS en la UP CampS	90
Figura 61.	Distribución de la inversión FAIS en la UP QRooN	91
Figura 62.	Distribución de la inversión FAIS en la UP QRooC	91
Figura 63.	Distribución de la inversión FAIS en la UP QRooS	92
Figura 64.	Distribución de la inversión FAIS en la UP YucN	93
Figura 65.	Distribución de la inversión FAIS en la UP YucO	93
Figura 66.	Distribución de la inversión FAIS en la UP YucS	93
Figura 67.	Semáforo para evaluar el índice de calidad del agua subterránea	97
Figura 68.	Semáforo de calidad del agua: Índice de cumplimiento de calidad de agua (izquierda) e Iso concentraciones de CF (derecha)	98
Figura 69.	Semáforo para evaluar el índice de calidad del agua superficial	98
Figura 70.	Índices de cumplimiento: índice de cumplimiento de calidad de agua superficial (izquierda) y Nitrógeno inorgánico disuelto (derecha)	99
Figura 71.	Red de monitoreo de calidad del agua (RENAMECA)	99
Figura 72.	Total de sitios de monitoreo de calidad del agua subterránea	100
Figura 73.	Calidad del agua subterránea en la Península de Yucatán. Promedio del período 2012-2019	100
Figura 74.	Calidad del agua subterránea en la Península de Yucatán. Promedio del período 2020	101
Figura 75.	Clasificación de la calidad del agua del acuífero de la PY	102
Figura 76.	Zonas con influencias químicas diferentes en el agua subterránea	103
Figura 77.	Elevación de la halocrina en función de la distancia a la costa	107
Figura 78.	Zona Hotelera y los rellenos a los que fue sujeta la laguna para expansión urbana en sistema lagunar Nichupté	111
Figura 79.	Sitios de monitoreo generales en la zona urbana y turística de Cancún	112
Figura 80.	Dirección del flujo subterráneo en la zona del sitio de disposición de basura en la ciudad de Mérida	113
Figura 81.	Ubicación de los pozos de muestreo de agua	114
Figura 82.	Corte litológico del Pozo 2 del ex basurero de Mérida, Yucatán	115
Figura 83.	Perfiles de (A) temperatura (B) conductividad eléctrica y (C) oxígeno disuelto vs profundidad	116
Figura 84.	Perfiles de (D) potencial de hidrógeno y (E) redox vs profundidad	116
Figura 85.	Sección de isoconcentración de DBO en mg/L	119
Figura 86.	Sección de isoconcentración de arsénico en µg/L	119
Figura 87.	Sección de isoconcentración de hierro en mg/L	120
Figura 88.	Sección de isoconcentración de mercurio en µg/L	120
Figura 89.	Sección de isoconcentración de coliformes totales en NMP/100 mL	121
Figura 90.	Sección de isoconcentración de coliformes fecales en NMP/100 mL	121
Figura 91.	Isoconcentraciones para el carbol orgánico total (mh/L)	124
Figura 92.	Isoconcentraciones para la DQO total y soluble (mg/L)	124
Figura 93.	Isoconcentraciones para la DBO5 (mg/L)	125
Figura 94.	Incidencia de metales pesados en niños según estrato económico	129
Figura 95.	Distribución de granjas porcícolas en Yucatán	131
Figura 96.	Distribución de granjas avícolas en Yucatán, según función zootecnica	133
Figura 97.	Tipos de instalaciones para aves encontrados en el traspatio de comunidades rurales de Yucatán	134
Figura 98.	Ubicación de los sitios de muestreo para evaluación de agroquímicos	138
Figura 99.	Expresión genética de Vitelogenina en peces cebras enjaulados en diferentes cuerpos de agua de Yucatán	139



Figura 100. Expresión genética de CYP1A en peces cebras enjaulados en diferentes cuerpos de agua de Yucatán	139
Figura 101. Concentración total de plaguicidas organoclorados en pozos y cenotes ubicados en la zona de Anillo de Cenotes	142
Figura 102. Concentración en pozos de captación de agua potable de Aldrín Alfa Lindano en 2015	143
Figura 103. Distribución espacial de DDT en temporada de secas	144
Figura 104. Distribución espacial de DDT en temporada de lluvias	144
Figura 105. Distribución espacial de DDT en temporada de nortes	145
Figura 106. Distribución espacial de Lindano en temporada de nortes	145
Figura 107. Distribución espacial de Lindano en temporada de secas	146
Figura 108. Distribución espacial de Lindano en temporada de lluvias	146
Figura 109. Concentraciones totales ($\mu\text{g L}^{-1}$) de DDT, HCH y drines en agua del Río Candelaria, Campeche	148
Figura 110. Concentraciones totales ($\mu\text{g L}^{-1}$) de endosulfán en agua del Río Candelaria, Campeche.	149
Figura 111. Concentraciones ($\mu\text{g L}^{-1}$) del herbicida glifosato en agua del Río Candelaria, Campeche	150
Figura 112. Ubicación de los cenotes muestreados en la Zona Geohidrológica del Anillo de Cenotes	155
Figura 113. Distribución del Norovirus GI, GII y el Adenovirus humano durante la temporada seca y lluviosa en sitios seleccionados en el acuífero del noreste de la PY, México	157
Figura 114. Área de estudio con los sitios de muestreo y algunos detalles del uso de suelo	159
Figura 115. Variaciones espaciales y temporales de a). Conductividad eléctrica, b). Esteroles y, c). Esteroles fecales a lo largo del anillo de cenotes	162
Figura 116. Monitoreo a la cloración en los sistemas municipales de agua potable	164
Figura 117. Tasa de población de casos de enfermedades de origen hídrico (EOH) en la PY	165
Figura 118. Enfermedades de origen hídrico en la PY (miles de casos)	166
Figura 119. Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas (A04, A08, A09, excepto A08.0)	166
Figura 120. Condición trófica del agua marina e indicadores de calidad de agua litoral y lagunar	168
Figura 121. Trazo de la ruta del Tren Maya y municipios de influencia	169
Figura 122. Escenario poblacional al año 2030 previsto para la península de Yucatán	170
Figura 123. Superficie potencial urbanizable después de excluir criterios biofísicos	172
Figura 124. Área potencial urbanizable final para Mérida, Yucatán.	172
Figura 125. Zonas de atención prioritaria para la gestión de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales	174
Figura 126. Posible ubicación del AIT	175
Figura 127. Esquema del proceso participativo	176
Figura 128. Problemática hídrica, impactos y causas	187
Figura 129. Evolución del Consejo de Cuenca Península de Yucatán	191
Figura 130. Estructura del Consejo Cuenca Península de Yucatán	192
Figura 131. Sectores usuarios y de la sociedad organizada	192
Figura 132. Presión sobre la disponibilidad y distribución de usos del agua al 2050.	205
Figura 133. Mapeo del acuífero a partir de las mediciones de resistividad eléctrica por medio de un estudio aéreo electromagnético	207
Figura 134. Penetración de la cuña salina bajo escenario de cambio climático RCP8.5 para la costa norte de Yucatán	208
Figura 135. Vulnerabilidad a salinización del acuífero al 2050.	209
Figura 136. Periodos de retorno de vientos máximos de huracanes en la PY considerando escenarios de cambio climático RCP8.5 al 2100.	210
Figura 137. Esfuerzos internacionales	214
Figura 138. Componentes básicos de la Agenda de Agua 2030	215
Figura 139. Problemas prioritarios en la PY	226
Figura 140. Jerarquización de retos y necesidades del PHR	229
Figura 141. Esquema de la integración de las EP	230
Figura 142. Distribución de las viviendas con rezago de agua potable a nivel peninsular, 2020	234
Figura 143. Distribución del total de viviendas de población desatendida con rezago en agua potable	235
Figura 144. Distribución de la población con rezago de drenaje en la PY al 2020	237



Figura 145. Distribución del total de viviendas de población desatendida sin acceso a drenaje en la PY al 2020	237
Figura 146. Porcentaje de extracción de agua subterránea para distintas actividades	239
Figura 147. Volumen total de agua concesionada para el sector agrícola a nivel PY por volumen de concesión	242
Figura 148. Proporción del volumen de agua subterránea concesionado para la UP QRooN por uso de agua	243
Figura 149. Cantidad de viviendas por tipo de drenaje en municipios urbanos y rurales al 2020	252
Figura 150. Comparación de grado de vulnerabilidad a la contaminación con la ubicación de pozos dentro de la PY	258
Figura 151. Cambio de uso de suelo en la PY	263
Figura 152. Consolidación de la cartera de proyectos PHR mediante criterios de filtrado	327
Figura 153. Captura de pantalla de la herramienta de visualización de la cartera de proyectos disponible en phr2024py.com	328
Figura 154. Distribución de montos anuales y cantidad de proyectos de la cartera de proyectos por UP en millones de pesos por año	330
Figura 155. Montos anuales para la implementación de la cartera de proyectos por EP y UP en millones de pesos por año	331
Figura 156. Comparación de presupuestos estimados y presupuestos disponibles por EP en millones de pesos M.N al año.	337
Figura 157. Brechas de financiamiento para el Objetivo 1. Montos en millones de pesos M.N.	337
Figura 158. Brechas de financiamiento para el Objetivo 2. Montos en millones de pesos M.N.	338
Figura 159. Brechas de financiamiento para el Objetivo 3. Montos en millones de pesos M.N.	339
Figura 160. Brechas de financiamiento para el Objetivo 4. Montos en millones de pesos M.N.	340
Figura 161. Brechas de financiamiento para el Objetivo 5. Montos en millones de pesos M.N.	341



Siglas y acrónimos

AGU	Asamblea General de Usuarios
AL21	Agenda Local 21
ANP	Áreas Naturales Protegidas
ATP	Análisis Técnico Prospectivo
CADNC	Consumo del Agua de Descarga Natural Comprometida
CAMPC	Campeche Candelaria
CAMPN	Campeche Norte
CAMPS	Campeche Sur
CAPA	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo
CCPY	Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán
CDB	Convenio sobre Diversidad Biológica
CE	Conductividad Eléctrica
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CESVY A	Consejo Estatal de Sanidad Vegetal y Animal
Cl	Presencia de Cloro
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COP	Conferencia de las Partes
COTAS	Comités Técnicos de Aguas Subterráneas
COTASMEY	Comité Técnico de Aguas Subterráneas de la Zona Metropolitana del Anillo de Cenotes de Yucatán
COTESE	Comité Técnico de Evaluación y Seguimiento
Covi	Comisión de Operación y Vigilancia
CPV	Censo de Población y Vivienda
CUSTF	Cambio de Uso de Suelos de Terrenos Forestales
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DNC	Descarga Natural Comprometida
DOF	Diario Oficial de la Federación
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ECA	Espacio de Cultura del Agua
EP	Estrategias Prioritarias
ES	Salinidad Efectiva
FAFEF	Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de las Entidades Federativas
FHE	Fenómenos Hidrometeorológicos Extremos
FISE	Fondo de Infraestructura Social para las Entidades
FONATUR	Fondo Nacional de Fomento al Turismo
FONDEN	Fondo Nacional para Desastres Naturales
FONSUR	Programa Fondo Sur Sureste



FOPREDEN	Fondo de Prevención de Desastres Naturales
FORTAFIN	Fondo para el Fortalecimiento Financiero
GEI	Gases Efecto Invernadero
GET	Grupos Especializados de Trabajo
GETCCYPD	Grupos Especializados de Trabajo de Cambio Climático y Prevención de Desastres
GETECCA	Grupos Especializados de Trabajo de Educación, Comunicación y Cultura del Agua
GETS	Grupos Especializados de Trabajo de Saneamiento
GETH	Grupos Especializados de Trabajo de Humedales
HAPs	Hidrocarburos Aromáticos Políclicos
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
JAPAY	Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán
LAN	Ley de Aguas Nacionales
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MPAN	Mineralización Anaeróbica Potencial del Nitrógeno
MSRRD	Marco de Sendai para la Reducción de Desastres
NOM	Normas Oficiales Mexicana
OA	Órganos Auxiliares
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
OP	Objetivos Prioritarios
OSC	Organizaciones de la Sociedad Civil
PEF	Presupuesto de Egresos de la Federación
PEI	Programa de Estímulos a la Innovación
PHR	Programa Hídrico Regional
PHR PY	Programa Hídrico Regional de la Península de Yucatán
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PIGOO	Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores
PNH	Programa Nacional Hídrico
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POEL	Programa de Ordenamiento Ecológico Local
POET	Programa de Ordenamiento Ecológico de Territorio
POETCY	Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán
Plan Rector	Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán
PP-PNH	Problemas Públicos según el Plan Nacional Hídrico
PR 2019-2024	Plan Rector
PROAGUA	Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
PROMARNAT	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales
PS	Salinidad Potencial



PTARs Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

PY Península de Yucatán

QROoC Quintana Roo Centro

QROoN Quintana Roo Norte

QROoS Quintana Roo Sur

QRSS Quintana Roo Speleological Survey

RAMSAR Convención de Humedales de Importancia Internacional.

RENAMECA Red de Monitoreo de la Calidad de Agua

REPDA Registro Público de Derechos del Agua

RHA Regiones Hidrológico-Administrativas

RMOD Retención de Materia Orgánica Disuelta

SAR Relación de Adsorción de Sodio

SDS Secretaría de Desarrollo Sustentable

SEDENA Secretaría de la Defensa Nacional

SEMA Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo

SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SNIA Sistema Nacional de Indicadores de la SEMARNAT

UP Unidad de Planeación

YucN Yucatán Norte

YucO Yucatán Oriente

YucS Yucatán Sur

ZOFEMAT Zona Federal Marítimo Terrestre



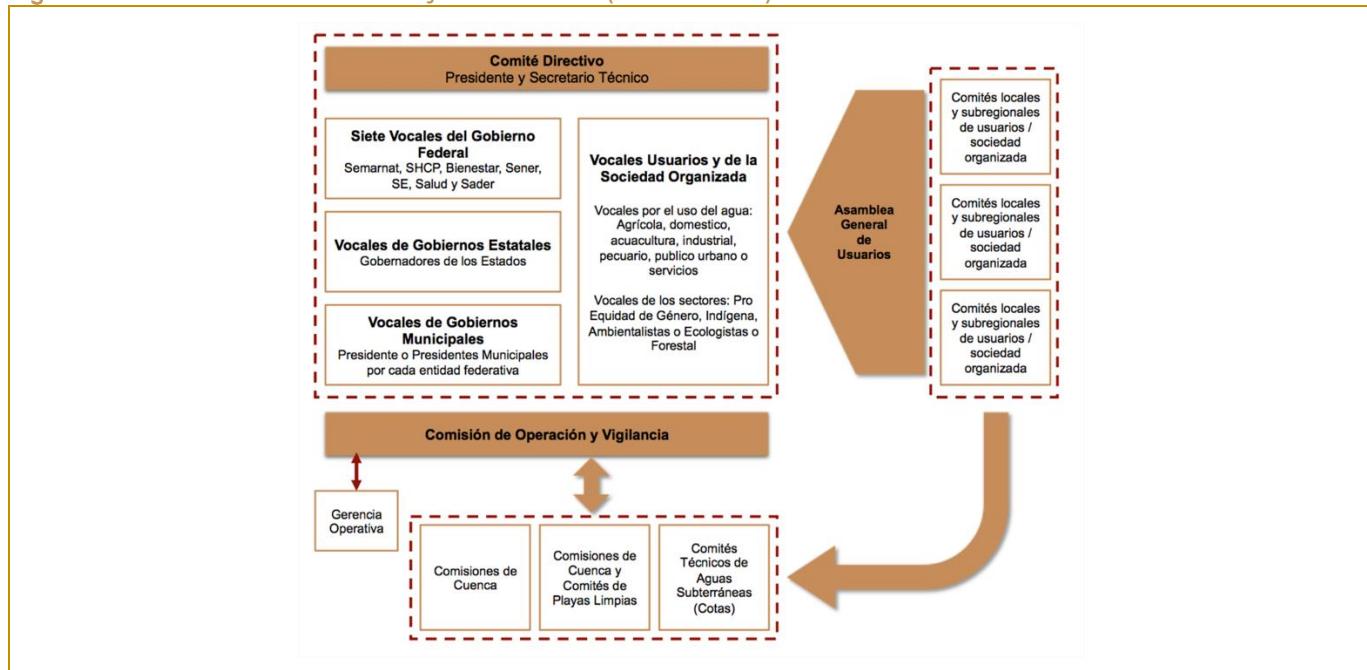
Introducción

En México, la política hídrica tiene como base la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en donde se hace referencia a la planeación y la programación; estableciendo en su artículo 15 el carácter obligatorio de éstas para la gestión integrada de los recursos hídricos, la conservación de recursos naturales, los ecosistemas vitales y el medio ambiente.

En ella se establece un modelo de manejo integrado, con la cuenca como unidad de gestión. En donde la planeación y programación hídrica deben involucrar al nivel federal, estatal y municipal. A partir de lo anterior, surge la integración y actualización de un catálogo de Programas para el uso o aprovechamiento del agua, así como de su preservación y control de su calidad. Como resultado se tiene:

- El Programa Nacional Hídrico (PNH), alineado con las estrategias internacionales y nacionales, aprobado por el Ejecutivo Federal y retroalimentado por los programas hídricos regionales (Nivel estratégico).
- Programas Hídricos para cada una de las cuencas hidrológicas o grupos de cuencas hidrológicas en que se constituyan Organismos de Cuenca y operen Consejos de Cuenca, elaborados, consensuados e instrumentados por éstos, y alineados con las necesidades estatales o locales y los lineamientos nacionales e internacionales (Figura 1).
- Los subprogramas específicos, regionales, de cuencas hidrológicas, acuíferos, estatales y sectoriales que permitan ordenar el manejo de cuencas y acuíferos (Nivel operativo, lo que para este Programa denominamos "UP").
- Programas especiales o de emergencia que instrumente "la Comisión" o los Organismos de Cuenca para la atención de problemas y situaciones especiales en que se encuentre en riesgo la seguridad de las personas o sus bienes.

Figura 1. Estructura de los Consejos de Cuenca (Nivel táctico).



Fuente: Modificado del PHR 2014-2018.

A nivel estratégico, se cuenta con el PNH 2020-2024, observando las disposiciones de la Ley de Planeación que ordena que se debe asegurar la congruencia entre dicho programa especial y el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024, así como con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024.

El PHR 2021-2024 de la RHA XII PY se preparó en el marco de ese proceso nacional de planificación hídrica a instancias de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), gracias al apoyo financiero por parte de la Fundación Río Arronte, la administración por parte de Amigos de Sian Ka'an A.C., y el auspicio y liderazgo del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán (CCPY).



A nivel táctico, El PHR 2021-2024 de la RHA XII PY, se realizó mediante un proceso de planeación estratégica participativa, basada en diversos planes y programas previos, que sirvió como marco de vinculación con los aspectos de planeación sectorial y programación, armónico con la política hídrica nacional, que permita fijar una hoja de ruta hacia la seguridad, la sustentabilidad y la resiliencia hídrica de la región en el corto, mediano y largo plazo. La integración del PHR articula el diagnóstico; la alineación con los Objetivos nacionales e internacionales; Objetivos, Estrategias y Acciones Puntuales; Sistemas de Monitoreo (metas de bienestar y parámetros; Catálogo de actividades colectivas (proyectos y acciones); Inversiones y Programas Presupuestales; y Mecanismos de Transparencia.

La integración de este PHRPY enfrentó como principal reto la situación de la pandemia por el virus COVID-19. Esta situación limitó las reuniones y entrevistas presenciales, afectando el ejercicio participativo. El reto principal fue capturar las voces de grupos vulnerables, principalmente de los Pueblos y Comunidades Indígenas, así como de comunidades apartadas. Si bien, la participación de actores con acceso a herramientas virtuales se facilitó, para otros grupos la brecha digital limitó su involucramiento.

Conscientes de la limitación tecnológica se implementó una estrategia para involucrar de manera más activa a los actores con capacidad de contactar a grupos con una mayor brecha digital o bien con historial de trabajo con estas comunidades. La estrategia consistió en solicitar el apoyo de los integrantes del Consejo de Cuenca provenientes de Comunidades Indígenas y comunidades apartadas, del Instituto Nacional para los Pueblos Indígenas, de los Consejos Asesores de las Áreas Naturales Protegidas Federales y de organizaciones de jóvenes y de la sociedad civil.

De tal modo se logró extender la participación a través de entrevistas telefónicas, reuniones participativas; y cuestionarios en línea, tanto en castellano como en lengua maya. Además, se preparó material didáctico en ambos idiomas que se puso a disposición de quienes organizaron reuniones. Se realizaron campañas desde la página de Facebook del CCPY para promover la participación de la sociedad en el proceso. La estrategia logró que se contará con una participación aproximada de poco más de 1,126 personas de diferentes sectores a lo largo del proceso. El resultado de éste fue la integración del presente documento que se conforma de nueve capítulos y anexos.

El capítulo 1 contiene la descripción de las características del contexto hidro-geológico, aspectos demográficos, sociales y económicos, gestión de riesgos, cambio climático, además del diagnóstico de las problemáticas identificadas para la Península de Yucatán.

El capítulo 2 se hace un análisis y descripción de detallada de la estructura de gestión del agua en la Península de Yucatán. Detallando la estructura y los diferentes Órganos Auxiliares y funcionales del Consejo de Cuenca. Así mismo se hace una revisión sobre las fortalezas, debilidades y las acciones de mejora del Consejo de Cuenca.

El capítulo 3 hace referencia a los escenarios socio-ambientales y de cambio climático en la Península de Yucatán. Y se evalúan los riesgos en cuanto a salinización de acuíferos y el aumento de inundaciones derivado de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

El capítulo 4 incluye la alineación de este PHR 2021-2024 con los objetivos del PND, PROMARNAT, PNH, PHR 2030, PHR 2014-2018, Programas de Gestión de los Órganos Auxiliares de Cuenca y los Comités de playas Limpias, así como el Plan rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la Península de Yucatán (Plan Rector) y los ODS. Además, se destacan los esfuerzos realizados a nivel internacional para lograr el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Entre ellos se encuentran el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), la Conferencia de las Partes (Cop) 21, la Agenda Local 21 (AL21), el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (MSRRD) 2015-2030 y la Convención RAMSAR.

El capítulo 5 describe las estrategias prioritarias resultado de la integración del proceso participativo, los análisis técnicos y estadísticos. Cada estrategia se distribuyó de acuerdo con los cinco objetivos basados en el PNH.

En el capítulo 6 se retoman algunos indicadores que miden el progreso de las metas ya establecidas y monitorean los avances de la Región en función de las necesidades derivadas del proceso participativo que se desarrolló en este programa. Por cada objetivo se definieron algunas prioridades que cubren las necesidades vistas en el proceso participativo. El avance de estas prioridades se medirá de igual manera con un indicador, de tal modo que se monitoreará de manera eficiente la planeación y toma de decisiones regional, tomando en cuenta a todos los actores involucrados en la gestión hídrica de la PY.

El capítulo 7 adelanta un catálogo de actividades colectivas expresadas a través de un conjunto de proyectos integrales considerando: el nombre del proyecto, principales características, localización (estado, municipio, cuenca, UP), costos y principales beneficios.



En el capítulo 8 se desarrolla un análisis de la programación anualizada del gasto corriente y del gasto de inversión para el periodo 2021-2024, alineados a los objetivos, estrategias y actividades del catálogo, considerando los programas presupuestales del sector hídrico y los de otros sectores.

Finalmente, el capítulo 9, enfoca en describir el proceso para la implementación, seguimiento y evaluación de las acciones puntuales y de las actividades colectivas.

Los principales puntos en los que se utilizó y se alineo el Plan Rector en materia de agua para la protección, conservación y recuperación ambiental de la península de Yucatán 2019 en el proceso de elaboración del PHR 2021 – 2024, se resaltan en los siguientes puntos:

- Análisis inicial de problemáticas hídricas y medidas para el proceso participativo.
- Alineación de Problemáticas, Objetivos estratégicos, Metas generales, Acciones generales y tipos de proyectos plasmados en el Plan Rector con los distintos instrumentos de planeación vigentes (PNH 2020-2024 y PHR visión 2030) para la formulación de la propuesta de Objetivos, Estrategias y acciones puntuales de este PHRPY 2021-2024 (Capítulo 4).
- Análisis de la matriz de proyectos priorizada (ANEXO 15 del documento del Plan Rector) para la identificación de presupuestos necesarios por UP y análisis de brecha de dichos presupuestos con los presupuestos estimados por el PHR visión 2030 y los presupuestos disponibles federales según el DOF y estatales según información enviada por los Organismos Operadores de los tres estados al CCPY.
- Consolidación de la cartera de proyectos del PHRPY 2021-2024 a partir de la matriz de proyectos priorizada del PR (ANEXO 15 del documento del Plan Rector) en una herramienta virtual de acceso público para la identificación de proyectos por parte de gobiernos locales y sociedad civil disponible en: <https://sites.google.com/ithacaev.com/participacion-phr-2020-2024-py/explora/catalogo-de-actividades-colectivas<https://na01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fithacaev.com%2Fparticipacion-phr-2020-2024-py%2Explora%2Fcatalogo-de-actividades-colectivas&data=04%7C01%7C%7Caf81clad804e436aae9108d971b64bad%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C637665850094433303%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJOjoiV2luMzliLCJBTiI6IkIhaWwiLCJXVCi6Mn0%3D%7C1000&sdata=a06RT2ruNo0LgriirYZJaC2z%2BKVF9G4sHOQCI%5x%2FIM%3D&reserved=0>
- Utilización de los indicadores de seguimiento del PR como base para los indicadores del PHRPY 2021-2024 en conjunto con los demás instrumentos de planeación hídrica vigentes.



Marco Normativo

La gestión del agua es un eje estratégico para garantizar el bienestar social, así como su desarrollo y el de las generaciones futuras. En donde la trascendencia del recurso hídrico se transforma en la ejecución de un conjunto de leyes y normas clave que tienen como eje central la LAN y a su vez tienen metas en común que se relacionan estrechamente con el derecho humano al agua.

Derecho humano al agua

Por acuerdos internacionales, se entenderá a los convenios regidos por el Derecho Internacional Público, celebrado por escrito entre cualquier dependencia u organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, Estatal o Municipal y uno o varios órganos gubernamentales extranjeros u organizaciones internacionales, cualquiera que sea su denominación, sea que se derive o no de un tratado previamente aprobado. De conformidad con la Fracción I del Artículo 76 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los tratados deberán ser aprobados por el Senado y Ley Suprema de toda la Unión cuando estén de acuerdo con la misma, en los términos del artículo 133 de la propia Constitución.

En temas hídricos, el derecho humano al agua es el derecho de todos a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico es una parte esencial de los derechos humanos. Por lo que la sociedad internacional ha puesto mayor atención en motivar a todos los Estados para adoptar instrumentos internacionales y ponerlos en marcha a través de planes y programas que mejoren y amplíen el acceso de todas las personas a este recurso vital. Lo cual implica que todas las poblaciones tengan, sin discriminar a ninguna persona y sin importar su nivel económico, tengan acceso al abastecimiento del agua y al saneamiento de las aguas residuales.

Por lo anterior se puede decir que los factores que componen el derecho al agua son:

- El derecho de las personas a este recurso;
- La responsabilidad de los poderes públicos;
- El servicio de acceso a todas las personas; y
- El ámbito de aplicación de los Estados.

Además, se debe considerar que el agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es una condición previa para la realización de otros derechos humanos. Es importante señalar que más de 1,000 millones de personas a nivel mundial carecen de un suministro suficiente de agua y varios miles de millones no tienen acceso a servicios adecuados de saneamiento, lo cual constituye la principal causa de contaminación del agua y de varias enfermedades relacionadas con el agua.

En tanto que lo que resulta adecuado para el ejercicio del derecho al agua puede variar en función de distintas condiciones, los siguientes factores se aplican en cualquier circunstancia:

- La disponibilidad. El abastecimiento de agua de cada persona debe ser continuo y suficiente para los usos personales y domésticos. Esos usos comprenden normalmente el consumo, el saneamiento, la colada, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. La cantidad de agua disponible para cada persona debería corresponder a las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- La calidad. El agua necesaria para cada uso personal o doméstico debe ser salubre, y por lo tanto, no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radiactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además, el agua debería tener un color, un olor y un sabor aceptables para cada uso personal o doméstico.
- La accesibilidad. El agua y las instalaciones y servicios de agua deben ser accesibles a todos, sin discriminación alguna, dentro de la jurisdicción del Estado Parte. La accesibilidad presenta cuatro dimensiones superpuestas: i) Accesibilidad física, ii) Accesibilidad económica, iii) No discriminación, iv) Acceso a la información.

El acceso al agua es un
derecho humano
consagrado en nuestra
Constitución.

Obligaciones básicas del Estado

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, norma fundamental que regula la administración del agua en nuestro país señala en su Artículo 4º, Párrafo Quinto que toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible; y es el Estado quien 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.

En esta administración se impulsa una mayor cooperación internacional para garantizar el derecho del agua, y para complementar los esfuerzos nacionales de los países en desarrollo. Estos esfuerzos requieren de una mayor disposición de los Estados para adoptar medidas que garanticen este derecho a nivel nacional, esto con nuevas disposiciones legislativas, así como con el desarrollo de planes y programas que clarifiquen que el acceso al agua es un derecho y no sólo un beneficio. De manera que se facilite la adopción de políticas estatales, nacionales e internacionales que encaminen hacia un mejor nivel de vida de la población, impulsando un consumo sostenible bajo un aprovechamiento responsable.

La Constitución Mexicana, en su Artículo 27, establece que, si bien el derecho de propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, este puede ser transmitido a particulares, constituyendo la propiedad privada y permitiendo que las aguas subterráneas sean libremente alumbradas por los propietarios mediante obras artificiales.

Sin embargo, se clarifica que el manejo, aún de los particulares, seguirá siendo normado por la Nación a través de la institución correspondiente, y con el objeto de privilegiar el interés público, no sólo en términos de mejoramiento de las condiciones de vida de la población o para las actividades productivas, sino también para la preservación de los recursos naturales y del equilibrio ecológico; para lo cual, se mencionan instrumentos aprobados por el Ejecutivo Federal como reglamentos y vedas. Este precepto está reflejado en la LAN.

Marco normativo en relación con el agua

Para la gestión del agua, existen leyes que involucran o se relacionan directa o indirectamente con el recurso hídrico. Entre ellas podemos destacar las siguientes:

- La Ley de Planeación establece, en su Artículo 4º que es responsabilidad del Ejecutivo Federal conducir la planeación nacional del desarrollo con la participación democrática de los grupos sociales, y señala en su Artículo 22 que el PND indicará los programas especiales que deben ser elaborados, los cuales serán congruentes con el mismo. Esta Ley refiere que este desarrollo debe atenerse a criterios de equidad, integralidad, sustentabilidad y con perspectiva de género.
- La LAN, como principio de política hídrica, reconoce la naturaleza del agua como un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico, ambiental, prioritario y de seguridad nacional; y puntualiza, que el uso del consumo doméstico y público urbano será preferente sobre cualquier otro, especialmente en poblaciones o zonas marginadas.

El acceso al agua es un
derecho humano
consagrado en nuestra
Constitución.

La LAN establece que la planificación hídrica es de carácter obligatorio para la gestión integrada de los recursos hídricos, la conservación de los recursos naturales, ecosistemas vitales y el medio ambiente. Por tanto, la formulación, implantación y evaluación de la planificación y programación hídrica comprenderá, entre otros, el PNH y los Programas Hídricos para cada una de las cuencas hidrológicas o grupos de cuencas hidrológicas en que se constituyan Organismos de Cuenca y operen Consejos de Cuenca, elaborados, consensuados e instrumentados por éstos.

Este instrumento preserva la atribución del Poder Ejecutivo Federal de ejercer la autoridad y administración de las aguas nacionales, directamente o a través de la CONAGUA, órgano administrativo descentralizado de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales); y que ejercerá sus funciones en los ámbitos

federal y regional, a través de los Organismos de Cuenca. En este sentido, la LAN promueve la participación de los diferentes órdenes de gobierno y sociedad a través de los Consejos de Cuenca.

Finalmente, la LAN señala que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, incluyendo las del subsuelo, así como de los bienes nacionales que administre la CONAGUA, motivará el pago por parte de los usuarios de las cuotas que establece la Ley Federal de Derechos. Resultando exentos de pago aquellos que se dediquen a actividades agrícolas o pecuarias y el uso doméstico que se relacione con estos usos y las localidades rurales iguales o inferiores a 2 500 habitantes.

- En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (LGEEPA) se establecen las bases y los criterios para el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, buscando la compatibilidad entre la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas y con la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

El artículo 20 BIS de dicha LGEEPA se refiere a que la "formulación, expedición, ejecución y evaluación del ordenamiento ecológico general del territorio se llevará a cabo de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Planeación. Asimismo, la SEMARNAT deberá promover la participación de grupos y organizaciones sociales y empresariales, instituciones académicas y de investigación, y demás personas interesadas, de acuerdo con lo establecido en esta Ley, así como en las demás disposiciones que resulten aplicables.

Para lo anterior, determina las facultades de la federación, los estados y los municipios en materia de cuidado ambiental, mencionando entre ellas la regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y preservación de las aguas nacionales y de los demás recursos naturales de su competencia; la prevención y control de la contaminación de las aguas de jurisdicción estatal, así como las aguas nacionales asignadas; y, la aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación de las aguas que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población, así como de las aguas nacionales que tengan asignadas, con la participación que conforme a la legislación local en la materia, corresponda a los gobiernos de los estados, respectivamente. En este sentido se infiere la necesidad de contar con leyes estatales que respalden las acciones de prevención relacionadas especialmente con la calidad del agua.

- En la Ley General de la Salud se menciona que serán las autoridades sanitarias quienes deberán establecer las normas, tomar las medidas y realizar las actividades a que se refiere esta Ley referentes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.

En el Artículo 118, hace mención de que a la Secretaría de Salud le corresponde, entre otras acciones, determinar los valores de concentración máximos permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente; emitir las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) a las que deberá sujetarse el tratamiento del agua para uso y consumo humano, estableciendo criterios sanitarios para la fijación de condiciones particulares de descarga, el tratamiento y uso de aguas residuales; promover y apoyar el saneamiento básico.

En concordancia, el Artículo 457 tipifica como delito y penaliza al que por cualquier medio contamine un cuerpo de agua, superficial o subterráneo, cuyas aguas se destinen para uso o consumo humano, con riesgo para la salud de las personas; quedando sin definirse qué se entiende por contaminación en los términos de esta ley, la cual carece de definición de términos.

- La Ley de Desarrollo Rural Sustentable en su Título Tercero, sobre el Fomento Agropecuario y de Desarrollo Rural Sustentable, establece que la política y programas de fomento a la producción atenderán prioritariamente el criterio de sustentabilidad en relación con el aprovechamiento de los recursos, ajustando las oportunidades de mercado, tomando en cuenta los planteamientos de los productores en cuanto a la aceptación de las prácticas y tecnologías para la producción.
- La Ley General de Cambio Climático (LGCC) expresa que las dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, implementarán acciones para la adaptación conforme a ciertas disposiciones. Al Estado se le concede la atribución de formular, regular, dirigir e instrumentar acciones de preservación, restauración, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y recursos hídricos de su competencia. El Artículo 8 determina que, a nivel municipal, estas acciones deben aplicarse a la prestación del servicio de agua potable y saneamiento y la preservación de los recursos naturales, entre otras, algunas de las cuales también están relacionadas con el agua, aunque no directamente.

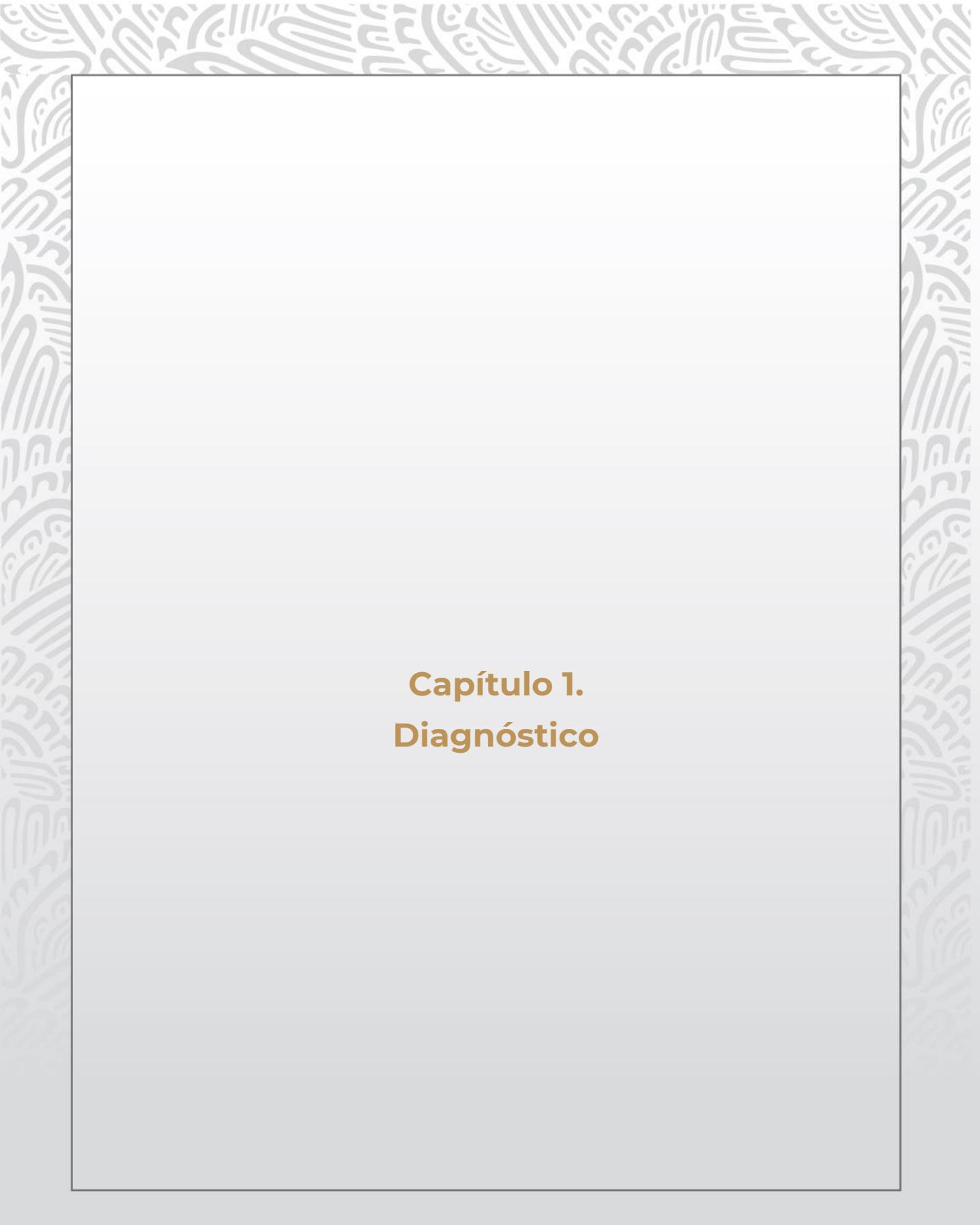
Los recursos del Fondo para el Cambio Climático se han destinado entre otras acciones, a las que permitan recargar los mantos acuíferos; implementar prácticas agropecuarias sustentables; preservar la integridad de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme



con aguas marítimas, humedales y manglares; promover la conectividad de los ecosistemas a través de corredores biológicos, conservar la vegetación riparia y para aprovechar sustentablemente la biodiversidad.

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece el marco para la colaboración internacional para hacer frente al cambio climático. Reconoce que el cambio climático representa una amenaza para el recurso hídrico y que la política climática debe incluir el tema del agua con el fin de garantizar un futuro resiliente al clima y sostenible.





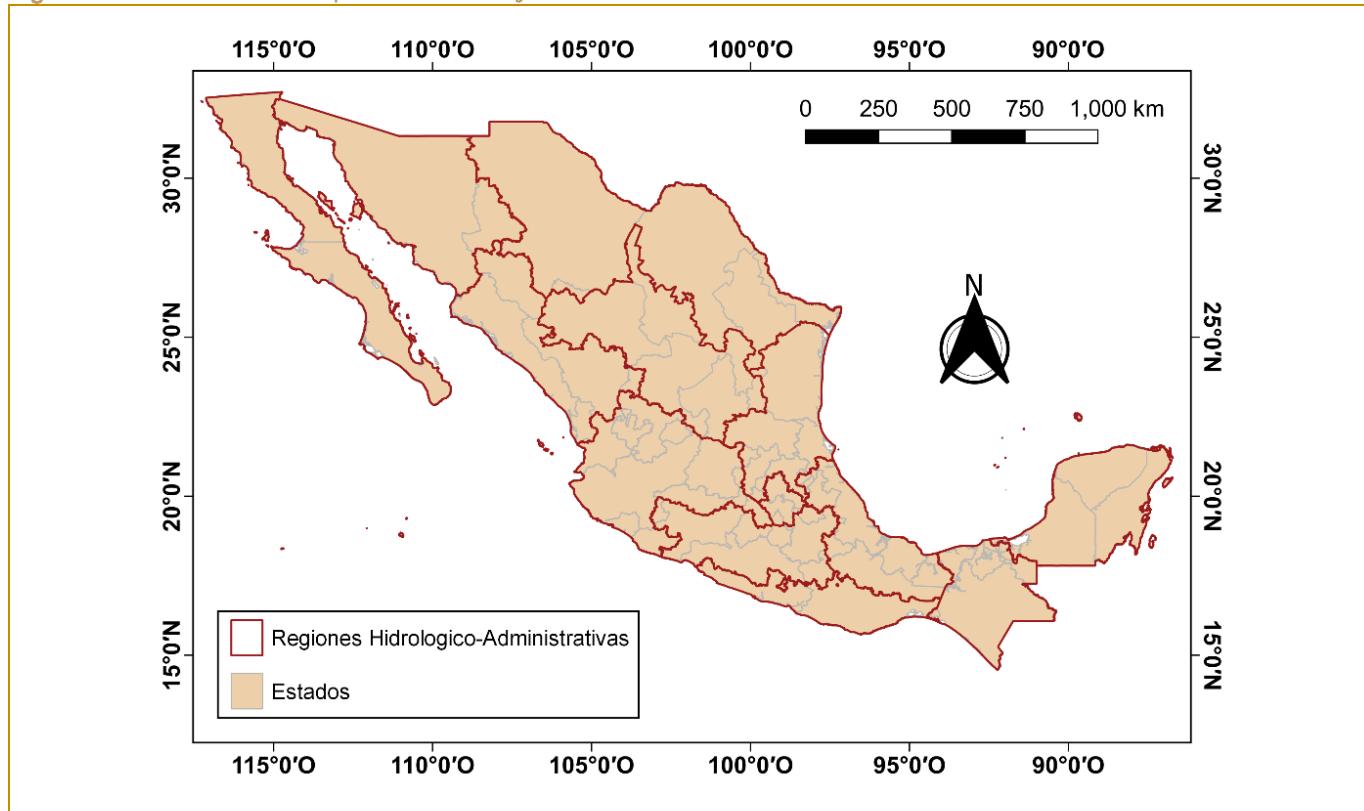
Capítulo 1.

Diagnóstico

Para fines de administración del agua, el país se dividió en 757 cuencas hidrológicas, agrupadas en 37 regiones hidrológicas, además de 653 acuíferos para la administración de las aguas subterráneas. De acuerdo con la Ley de Aguas Nacional (LAN), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) desempeña sus funciones a través de 13 Organismos de Cuenca, cuyos sendos ámbitos de competencia son las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA, Figura 2 y Tabla 1).

Las Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) están definidas con criterios hidrológicos y respetando la división política municipal para facilitar los procesos administrativos y la integración de información socioeconómica. Las RHA están conformadas por una o varias regiones hidrológicas o por Unidades de Planeación (UP), en las que se considera a la cuenca hidrológica como unidad básica para la gestión integrada de los recursos hídricos. La lista de los municipios que integran a cada RHA se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en mayo de 1998, con modificaciones en publicaciones posteriores.

Figura 2. Subdivisión del país en 13 RHA y entidades federativas.



Fuente: Elaborado con datos de CONAGUA (2020).

Oficialmente la RHA XII PY comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche. 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 Tabasco y al sureste con Belice, país con el que comparte la cuenca del Río Hondo.

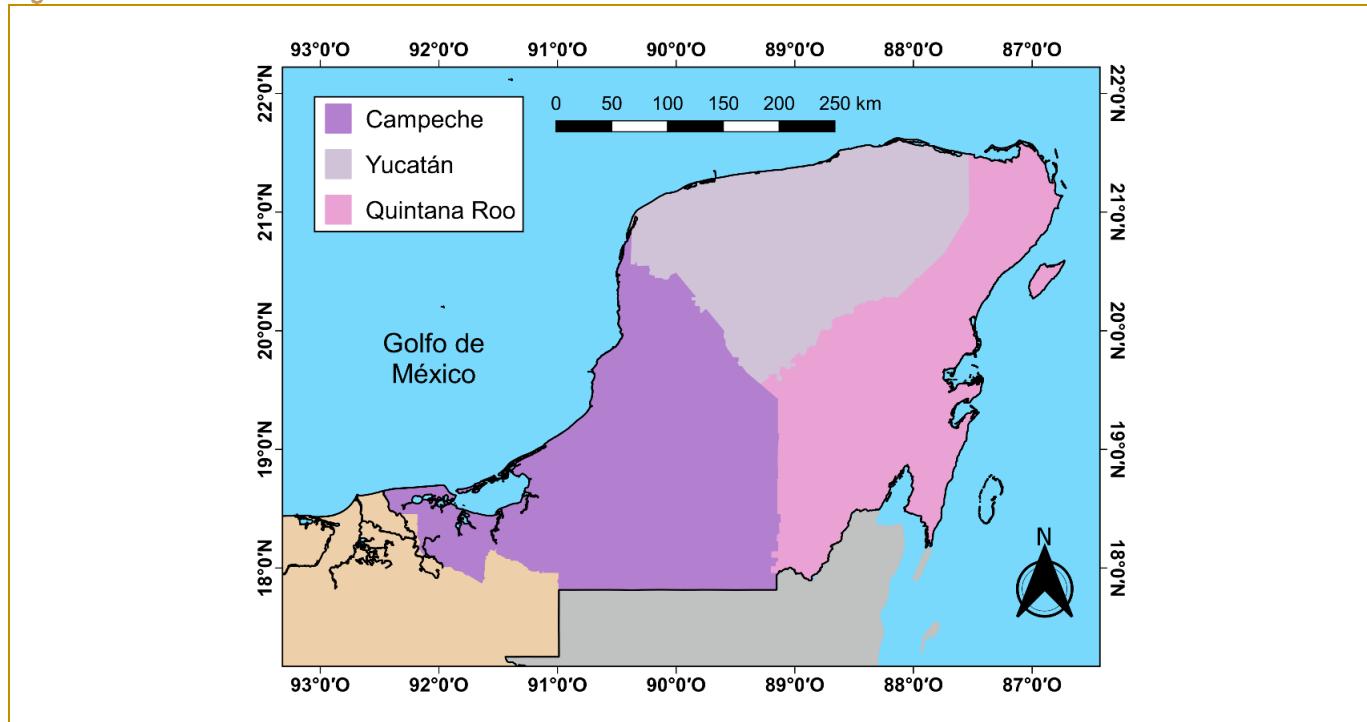
Cuenta con una extensión territorial total de 144,220.59 km² que representa poco más 7% de la superficie terrestre de la República Mexicana. La RHA XII PY (Figura 3) está hidrológicamente conformada por las regiones hidrológicas 31, 32 y 33 (Figura 4), en las cuales los parteaguas de sus microcuenca quedan incluidos en los límites políticos de Yucatán, Quintana Roo y Campeche.

Tabla 1. Regiones Hidrológicas Administrativas

Clave	Región hidrológica-administrativa
I	Península de Baja California
II	Noroeste
III	Pacífico Norte
IV	Balsas
V	Pacífico Sur
VI	Río Bravo
VII	Cuenca Centrales del Norte
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico
IX	Golfo Norte
X	Golfo Centro
XI	Frontera Sur
XII	Península de Yucatán
XIII	Aguas del Valle de México

Fuente: CONAGUA (2018), Atlas del Agua en México.

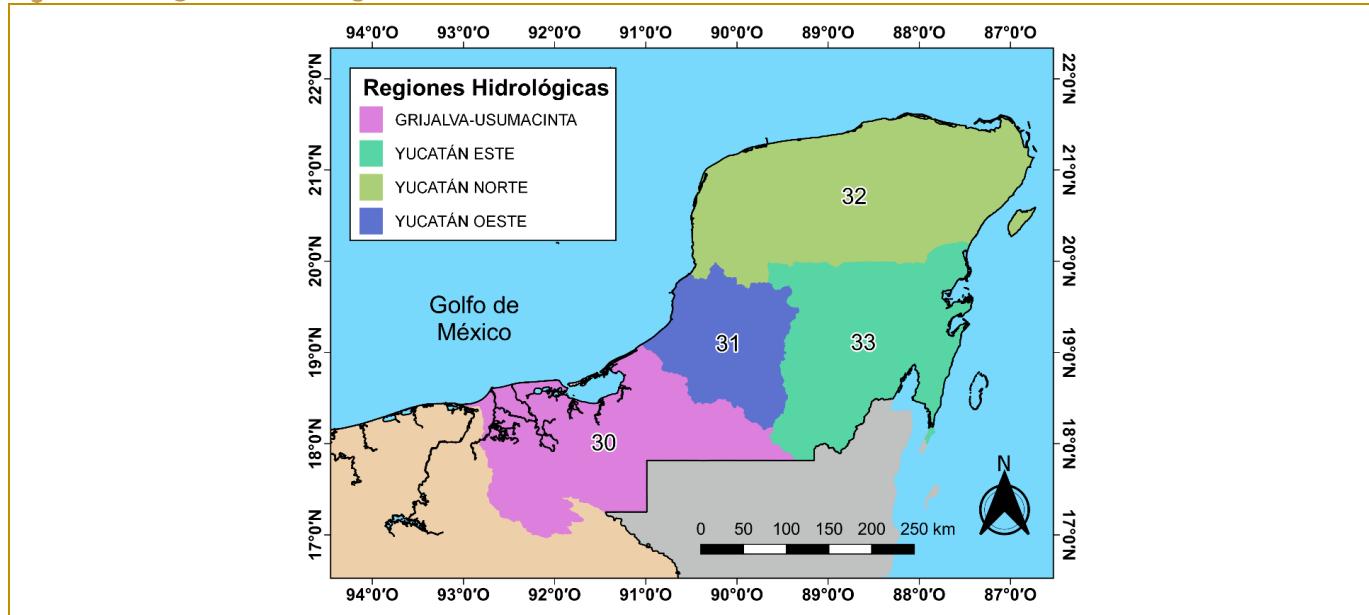
En la Región Hidrológica 33 queda incluida la porción mexicana del Río Hondo, cuya cuenca se extiende por la margen izquierda a la subcuenca del arroyo Ucum o Río Escondido, donde se ubican las lagunas Chacán-Batán; también queda incluida en la RHA XII una parte de la Región hidrológica 30 (Grijalva-Usumacinta), con la Cuenca Laguna de Términos y el municipio de Palizada, Campeche.

Figura 3. Localización de la RHA XII PY.


Fuente: Elaborado con datos de CONABIO (2020).

Las aguas superficiales de importancia que existen en la Región son los ríos Palizada, Candelaria y Champotón, en Campeche, y el Hondo, en Quintana Roo; otros escurrimientos son los ríos Chumpán y Mamantel en Campeche, y el arroyo Ucum o Río Escondido, en Quintana Roo. En el resto de la Región los arroyos son intermitentes, funcionan cuando tienen suficiente carga hidráulica y normalmente descargan en sumideros o xuches.

Figura 4. Regiones Hidrológicas.



Fuente: Elaborado con datos de CONAGUA (2020).

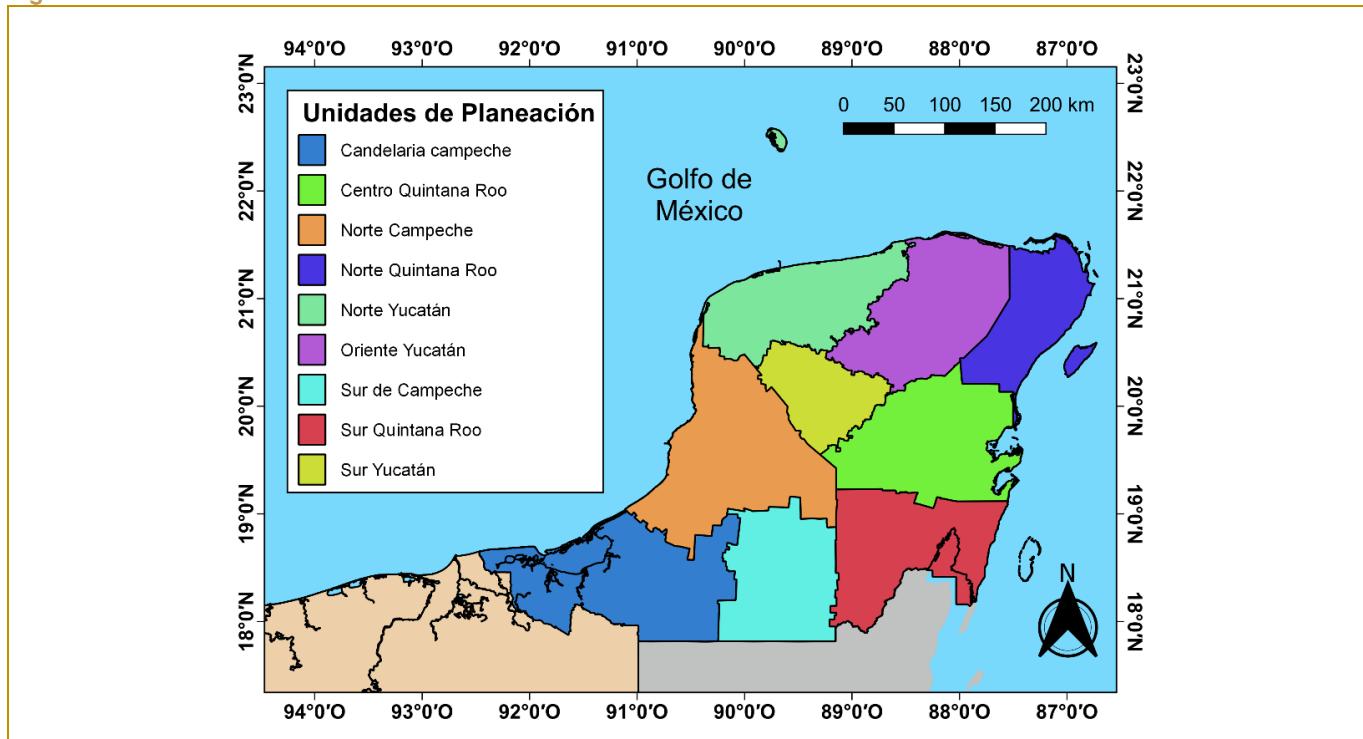
1.1. Unidades de planeación

La formulación de la Agenda del Agua Visión 2030, impulsó una política de sustentabilidad hídrica para entregar, a la siguiente generación, un país con ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de agua potable y alcantarillado, y asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas. Para realizar el Análisis Técnico Prospectivo aplicado en la Agenda del Agua Visión 2030, se dividió a la península de Yucatán en diez unidades de planeación, utilizando un corte hidrológico-estatal, definiendo a la unidad de planeación como el área geográfica formada por un grupo de municipios que pertenecen a un solo estado, dentro de los límites de una subregión hidrológica.

En esta edición se incorporó la subdivisión territorial por Células de Planeación Propuestas en ese documento y que en el presente trabajo modificamos a nueve Unidades de Planeación (UP ver Anexo 15), tres en Campeche, tres en Quintana Roo y tres en Yucatán (Figura 5 y Tabla 2).

Yucatán es el estado con más municipios, 106, de los cuales la mayoría se concentra en la UP YucN. Las UP con mayores municipios se registran en aquellas asociadas a las capitales estatales, o de alta urbanización, como Campeche, Mérida y Cancún, Rivera Maya, como se muestra en la Tabla 2.

**El enfoque de UP reconoce
la problemática
diferenciada existente en la
región y ayuda a identificar
e implementar las
soluciones colectivas para
lograr el bienestar de la**

Figura 5. UP en la RHA XII PY


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Superficie por UP y cantidad de municipios que los conforman.

Entidad / Unidad de Planeación	Superficie (km ²)	Número de municipios
Campeche	57 634.42	12
CampN	22 349.62	7
CampC	21 280.82	4
CampS	14 003.98	1
Quintana Roo	44 809.22	11
QRooN	11 002.53	7
QRooC	17 792.14	2
QRooS	16 014.55	2
Yucatán	41 776.95	106
YucN	16 638.43	61
YucO	16 783.68	27
YucS	8 354.84	18

Fuente: INEGI (2020).

Este enfoque hacia las UP reconoce la problemática diferenciada existente en la Región; por lo que ayuda a identificar e implementar las soluciones colectivas para lograr el bienestar de la población y el derecho humano al agua. Asimismo, se considera como temas esenciales la perspectiva de género, la atención hacia los pueblos

originarios y el atender los retos asociados con el cambio climático para el sistema hidrológico de la Región. Este nivel de análisis optimiza las soluciones, facilita la toma de decisiones y permite integrar a los usuarios del agua en la implementación de acciones efectivas para una gestión del agua sostenible y resiliente. Lo anterior se puede potencializar con el trabajo y colaboración de los órganos auxiliares del Consejo de Cuenca.

El análisis propuesto a nivel de UP (Nivel Operativo) permite obtener un diagnóstico y una proyección de los volúmenes ofrecidos para los distintos usos del agua, así como la demanda estimada para la Región hacia el 2050. Esto con los insumos de la participación directa desde diversos sectores a ese nivel.

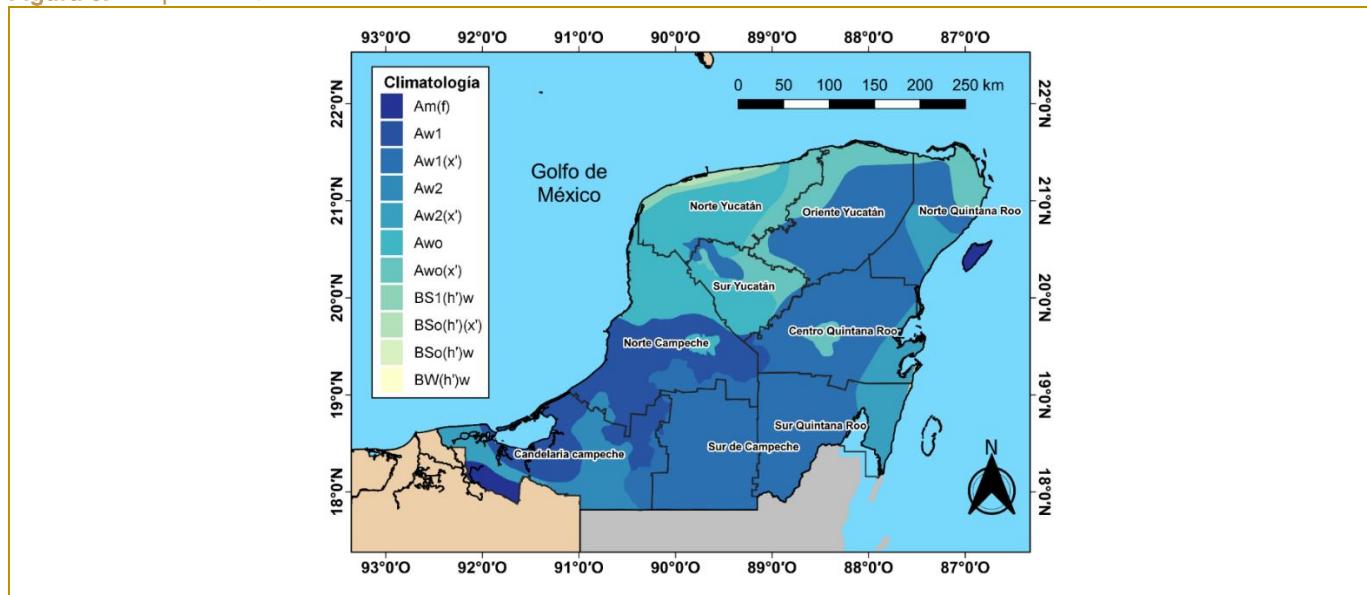
1.2. Medio Ambiente

1.2.1. Clima

Por su ubicación, la península recibe la influencia de los vientos alisios, la sequía intraestival, las ondas del este, tormentas tropicales y huracanes, los vientos polares y nortes, las altas presiones y las corrientes marinas. De éstos, el que más aporte de lluvias produce son los vientos alisios que penetran con fuerza a la región durante el verano.

Estas condiciones determinan dos tipos de climas de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1973); estos dos grupos climáticos se dividen en varios tipos (grupo y régimen de lluvias) y subtipos (variantes climáticas con condiciones de temperatura y régimen de lluvias, canícula, oscilación térmica y marcha de la temperatura (Figura 6) (Orellana et al. 1999).

Figura 6. Tipos de Clima en el PY



Fuente: Elaborado con datos de CONABIO (2008).

Símbolos de tipos y subtipos del grupo A (Cálidos húmedos):

-Am(f) Húmedo con lluvias intensas de verano que compensan la sequía de invierno.

-Aw Cálido subhúmedo con lluvias en verano; de acuerdo con su grado de humedad se divide en:
Aw0 Es el más seco de los cálidos subhúmedos.

Aw1 Intermedio en cuanto al grado de humedad, con lluvias en verano.

Aw2 Es el más húmedo de los cálidos subhúmedos.

Una (x') a continuación de la w indica un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 10.2.

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

Símbolos de tipos y subtipos del grupo B (Secos):

-BS Tipo de clima semiárido que se subdivide en dos subtipos de acuerdo con su grado de humedad:

BS0 Es el más seco de los semiáridos, con un cociente P/T menor de 22.9.

BS1 Es el menos seco de los BS con un cociente P/T mayor de 22.9.

-BW Tipo de clima muy seco, desértico.

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

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

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

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

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

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

g Marcha de la temperatura tipo Ganges, lo que significa que el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano.

Basado en la clasificación climática según Köppen, modificado por Enriqueta García (1964).

El primero se presenta en una franja de la parte norte de la península, especialmente en el estado de Yucatán, y se caracteriza por tener escasas lluvias y altas temperaturas; dicha franja se extiende desde Celestún hasta el Cuyo.

Abarcando la mayor parte del estado de Yucatán, el norte de Campeche y parte del norte de Quintana Roo, incluyendo Isla Mujeres y Contoy se puede distinguir el clima cálido subhúmedo (Aw0) con lluvias en verano y marcada presencia de canícula, una temperatura media anual que oscila entre 26 y 27.6°C y precipitaciones registradas entre los 940 y 1,132 mm.

En el sur, cubriendo la mayor parte de los estados de Quintana Roo y Campeche y el vértice del cono sur de Yucatán está el clima más húmedo de los tres (Aw2), con lluvias en verano y marcada canícula; el promedio anual de precipitación oscila entre 1,438 y 1,561 mm. En promedio, el valor medio anual de temperatura en la Península es de 25.8°C. Las temperaturas más elevadas en la región se presentan entre los meses de mayo y agosto.

En la región es común la presencia de temperaturas relativamente altas durante el día (por lo regular arriba de 30°C) y uniformes en el transcurso del año. No obstante, la variación entre las temperaturas máximas y mínimas diarias es generalmente acentuada, por causa del descenso térmico que se registra en las noches, y que es particularmente notorio durante la estación invernal.

En sus rasgos más generales, el régimen pluvial en la Península de Yucatán se caracteriza por la dominancia de una condición subhúmeda en la mayor parte del territorio. Salvo la porción costera noroccidental, que se destaca por su marcada carencia de lluvias por tiempos prolongados, el régimen pluvial muestra un acentuado contraste en su distribución anual, el cual se manifiesta en una clara diferenciación de tres épocas de humedad en el transcurso del año: el temporal o época de fuertes lluvias regulares donde se registra el mayor porcentaje de la precipitación anual (entre 60 y 70% de acuerdo a diferentes autores), en algunos casos con más de 300 mm de lluvia en 24 horas en época de ciclones y una constante de 208 mm durante 20 años en el mes de septiembre; los nortes o época de lluvias escasas pero algo constantes que aportan el resto del porcentaje total de la precipitación anual y mantiene la alta humedad ambiental (entre 60% en el norte y 80% en el sur) y la seca o época con lluvias ocasionales y aisladas.

Históricamente, considerando los promedios de las precipitaciones desde los años 1995 al 2020 (Figura 7), la RHA XII alcanzó los 1,215.9 mm anuales, ocupando el tercer lugar nacional, superado sólo por Frontera Sur con 1,846 mm y Golfo Centro con 1,558 mm, respectivamente. El año más lluvioso ha sido el 2020, en el que alcanzo un promedio de 1,586.2 mm, mientras que las precipitaciones anuales más bajas han sido de 1,115.2 mm para Campeche, registrada en el año 2012, en Quintana Roo es de 725.5 mm ocurrida en el año 1995 y para Yucatán es de 725.4 mm registrada en el año 2009.

1.2.2 Aguas superficiales

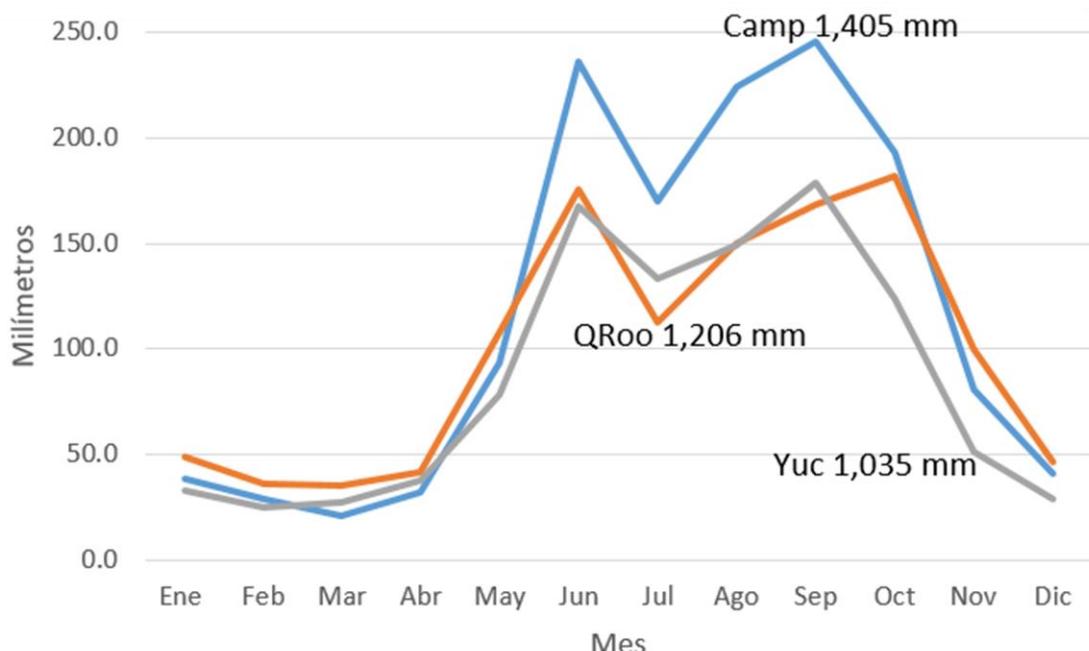
1.2.2.1 Cuencas

La conformación de la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán es de manera muy diferente a la del resto del país; en ella no figuran montañas ni grandes elevaciones de terreno y sólo algunos escurrimientos superficiales de importancia, no obstante la elevada precipitación pluvial que se registra en esta Región, que va de los 500 mm en la franja costera Norte hasta los 2,100 mm al Suroeste, en los límites con el estado de Tabasco y los 1,300 mm al Sureste, en los límites con Belice. En la mayoría de este territorio, con excepción de la parte sur y de los litorales, la capacidad de infiltración del terreno es alta, lo que, aunado a la alta precipitación pluvial y a la reducida pendiente topográfica, favorece la renovación del agua subterránea de la península, que, para volver al mar, rompe brecha en el subsuelo una vez alcanzado el manto freático, formando cavidades y aguadas interiores conocidas como cenotes. Por lo anterior, prácticamente toda el área funciona como zona de recarga propiciando que los escurrimientos superficiales sean escasos o de muy corto recorrido. Estas corrientes superficiales se desarrollan principalmente en las RH 30, 31 y 33 (Figura 8). En la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán, aun cuando existe un número reducido de corrientes superficiales, tres de ellas son de carácter transfronterizo, ya que se originan en países vecinos; tal es el caso del río Candelaria cuyos escurrimientos se originan en Guatemala y



después de recorrer aproximadamente 150 km por el Sur del estado de Campeche, descarga sus aguas en la Laguna de Términos; el arroyo Azul, el cual tiene su origen también en Guatemala y es frontera natural entre dicho país y México y el río Hondo, formado a partir de la confluencia de dicho arroyo Azul y el río Bravo, cuyas aguas se originan en Belice.

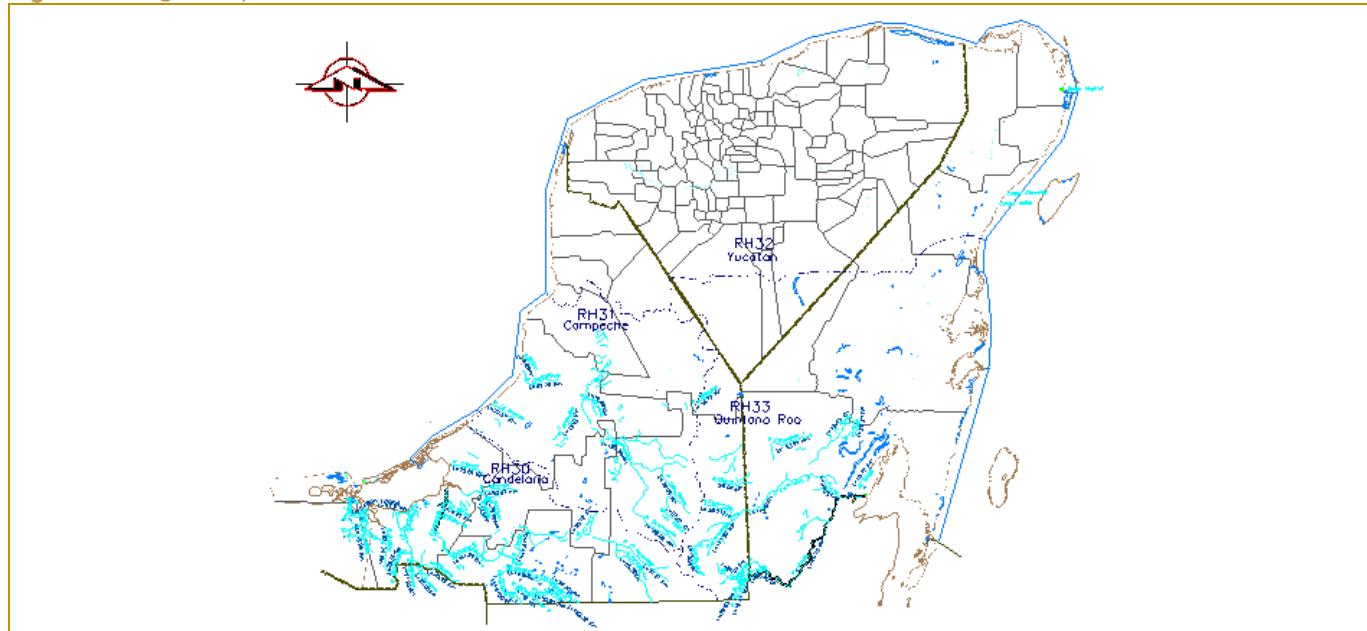
Figura 7. Precipitación pluvial promedio 1995 a 2020



Fuente: Dirección Técnica del OCPY, CONAGUA

El río Candelaria es el principal escurrimiento de tipo perene y desemboca en la Laguna de Términos, con un patrón de drenaje dendrítico. En la región RH30, se encuentran los ríos Chumpán, Candelaria, y Mamantel, en la región RH31 el río Champotón y en la RH33 el río Escondido y el Hondo, mismo que sirve como límite internacional con Belice y se origina a partir de la confluencia del Arroyo Azul y el Río Bravo, con una longitud de 121 km y una cuenca de más de 13,000 km (Figura 8). Hacia el suroeste del estado de Campeche existe el sistema lagunar más importante del litoral del Golfo de México, constituido por la Laguna de Términos y otras que la circundan como son: Pom-Atasta, Puerto Rico, Del Corte, el Vapor, San Francisco, del Este, Balchacah y Panlao. Estas lagunas reciben agua dulce de los principales ríos de Campeche, se comunican con la Laguna de Términos y esta a su vez lo hace con el mar y con el estero de Sabancuy; por lo tanto, en mayor o menor grado todo el sistema lagunar tiene agua salada. Los ríos que alimentan el anterior sistema lagunar son: el San Pedro y San Pablo que en parte sirven como límite con el estado de Tabasco, el Palizada que se desplaza más hacia el Este y es un efluente del río Usumacinta, el Chumpán, el Candelaria que procede de la República de Guatemala y el Mamantel. En el estado de Quintana Roo, destacan la Laguna de Bacalar con 55 km de longitud, Chinchancanab y el sistema Lagunar Nichupté con 12 km.

Además de las corrientes antes mencionadas, existen las siguientes: río Champotón, río Chumpán, río Mamantel y río Palizada. Se muestra a continuación en la Tabla 3 una relación de estas corrientes y algunas de sus características.

Figura 8. Agua superficial


Fuente: CONAGUA.

Tabla 3. Características de principales corrientes superficiales

Río/Arroyo	Región Hidrológica	Longitud (Km)	Área Drenada (Km ²)	Problemática De Inundación
Río Candelaria	30 Grijalva Usumacinta	150	11 115	Inunda o incomunica aproximadamente a 2,500 pobladores de 35 localidades.
Río Champotón	31 Yucatán Oeste	47	649	Inunda o incomunica aproximadamente a 1,065 pobladores de 11 localidades.
Río Palizada	30 Grijalva Usumacinta	85	1 272	Inunda o incomunica aproximadamente a 6,396 pobladores de 21 localidades.
Río Chumpán	30 Grijalva Usumacinta	91	ND	Inunda o incomunica aproximadamente a 392 pobladores de 36 localidades.
Río Mamantel	30 Grijalva Usumacinta	45	1 225	Inunda o incomunica aproximadamente a 213 pobladores de 45 casas-habitación asentadas en sus márgenes.
Río Hondo	33 Yucatán Este	115	13 465	Inunda aproximadamente 96 casas de 8 localidades de la margen izquierda, poniendo en riesgo aproximadamente a 480 habitantes.
Arroyo Azul	33 Yucatán Este	45	ND	Inunda aproximadamente 252 casas del poblado La Unión, poniendo en riesgo aproximadamente 1,260 habitantes.

Fuente: Direcciones Locales Campeche y Quintana Roo de la CONAGUA

El estado de Campeche concentra el mayor número de ríos que forman el entorno hidrológico superficial de la Península de Yucatán. Los ríos de Palizada y Candelaria son, por su área de cuenca y volumen escurrido, los más importantes de la entidad, donde se concentran en sus márgenes el mayor número de habitantes, además de que atraviesan los centros de mayor población; como se menciona anteriormente estos ríos tienen características de

pendientes suaves, casi plana, donde las crecidas se presentan en forma paulatina, muy diferente a ríos de grandes pendientes donde las avenidas son de rápida respuesta y de peligro eminentes. De tal modo que esto permite que, durante la época de crecientes, se cuente con suficiente tiempo para realizar las actividades necesarias y alertar y proteger a la población que se encuentre en riesgo de inundación y de posible aislamiento por las avenidas.

El Río Hondo, por sus características estructurales y geológicas no causa problemas de inundación en las poblaciones cercanas a su cauce, así como tampoco daños a la agricultura de la región. Cabe hacer mención que la única población que se afecta es la localidad de La Unión por la creciente del Arroyo Azul, que es uno de los formadores del río Hondo.

1.2.2.2 Balance de aguas superficiales

A partir de los datos estimados en el balance de aguas superficiales, se aprecia que el escurrimiento virgen o por cuenca propia es de 3,026 hm³ al año (Tabla 4). El escurrimiento total de la Región disponible al nivel de descargas al mar (Ab) se estima en 5,328 hm³ al año.

Tabla 4. Balance de aguas superficiales

Región Hidrológica	Cuenca del río	Ar	Uc	Ab	Cp
30	Candelaria	1959	213	3 385	1 680
31	Champotón	599	2	1 332	734
33	Río Escondido	-	0	611	612
Total		2 558	215	5 328	3 026

Volumenes en millones de metros cúbicos

Ar.- Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba

Uc.- Volumen anual de extracción de agua superficial

Ab.- Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo

Cp.- Volumen medio anual de escurrimiento natural

Fuente: DOF, 2020.

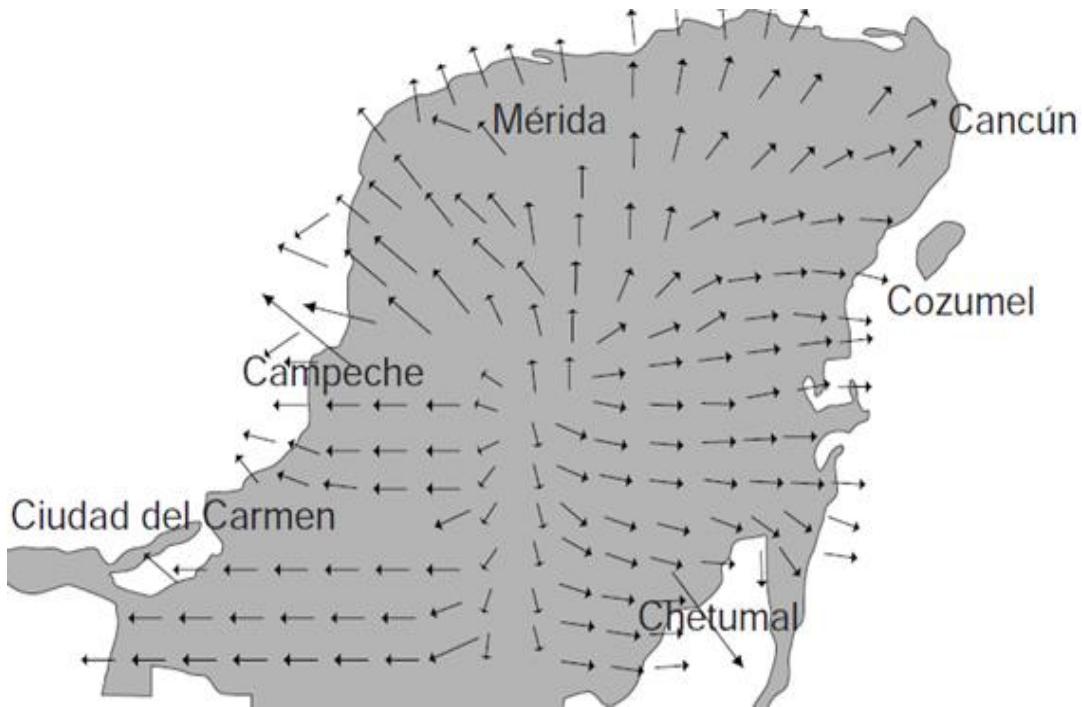
1.2.3 Aguas subterráneas

La naturaleza cárstica de la Península de Yucatán determina que sus características hidrológicas más notables sean la existencia de un manto hídrico subterráneo presente en toda su extensión y la presencia de una capa de agua salina que se extiende en forma de cuña por debajo de la capa de agua dulce, hasta una distancia cercana a los 100 km hacia el interior de la península, a partir de la costa norte. En el Anexo 1 se presenta una descripción amplia y detallada sobre el entorno geológico del acuífero kárstico de Yucatán.

Por tal razón, una capa salobre, formada por la propiedad miscible de las aguas dulces y saladas, se mueve en forma vertical, ascendiendo o descendiendo en función de los fenómenos que determinan el ciclo natural de carga-recarga, pero también, por efecto de la extracción para las actividades humanas.

El agua precipitada se infiltra al subsuelo formando grandes volúmenes que se desplazan a velocidades mínimas. Estas aguas subterráneas fluyen radialmente de las zonas de mayor precipitación, ubicadas al sur de Xpujil, hacia las costas dispersándose hacia el noroeste, noreste y norte donde se realiza la descarga natural del acuífero, alimentando a los esteros y lagunas costeras y arrastrando las sustancias que se adicionan al flujo en su recorrido (Figura 9).



Figura 9. Flujo del agua subterránea


Fuente: CONAGUA, OCPY, Dirección Técnica.

Se considera que, por sus características de gran fracturamiento y abundancia de oquedades, su alta conductividad hidráulica, lo poco espeso de sus suelos y de la zona no saturada, el acuífero de la Península de Yucatán es altamente vulnerable a la contaminación, debido a la rapidez con la que el agente externo accede al acuífero, situación que se describe particularmente importante en la porción norte, debido principalmente al impacto por actividades humanas.

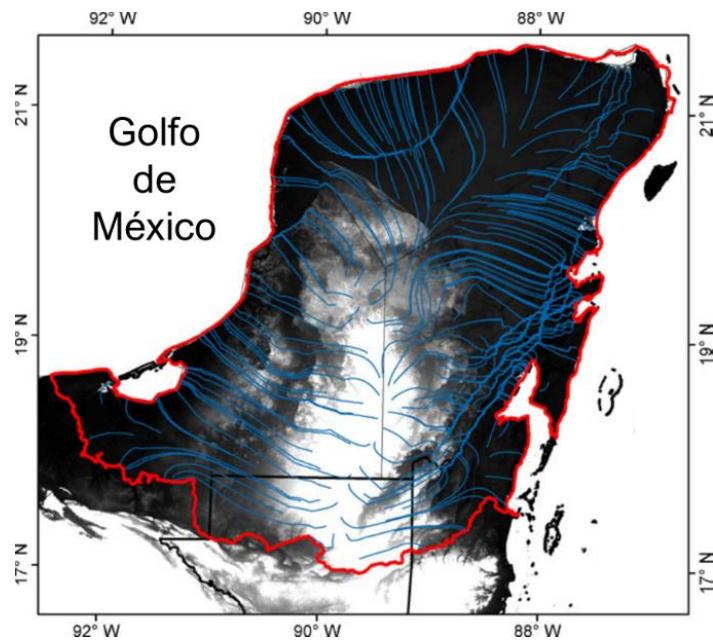
Como resultado de diversos estudios se llegó a plantear un nuevo modelo de flujos del agua subterránea que es el que se muestra en la Figura 10. En el anexo 1 antes referido, se hace una más amplia descripción de los estudios realizados en este tema. Este nuevo modelo, si bien habría que tomarlo con la debida reserva, también representa un avance con respecto al modelo de la Figura 9, sin embargo, se reconoce que es necesario continuar con los estudios que lleven a afianzar estas hipótesis.

La interacción de las características geológicas originarias con los procesos que dan lugar a la porosidad y permeabilidad secundarias, así como la dinámica ambiental, han dado lugar a cinco unidades hidrogeológicas, que en dirección Norte-Sur se presentan como sigue: región costera; círculo, semicírculo o anillo de cenotes; planicie interior; región de cerros y valles y cuencas escalonadas.

1.2.3.1 Balance por acuífero

Para efectos de determinación de la disponibilidad de aguas subterráneas, en la Península de Yucatán se identifican cuatro acuíferos (Figura 11), los cuales, de acuerdo con la publicación del DOF con fecha 7 de abril de 2020, cuentan con volumen total de 3,008.9 hm³ (Tabla 5).

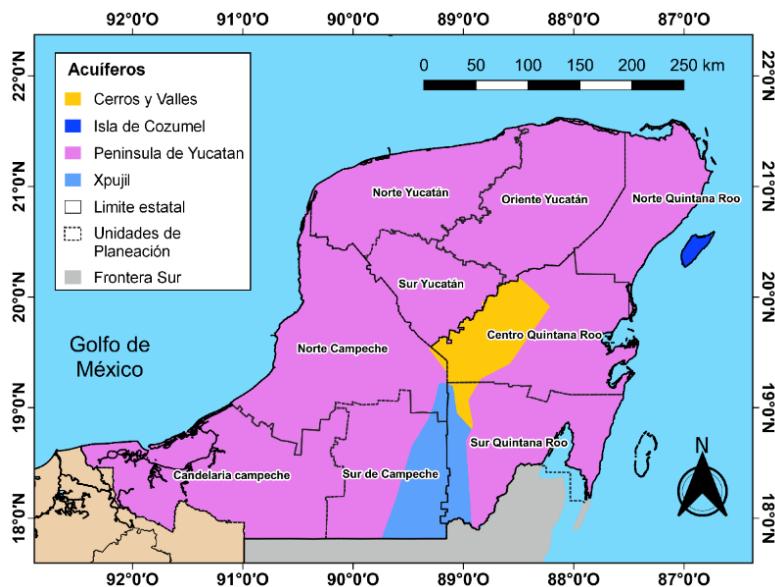
Figura 10. Representación de flujos de agua subterránea (líneas azules) de la Península de Yucatán



Nota: Los tonos de gris indican las elevaciones topográficas, siendo el color blanco el de mayor altitud. Se observa la interconectividad hidrogeológica de oeste a este y de sur a norte de la región del APFFB. Tomado de: (Bauer-Gottwein et al. 2011).

Fuente: Modificado de Charvet (2009).

Figura 11. Acuíferos en la PY



Fuente: Elaborado con datos de CONAGUA.

Tabla 5. Disponibilidad de agua por acuífero (hm³)

Acuífero	Recarga media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado	Volumen de extracción de aguas subterráneas consignado en estudios técnicos (VEAS)	Disponibilidad media anual de agua subterránea
Xpujil	2 099.4	1 784.1	7.1	0.9	307.2
Cerros y Valles	1 194.2	854.9	22.6	31.8	284.9
Isla de Cozumel	208.7	160.4	17.7	0.6	29.9
Península de Yucatán	21 813.4	14 542.2	4 657.8	226.4	2 386.9
Total	25 315.7	17 341.6	4 762.3	259.9	3 008.9

Fuente: DOF, 7 de abril del 2020

Al tomar en cuenta la relación entre la recarga del acuífero y su explotación, se puede concluir que el grado de presión es bajo, ya que no alcanza el 40%. De acuerdo con lo antes expuesto, la disponibilidad del agua subterránea desde la perspectiva regional aún es suficiente.

Tras observar en retrospectiva la evolución, para el acuífero 3105 denominado Península de Yucatán se tenía una disponibilidad de 5,759.22 Hm³/año de acuerdo con la publicación de 2003 y para la última publicación de 2020 una disponibilidad de 2,386.92 Hm³/año, 59% menos en 17 años, lo que, aritméticamente, daría una situación alarmante en 15 años. Algo similar ocurre para el acuífero 2305 denominado Isla de Cozumel que pasó de 92.12 Hm³/año a 29.89 Hm³/año, es decir, 67% menos de disponibilidad para el mismo período de tiempo (Mejía Gómez 2020, CONAGUA). Al revisar los "Acuerdos por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos" emitidos desde el 2011 a la fecha, el valor de recarga no se ha modificado, aunque el valor de precipitación anual haya sido diferente, disminuyendo la DNC, incrementando la disponibilidad, y presentando un brinco abrupto en el volumen de extracción de aguas subterráneas en el 2020, de hasta 4,965.25 Mm³/año en total (denominado VEAS en la Tabla 5) disminuyendo la disponibilidad media de agua subterránea (Tabla 6).

Tabla 6. Datos históricos del valor de recarga media y disponibilidad del 2011 al 2020 del Acuífero por RHA XII PY.

Año	Recarga media Mm ³ /año (Precipitación mm)	Descarga Natural Comprometida Mm ³ /año	Disponibilidad total Mm ³ /año	Volumen de extracción de aguas subterráneas Mm ³ /año	Disponibilidad media de agua subterránea Mm ³ /año	Fuente
2020	25 315.70 (1,214.16 mm) 14.6 %	17 305.60 68.30%	7 974.06	4 965.25	3 008.91	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2018	25 315.70			1 343.50	3 487.32	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2017	25 315.70			1 343.50	4 065.26	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2016	25 315.70			1 343.50	4 065.26	SINA-CONAGUA.Gob.mx

Año	Recarga media Mm ³ /año (Precipitación mm)	Descarga Natural Comprometida Mm ³ /año	Disponibilidad total Mm ³ /año	Volumen de extracción de aguas subterráneas Mm ³ /año	Disponibilidad media de agua subterránea Mm ³ /año	Fuente
2015	25 315.70			1 343.50	4 065.26	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2014	25 315.70			1 343.50	4 560.26	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2013	25 315.70 (1 671.53 mm)	19 411.94 76.60%	5 903.76	1 343.50	4 560.26	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2012	25 315.70				5 691.00	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2011	25 315.70				5 150.00	SINA-CONAGUA.Gob.mx
2004-2008	37 790.22 (1 259.04 mm) 19.5 %	25 697.34 Estimado 68 %	12 092.88	2 368.00	9 724.80 estimado	Bauer Gotweinn et al 2019
1995	34 959.70 (1 283.06 mm) 19.1 %	23 772.59 Estimado 68 %	11 187.11	1 023.61	10 163.44 estimado	Lutz, W. et al 1996 (IIASA)

Fuente: SINA- CONAGUA.Gob.mx.

1.2.3.2 Balance por unidad de planeación

A continuación, se presenta un ejercicio de estimación de la recarga de agua subterránea a nivel de unidades de planeación. Al respecto, los resultados obtenidos sirven como una simple referencia y deben tomarse con toda reserva, ya que habrá de tenerse muy en cuenta que la unidad de planeación no representa un acuífero y sus límites no corresponden por lo tanto a una delimitación hidrogeología.

La información oficial es la que rige en este PHR 2021 – 2024, por lo que la información científica de referencia presentada solo permite el contraste que indica la necesidad de mayores estudios y reflexiones sobre el tema de disponibilidad.

En el Anexo 2 se presenta un análisis detallado sobre el papel que juegan la vegetación, la evaporación, el suelo y el manto freático en el ciclo hidrológico.

1.2.3.2.1 Recarga

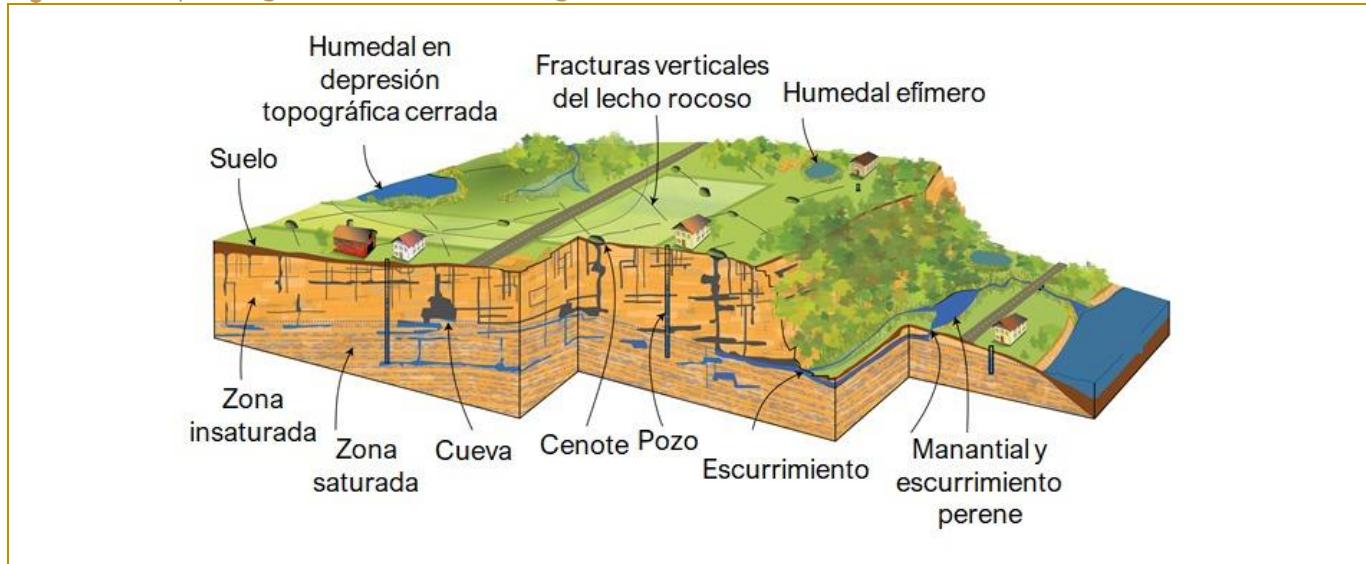
La recarga de agua subterránea ocurre principalmente por la infiltración de la precipitación, aunque también suele ocurrir por la infiltración de cuerpos superficiales o por exceso de agua en zonas agrícolas (IMTA 2019). Existen diversos destinos del agua precipitada. Una parte se retiene en el suelo, ya que éste tiene una gran capacidad de campo o de almacenamiento de agua. Otra parte es almacenada en cuerpos de agua superficiales, como ríos, lagos, lagunas etc. Un tercer destino es el agua que se percola hasta el manto freático y se incorpora como recarga al acuífero, de hecho, varios autores mencionan que la recarga efectiva al manto freático equivale a un 14 o 17 % (Bauer et al., 2011) de la precipitación a nivel peninsular (Lesser 1976; Hanshaw and Back 1980; Back 1985, y Gondwe et al. 2010). Finalmente, parte del agua que se precipita se regresa a la atmósfera a través de la evaporación de suelo y cuerpos de agua y evapotranspiración de plantas (Figura 12).

En esta sección se retoma el trabajo de Bauer (2011), el cual representa un trabajo de investigación científica del resultado del trabajo de investigadores locales e internacionales, con datos que van del 2004 al 2008 y dan cuenta de los primeros resultados de recarga al manto freático. Los cuales permiten establecer las recargas por UP. Que, si bien es una primera aproximación a la situación local de cada UP, da una idea del balance de agua en cada una de ellas. lo que permitirá para comparar con el registro del DOF.



Rodríguez-Huerta et al. (2020) y Bauer Gottwein et al. (2011), utilizaron diversos métodos para evaluar la recarga actual de la PY (RHA-XII-PY), los cuales varían de 43 a 143 mm/año (Thornthwaite; THO, Hamon; HAM). Si se considera la referencia de la FAO (2017) la recarga estaría en el orden de los 72 mm/año, proceso que ocurre entre junio a noviembre, siendo septiembre el mes con la mayor contribución a la recarga vertical al agua subterránea (en promedio 46 mm/año) en la RHA-XII-PY (CONAGUA 2019).

Figura 12. Esquema general del ciclo hidrológico



Fuente: Modificado de Runkel et al. 2003

Sobresalen las zonas de recarga más importantes en la parte suroccidental y nororiental de Campeche (Candelaria y Laguna de Términos) y Yucatán, entre los municipios de Cenotillo y Tizimín. El resto de las áreas la recarga vertical no es significativa, e incluso en algunas áreas costeras de la Península no reciben recarga vertical alguna, sin embargo, pueden recibir recargas vía flujos subterráneos (González-Herrera et al. 2002; Bauer-Gottwein et al. 2011; Pérez-Ceballos et al. 2012). Un ejemplo de ello es la fractura de Holbox, y otras estructuras kársticas similares, que presentan conductividades eléctricas, y por lo tanto permeabilidades, más altas que los terrenos que la circundan (Gondwe et al. 2012).

Los mismos autores mencionan que existe una correlación directa entre la precipitación y la recarga vertical. Sin embargo, observaron que existe un valor límite por debajo del cual no existe recarga posible, y este es de 798 mm/año.

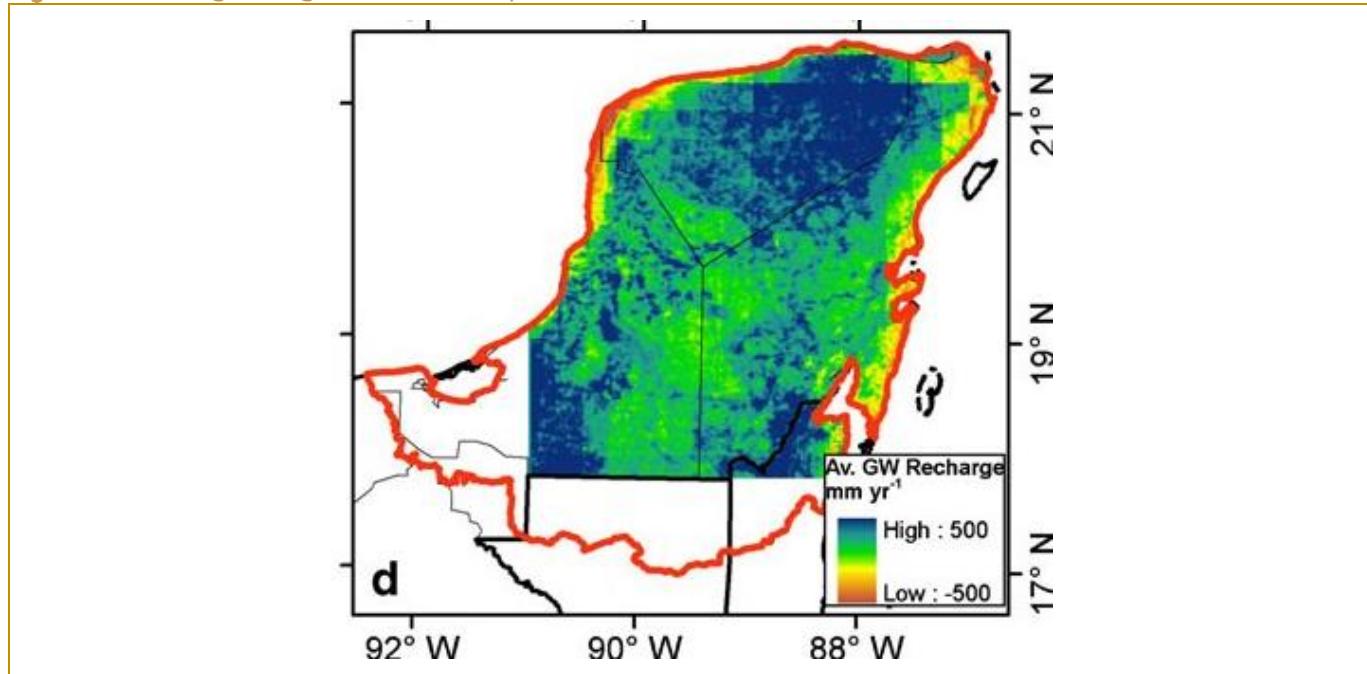
Este resultado sugiere todo el territorio que se encuentre por debajo de este valor no recibirá una recarga natural vertical significativa, derivada de la infiltración y percolación de la precipitación.

En la siguiente figura se muestra el Mapa de Peter Bauer-Gottwein et al. (2011) se retrabajó para este proyecto de PHR (ver metodología en el Anexo 3), y se identificaron los mm de recarga que van de los -500 a los 500 mm. Además, se obtuvo el porcentaje de recarga que ocupan los diferentes valores (100, 200, 300, 400, 500 mm) con respecto a la superficie total de la zona geohidrológica o UP.

En este caso se observa que, para el caso de la UP CampC, el 61.55 % de su territorio presenta una recarga de 500 mm o más. Posteriormente se calculó la recarga unitaria (Mm^3/Km^2) para cada valor y se obtuvo la recarga total como se muestra en la Figura 13 y la Tabla 7.

Los estudios sobre recarga recopilados por Bauer Gottwein et al. (2011), analizados en este trabajo, con datos de 2004 a 2008, presentan un promedio de precipitación total para los cuatro años de 1,259.04 mm, un valor muy cercano al promedio general de la serie de 14 años mencionada anteriormente (SINA).



Figura 13. Recarga de agua subterránea para la PY


Nota: Todas las cantidades se dan en mm por año.

Fuente: Peter Bauer-Gottwein et al. (2011).

Tabla 7. Recarga por UP.

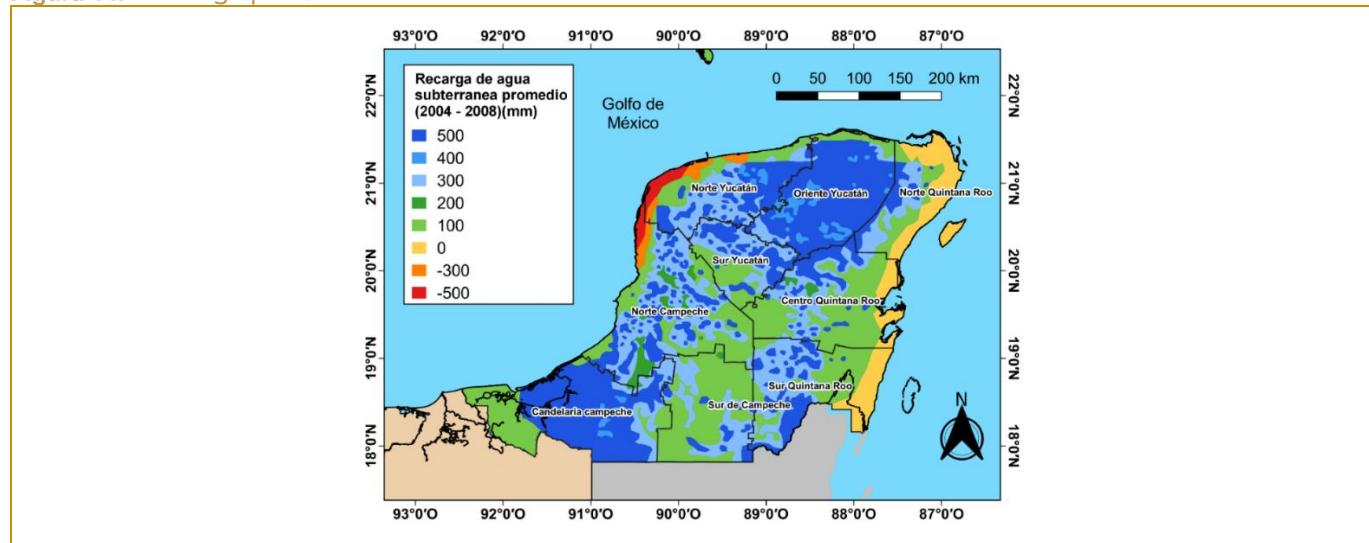
Unidad de Planeación	Superficie total (km²)	Recarga 2004-2008 (mm)	Superficie de recarga (km²)	Porcentaje de recarga	Recarga en Mm³/km²	Recarga en Mm³
Campeche	57 634.42					
CampN	22 349.62	100	6 791.18	30.39	679.12	679.12
		200	1 836.65	8.22	367.33	367.33
		300	8 350.91	37.36	2 505.27	2 505.27
		-500	535.11	2.39	-267.55	-267.55
		500	4 354.38	19.48	2 177.19	2 177.19
CampC	21 280.82					5 317.31
		100	5 301.30	24.91	530.13	530.13
		200	105.95	0.50	21.19	21.19
		300	2 376.06	11.17	712.82	7 128.2
		500	13 097.47	61.55	6 548.74	65 487.4
CampS	14 003.98	400	398.40	1.87	159.36	159.36
						7 972.23
		100	9 397.20	67.11	0.10	939.72
		200	53.91	0.38	0.20	10.78
		300	3 590.83	25.64	0.30	1 077.25
		500	962.03	6.87	0.50	481.01
						2 508.76

Unidad de Planeación	Superficie total (km ²)	Recarga 2004-2008 (mm)	Superficie de recarga (km ²)	Porcentaje de recarga	Recarga en Mm ³ /km ²	Recarga en Mm ³
Quintana Roo	44 809.22					
QRooN	11 002.53	100	2 502.91	22.75	0.1	250.29
		0	4 782.24	43.46	0.0	0.00
		300	2 387.68	21.70	0.3	716.31
		500	1 315.91	11.96	0.5	657.96
		400	0.34	0.00	0.4	0.13
QRooC	17 792.14					1 624.69
		100	9 381.49	52.73	0.1	938.15
		0	1 755.41	9.87	0.0	0.00
		200	365.85	2.06	0.3	73.17
		300	3 776.63	21.23	0.5	1 132.99
QRooS	16 014.55	500	2 512.75	14.12	0.4	1 256.38
						3 400.69
		100	5 106.99	31.89	0.1	510.70
		0	2 841.95	17.75	0.0	0.00
		300	4 939.38	30.84	0.3	1 481.81
Yucatán	41 776.95	500	3 126.09	19.52	0.5	1 563.04
						3 555.56
		100	3 120.89	21.32	0.1	312.09
		300	4 317.77	29.50	0.3	1 295.33
		-500	1 002.87	6.85	-0.5	-501.44
YucN	16 638.43	500	4 758.03	32.50	0.5	2 379.02
		400	470.60	3.21	0.4	188.24
		-300	929.01	6.35	-0.3	-278.70
						3 394.54
		100	1 233.85	7.35	0.1	123.38
YucO	16 783.68	300	1 052.45	6.27	0.3	315.73
		500	13 011.86	77.53	0.5	6 505.93
		400	1 485.49	8.85	0.4	594.20
						7 539.24
		100	2 638.20	31.58	0.1	263.82
YucS	8 354.84	300	3 224.67	38.60	0.3	967.40
		500	2 491.95	29.83	0.5	1 245.98
						2 477.20
						37 790.22

Fuente: Elaborado con datos de Bauer (2011).

En la Figura 14 y Figura 15 y en la Tabla 8 se observa la recarga total por UP (Mm^3) mediante rangos de variación que van de los $1,624.69 Mm^3$, que sería la recarga más baja y que corresponde a la UP QRooN, a $7,972.23 Mm^3$, que sería la mayor recarga vertical correspondiente a la UP CampC.

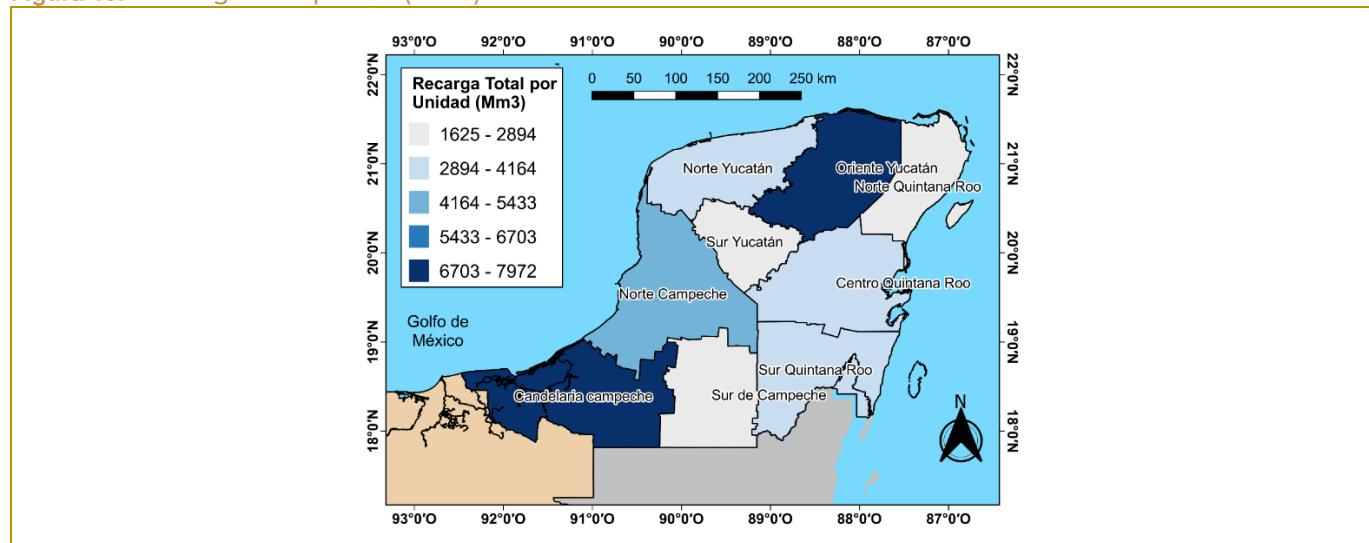
Figura 14. Recarga por UP



Nota: Se observa la recarga en Mm^3 mediante rangos que van de -500 mm a 500 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Recarga total por UP (Mm^3)



Fuente: Modificado de Bauer-Gottwein et al. (2011). Península de Yucatán Acuífero Kárstico, México.

Tabla 8. Recarga total por UP (Mm³)

Entidad / Unidad de Planeación	Superficie (km ²)	Recarga total por unidad en Mm ³	Recarga total por unidad en Mm ³ /km ²
Campeche	57 634.42	15 798.31	0.27
CampN	22 349.62	5 317.31	0.24
CampC	21 280.82	7 972.23	0.37
CampS	14 003.98	2 508.77	0.18
Quintana Roo	44 809.22	8 580.93	0.19
QRooN	11 002.53	1 624.69	0.15
QRooC	17 792.14	3 400.69	0.19
QRooS	16 014.55	3 555.56	0.22
Yucatán	41 776.95	13 410.98	0.34
YucN	16 638.43	3 394.54	0.23
YucO	16 783.68	7 539.24	0.45
YucS	8 354.84	2 477.20	0.30

Fuente: Bauer-Gottwein et al. (2011).

De esta forma, la recarga vertical total para la PY asciende a 37,790.22 Mm³ anual (Bauer Gottwein et al. 2011). Valores muy semejantes resultaron en los trabajos de Lutz W. et al. (1996; IIASA). Estos valores se contrastarán más adelante con las estimaciones del balance de recarga que se presentan en las publicaciones del DOF derivado de la aplicación de la NOM-011 CNA del 2014 al 2020.

Bauer Gottwein et al. (2019) mencionan que el agua subterránea que recarga al acuífero kárstico de la PY finalmente fluye en tres grandes canales de agua subterránea, que son el flujo de salida costero, el bombeo y la evapotranspiración. Beddows (2004) midió el flujo del agua subterránea costera en los principales manantiales submarinos en un tramo de costa de 80 km en el sur de Quintana Roo y calculó un promedio de flujos de aproximadamente 0.73 m³/s por km de costa. Usando la estimación de recarga de Lesser (1976), el promedio de salida costero rondaría los 0.27 m³/s por km de costa. Según estos resultados, Beddows (2004) argumentó que la recarga de agua subterránea promedio general para su área de estudio cerca de la costa del Caribe puede estar entre el 30% y el 70% de precipitación promedio. Por otro lado, Gondwe et al. (2010b) calcularon la tasa de recarga de agua subterránea promedio equivalente al 17% de la precipitación anual media, lo que concuerda con la estimación de Lesser (1976).

El estudio también sugirió tasas de recarga promedio limitadas en la costa del Caribe. La aparente discrepancia con Beddows (2004) es que la estimación puede explicarse por el flujo de agua subterránea desde partes distantes de la PY al área de estudio costera de Beddows. Particularmente las estimaciones de Beddows (2004) fue local y la de Bauer et al (2011) fue regional.

Las diferentes estimaciones disponibles de costa afuera fueron revisadas y comparadas con los resultados de modelos regionales de agua subterránea (BRN Gondwe, Universidad Técnica de Dinamarca, datos no publicados, 2010), y para esa área de estudio, se modeló el flujo costero equivalente a ~ 0.3-0.4 m³s⁻¹ por kilómetro de costa, que está en el mismo rango que las estimaciones de Hanshaw y Back (1980) y Thomas (1999) basado en mediciones de campo.

Se observa que los datos de Bauer Gottwein et al. (2011) y de Lutz, W. et al. (1996) (IIASA) son más altos dado que se considera una infiltración de poco más del 19% mientras que, en los Acuerdos Anuales, publicados en el DOF, son de sólo 14%, que es el valor entre la precipitación total y la recarga estimada. La DNC varía en los Acuerdos Anuales, publicados en el DOF, de 2020 y 2013 dado que representan porcentajes diferentes de la recarga, pasando del 76% al 68%:



Crece el grado de presión hídrica.

En la Tabla 9, se presenta el balance de agua realizado con los datos de extracción, y es posible observar que, para ese año de 2008, existía disponibilidad en los diferentes acuíferos y particularmente en el cálculo por Unidades de Planeación. Sin embargo, se observa también que la presión sobre la disponibilidad total del acuífero en la UP QRooN asciende a 86.75 %, por lo que sólo está a 13.25 % de ser ocupada por los diversos sectores productivo y público urbano, colocando en riesgo la Descarga Natural Comprometida (salud de ecosistemas y dilución de contaminantes) en un futuro próximo. Otras Unidades de Planeación en donde la presión sobre la disponibilidad era media se refiere a la del Norte y Sur de Yucatán, que alcanzaba la cifra del 43.04 % y 39.23 % respectivamente, con lo que aún existía disponibilidad del recurso, pero ya para el 2008 se veía el crecimiento de las ciudades capitales y de desarrollo turístico de manera ascendente. A nivel peninsular, la presión sobre la disponibilidad total para el año 2008 sería del 16.06 %, con un gran potencial.

Tabla 9. Presión sobre disponibilidad de agua en la PY y UP con datos de Beuer Gotweinn et al 2011 y volumen de extracción del REPDA 2008

Entidad / Unidad de planeación	Superficie (km ²)	Recarga total por UP (Mm ³ /año)	Descarga natural comprometida (Mm ³ /año)	Disponibilidad total (Mm ³ /año)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)	Disponibilidad media (Mm ³ /año)	Presión sobre la disponibilidad (%)
Campeche	57 634.42	15 791.83	10 374.19	5 417.63	367.08	5,050.55	6.76
CampN	22 349.62	5 319.06	3 508.89	1 810.32	282.67	1 527.64	15.61
CampC	21 280.82	7 980.30	5 256.36	2 723.94	83.36	2 640.58	3.06
CampS	14 003.98	2 506.71	1 652.46	854.24	1.07	853.17	0.12
Quintana Roo	44 809.22	8 558.56	5 645.96	2 912.59	654.80	2 257.79	22.48
QRooN	11 002.53	1 628.37	1 067.24	561.13	486.79	-74.34	86.75
QRooC	17 792.14	3 398.29	2 241.81	1 156.48	39.65	1 116.83	3.42
QRooS	16 014.55	3 555.23	2 338.12	1 217.11	128.36	1 088.75	1.01
Yucatán	39 776.93	13 404.82	8 830.47	4 946.45	1 098.42	3 848.03	22.20
YucN	16 638.43	3 396.11	2 239.67	1 156.43	497.65	658.78	43.03
YucO	16 783.68	7 535.87	4 967.96	2 567.91	269.73	2 298.18	10.52
YucS	8 354.84	2 473.02	1 629.19	843.83	331.04	512.79	39.23
Total Península	142 220.57	37 790.22	25 697.73	13 200.29	2 120.30	11 079.99	16.06

Fuente: Beuer-Gotweinn et al 2011 y REPDA 2008

Sin embargo, como se ha mostrado a lo largo de este documento, el modelo ajustado de los datos de recarga de agua presentado en las publicaciones científicas da cuenta de la distribución espacial de los diversos parámetros hidrológicos, los cuales son representativos para ese año del 2008. Una limitante del modelo es que no incluye escurrimiento superficial ni tampoco toma en cuenta los flujos subterráneos. Sin embargo, da una buena idea de la distribución espacial promedio anual de la precipitación, evapotranspiración y recarga, conceptos clave en el balance hidrológico.

En este sentido, resalta el hecho de que tanto en el balance hidrológico presentado por el DOF 2020, como en la publicación Bauer Gotweinn et al 2011, para datos del 2008, la precipitación total anual promedio para toda la Península de Yucatán fue de 1,214.16 mm para el primero y 1,259.04 mm, el segundo. Muy parecidos en cantidad de lámina de lluvia. Sin embargo, se presenta una gran diferencia en el volumen calculado para la recarga del acuífero debido a la proporción utilizada de la precipitación para cada escenario (DOF 2020 y Bauer Gotweinn 2011). Esto tiene un impacto muy importante en el cálculo final de la disponibilidad, como se muestra en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10. Parámetros hidrológicos para el cálculo de la disponibilidad de agua para los escenarios de y Bauer Gotweinn 2011 y DOF 2020

Parámetro hidrológico	Bauer Gotweinn 2011	DOF 2020	Comentario
Precipitación (mm)	1 259.04	1 214.16	No hay diferencia significativa
Proporción porcentual para recarga %	21.20	14.70	Una diferencia de 6.5 puntos porcentuales
Recarga Mm ³ /año	37 790.22	25 315.70	Representa una diferencia de 14,474 Mm ³ /año
Proporción porcentual para descarga natural comprometida %	68.00	68.00	En este caso el valor porcentual se mantuvo en ambos casos
Descarga Natural Comprometida Mm ³ /año	25 697.34	17 341.60	Representa una diferencia de 8,355.74 Mm ³ /año
Disponibilidad total Mm ³ /año	12 092.88	7 974.06	Representa una diferencia de 4,118.89 Mm ³ /año
Extracción concesionada Mm ³ /año	2 120.30	4 965.25	El incremento del 2008 al 2020 es de más del 100 %
Pozos registrados (REPDA)	28 442	48 610	Más de 20 mil pozos
Presión sobre la disponibilidad total a nivel de la RHXII, Península de Yucatán %	16.06	62.20	Un incremento significativo
Presión sobre la disponibilidad total a nivel de la UP Norte QRoo %	86.75	234.10	La variación es enorme, la disponibilidad está agotada y se consume la descarga natural comprometida

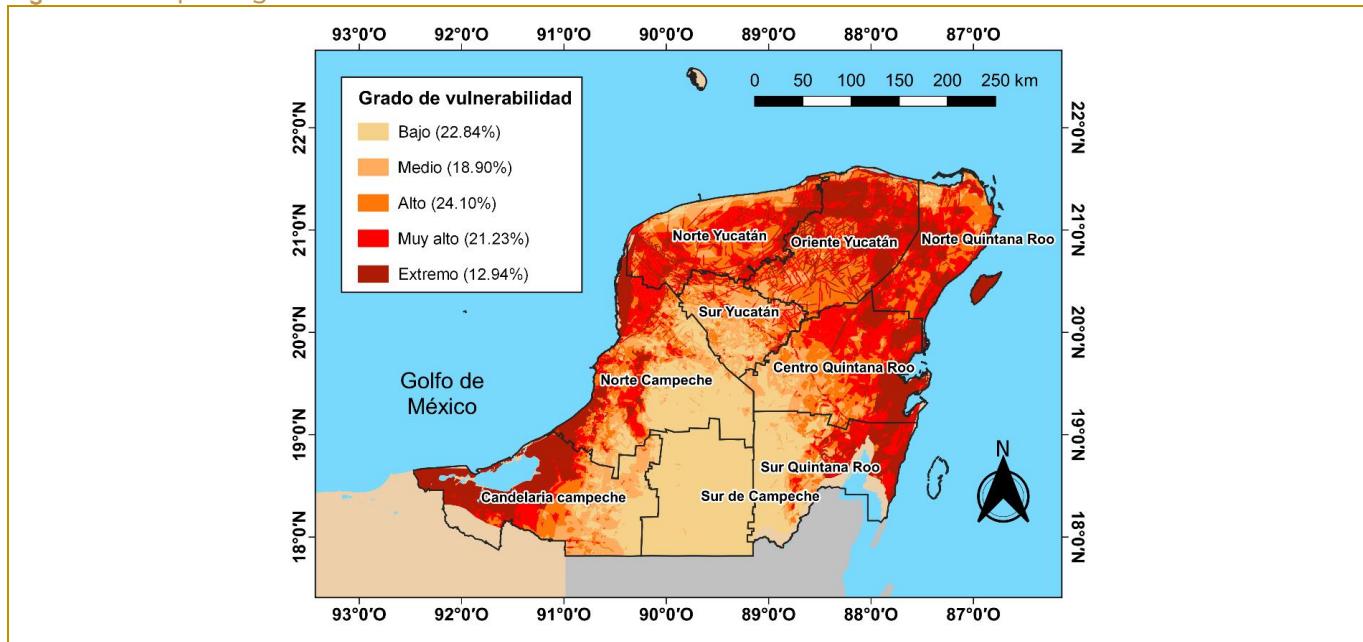
Fuente: Beuer-Gotweinn et al 2011 y DOF 2020

Hace falta reflexionar mucho más sobre el tema de la recarga y la proporción que realmente ingresa al acuífero de la precipitación, y generar conocimiento científico para mejorar los cálculos para cada UP. Esto en la perspectiva de que, en un periodo de 12 años, se han concesionado más del doble de agua consumida en el 2008 y más de 20 mil pozos en explotación. Por lo que la presión sobre la disponibilidad total del agua paso de 16 % a más del 62 %. Cada vez más cerca del umbral para garantizar la salud de los ecosistemas y la dilución de contaminantes, así como el derecho humano al agua. Sin embargo, es notorio que en ambos escenarios (2008 y 2020) algunas Unidades de Planeación se encontraban a 13 % de disponibilidad media en el 2008, pero que para el año 2020 han ocupado la disponibilidad total y consumen la descarga natural comprometida para la salud de los ecosistemas, la dilución de contaminantes y el derecho humano al agua en calidad y cantidad, esta condición se mantiene en el supuesto también de una mayor recarga.

1.2.3.3 Vulnerabilidad del acuífero

Para esta sección se generó un mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero de la PY (Figura 16) mediante la selección y el análisis minucioso de los atributos presentes en Campeche, Yucatán y Quintana Roo, con respecto a las formaciones geológicas, variables climáticas, usos y tipos de la vegetación, entre otros, incorporando el mapa de las Anomalías de Beuer y considerando los métodos DRASTIC y EPIK, para identificar las zonas de mayor vulnerabilidad (ver metodología en Anexo 4).

Se entiende que la vulnerabilidad intrínseca es usada para definir la vulnerabilidad del agua subterránea frente a los contaminantes generados por las actividades humanas. Toma en cuenta las características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de un área, sin embargo, es independiente de la naturaleza de los contaminantes.

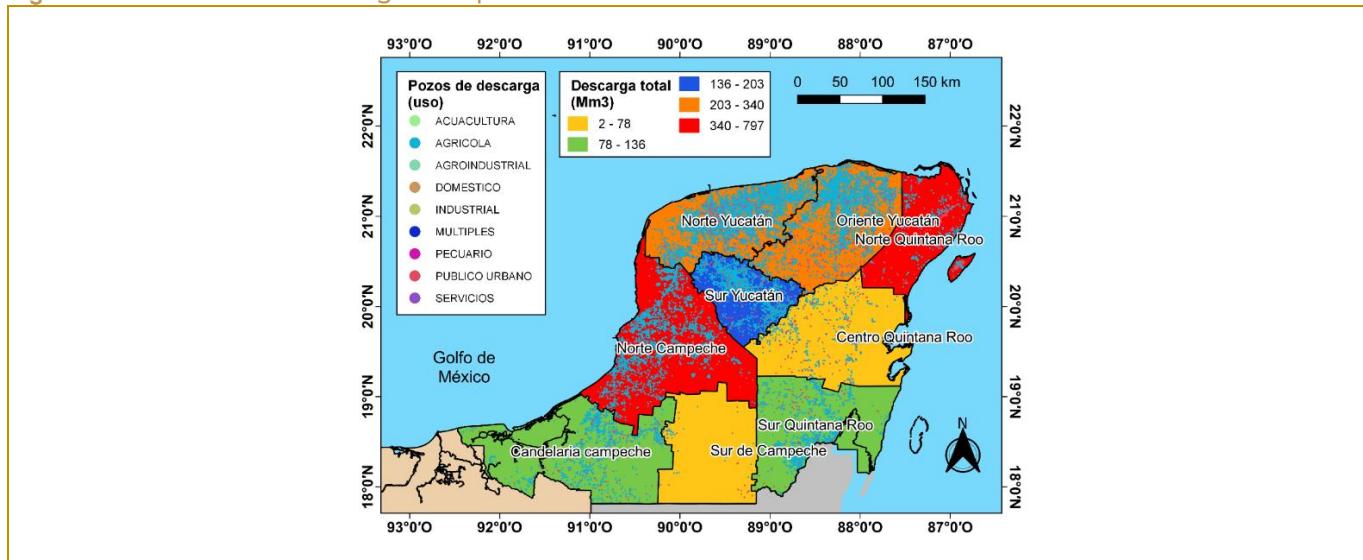
Figura 16. Mapa de grado de vulnerabilidad en la PY

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16 y en su recuadro superior izquierdo, se observa una superficie de vulnerabilidad “Bajo”, con 22.84%, distribuido principalmente en el Sur y Centro de la PY, coincidiendo con las partes más altas del territorio; le sigue el grado de vulnerabilidad Alto, con 24.10%, asociado con los depósitos del Mioceno-Plioceno y sistema multi-anillos del cráter de Chicxulub; le sigue el grado de vulnerabilidad “Muy Alto”, con 21.23%, asociado a las planicies costeras, vinculado con el desarrollo kárstico, con fallas, fracturas, y dolinas, entre otros. Como se observa en la Figura 16, en su recuadro superior derecho, el grado de vulnerabilidad “Extremo”, se presenta en el 12.94% del territorio peninsular, vinculado con zonas de inundación superficial como en los ríos de la UP CampC, en partes menores a 5 msnm del anillo de cenotes en el Norte de Yucatán, buena parte del valle kárstico del Oriente de Yucatán, el sistema de fracturas de Holbox y sistema de cavernas en el Norte de Quintana Roo, así como la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’án, hacia la costa de Chetumal.

La vulnerabilidad específica en la PY se puede esquematizar con el apoyo del mapa de descargas de aguas residuales concesionadas por parte de CONAGUA, en cuanto a tipo de uso de agua, público urbano, servicios, pecuario, retornos de riego agrícola, agroindustrial, acuacultura, entre otros, inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA 2019).

En la Figura 17 se observa de forma esquemática la vulnerabilidad específica, dada por el uso múltiple del agua en la zona (las descargas por UP se presentan en el apartado Descargas y Tratamiento de Aguas Residuales). Esta agua que se consumió se retorna al medio subterráneo contaminada, en mayor o menor volumen total, contribuyendo a la contaminación del acuífero, y el riesgo potencial en la salud de la población y de los ecosistemas y recursos naturales, incluyendo los recursos preferentes (recursos naturales de los que dependen principalmente) de las comunidades originarias Mayas. Se observa que las UP CampN y QRooN son las que más volumen de aguas residuales generan, en zonas donde la vulnerabilidad es Muy Alta, seguido por las UP YucN, con grado “Alto” y “Muy Alto”, y YucO, en donde la vulnerabilidad “Extrema” predomina.

La actividad agrícola es la que mayor cantidad de agua de descarga presenta, con una gran dispersión territorial, lo que requiere un esfuerzo mayor para controlar la contaminación agroquímica que genera. Le siguen las descargas público-urbanas, las cuales están muy bien localizadas y requieren mayor tratamiento. Sin embargo, hay otras que son puntuales y con grandes cargas orgánicas como la agroindustria y pecuaria (como en la UP YucN), o con generación de metales pesados como la industrial, vinculado a las zonas más urbanizadas de los tres estados. Ante esta situación, la generación de un sistema de monitoreo en tiempo real y con una cobertura espacial representativa es una demanda urgente de la Península para la conservación de la calidad del agua subterránea.

Figura 17. Volumen de descarga total permitida en la PY


Fuente: Elaborado con datos del OCPY (2020) y REPDA (S/D).

1.2.4 Usos del suelo

La Península de Yucatán en la mayor parte de su territorio se encuentra con vegetación secundaria de diversos tipos (55.1 %), todos relacionados con sistemas tropicales de baja altitud y estacional, como la selva baja caducifolia, mediana subcaducifolia y mediana subperennifolia. Las superficies con vegetación primaria, tales como selvas altas subperennifolias y altas perennifolias, ocupan áreas reducidas (21.1%), principalmente al sur de la Península. Los suelos que se dedican a las actividades agrícolas, pecuarias o forestal alcanzan el 18.9% del territorio y se concentran básicamente hacia el oriente de Yucatán y sur de Campeche (Tabla 11).

Tabla 11. Usos del suelo en la Península de Yucatán

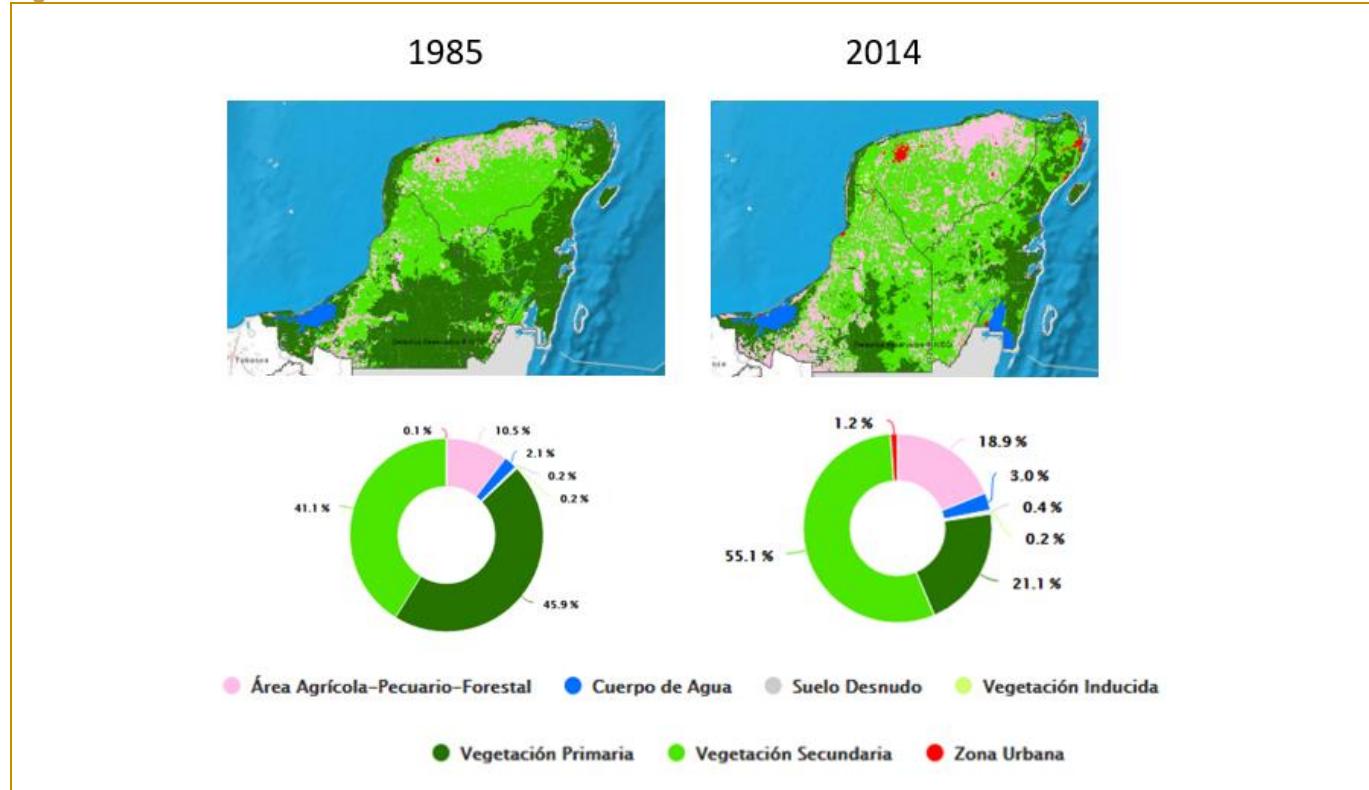
Uso de suelo	Superficie	
	%	Km ²
Agrícola-Pecuaria-Forestal	18.4	26 599.10
Cuerpo de agua	3.0	4 362.82
Suelo desnudo	0.2	281.47
Vegetación inducida	0.4	562.94
Vegetación primaria	20.6	29 746.54
Vegetación secundaria	53.8	77 545.54
Zona urbana	1.2	1 688.83
Otro	2.4	3 484.59
Total	100.0	144 220.59

Fuente: INEGI, 2014

Como parte de las tendencias observadas en los cambios de uso del suelo a partir de 1985 (Figura 18), destacan las aperturas de superficies a la actividad agricultura-pequeña-forestal (al pasar de 10.5 a 18.9%), lo cual se encuentra principalmente en el oriente de Yucatán y norte de Campeche; el incremento en la superficie con vegetación

secundaria (creció de un 41.1 al 55.1%), así como la expansión de las manchas urbanas (de un 0.1 a 1.2%), como son los casos del área metropolitana de Mérida y la ciudad de Cancún.

Figura 18. Usos del suelo en la Península de Yucatán



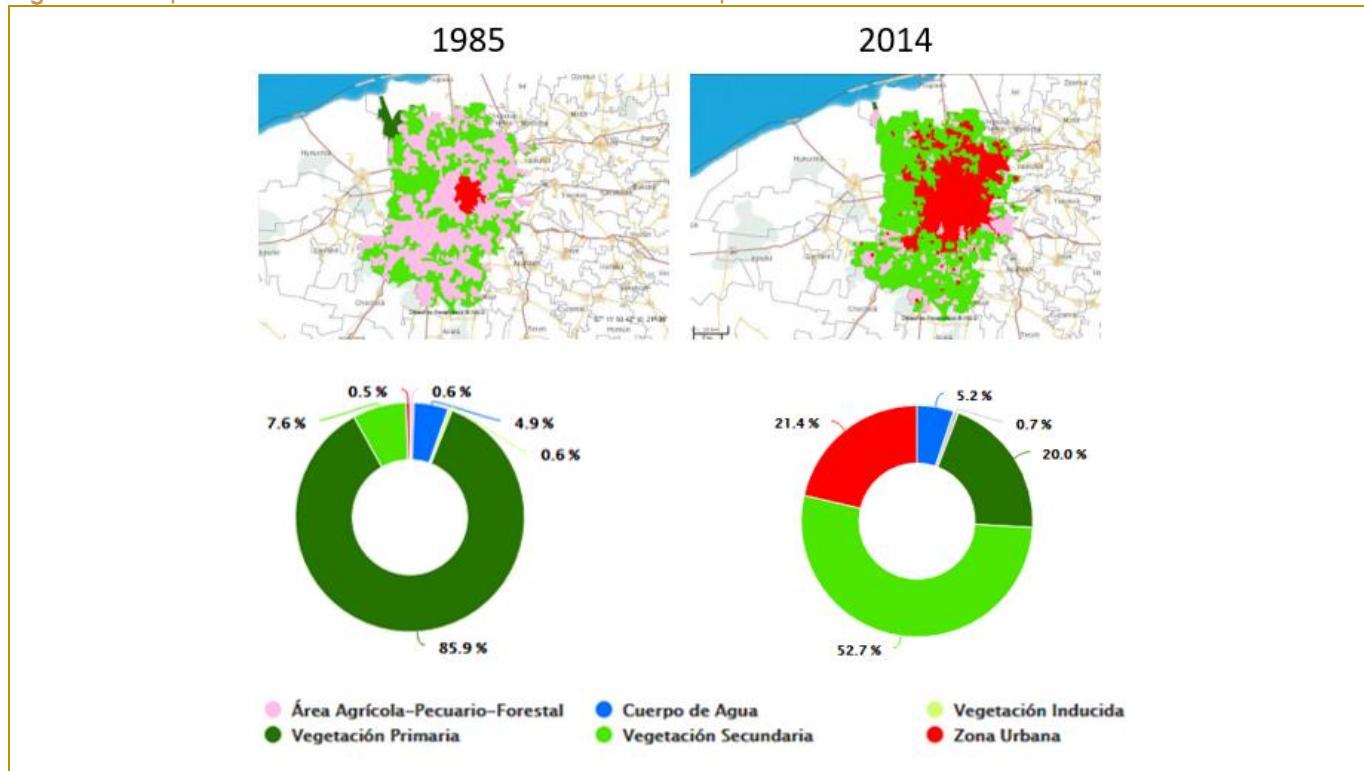
Fuente: INEGI, 2014

En el ámbito geográfico de los municipios que corresponden al área metropolitana de Mérida (Figura 19), se observa la notable reducción de la superficie dedicada a actividades productivas, mientras que, en contraste, la extensión de la mancha urbana creció de 39.94 km² en 1985 a 361.92 km² en 2014.

Mientras que, en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo (Figura 20), se observa un notable cambio en el uso del suelo, al ser sustituida una considerable superficie de vegetación primaria, por vegetación secundaria, así como también la extensión de la mancha urbana de la ciudad de Cancún creció de 6.24 km² en 1985 a 352.03 km² en 2014.

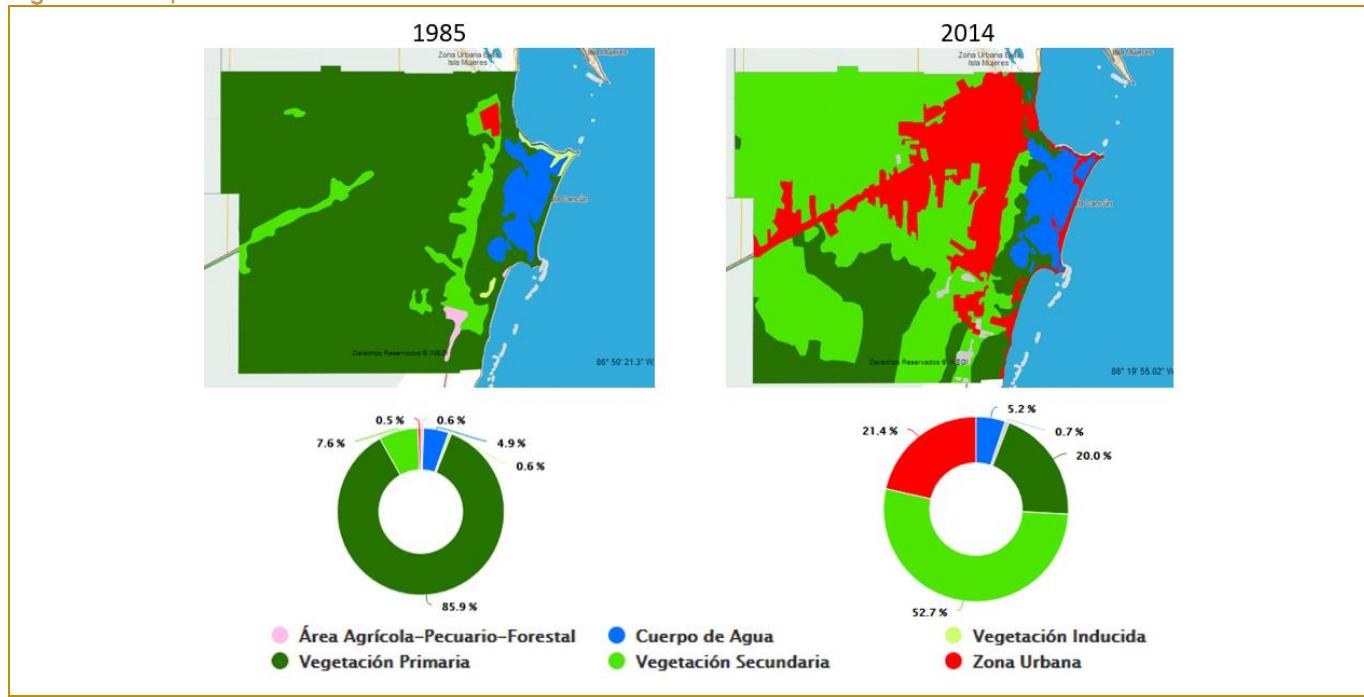


Figura 19. Expansión de la mancha urbana del área metropolitana de Mérida



Fuente: INEGI, 2014

Figura 20. Expansión de la mancha urbana de la ciudad de Cancún



Fuente: INEGI, 2014

La Península de Yucatán presenta un ecosistema nativo muy característico, por lo cual es considerada desde un punto de vista biogeográfico como una provincia biótica claramente definida. La mayor parte de la península está cubierta por vegetación tropical estacional como la selva baja caducifolia, mediana subcaducifolia y mediana subperennifolia. Los bosques húmedos como las selvas altas subperennifolia y altas perennifolias sólo ocupan áreas reducidas al sur de la península.

Existen otros tipos de vegetación que ocupan áreas menos extensas por estar asociadas a fenómenos o condiciones particulares. En ellas se da la presencia de varias especies restringidas a estos ambientes que contribuyen substancialmente a la riqueza de especies de la península y que les confieren importancia a efectos del diseño de planes de conservación. Estos tipos de vegetación incluyen "aguadas", "rejolladas", cenotes, sabanas, petenes, dunas costeras y manglares.

Sin embargo, en las últimas décadas, las actividades agroindustriales, ganaderas a gran escala y el turismo de masas han afectado a la península. De acuerdo con el Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMSS), tan solo en el 2013 en la Península de Yucatán se perdieron 80 mil hectáreas de cobertura vegetal (40% del total del país) equivalentes al 2.3 por ciento de la superficie arbolada de la región.

Como resultado, se observa una gran fragmentación de las agrupaciones vegetales en toda la península, pero especialmente en las zonas dedicadas a la actividad agropecuaria en el estado de Yucatán.

Actualmente, la mayor parte de las comunidades vegetales corresponden a vegetación secundaria que se encuentra en alguna etapa seral. La vegetación primaria se ubica en las partes más aisladas del norte y sur de la península, como parte de las reservas de Sian Ka'an en Quintana Roo y Calakmul en Campeche.

Hay que hacer hincapié en que los humedales constituyen un eslabón básico e insustituible en el ciclo del agua, brindan numerosos servicios ambientales y tienen importancia económica que redunda en beneficios a la sociedad. Sin embargo, la modificación de los flujos de agua, el relleno y la contaminación derivada de la falta de planeación del desarrollo, han originado la degradación y pérdida de grandes extensiones de estos. La Convención de RAMSAR ha adoptado un Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales que incluye 42 tipos, agrupados en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales.

En la Península se ubican 23 Sitios RAMSAR con un área total de 27,535 km², de los cuales tres se encuentran en Campeche con el 36 por ciento de la superficie total, 12 en Quintana Roo con el 42 por ciento de superficie y ocho en Yucatán con el 22 por ciento. También encuentran 432 humedales, entre continentales y artificiales, que abarcan un área total de 35,423 km².

Entre los humedales costeros de la región, son notables los manglares. La Península de Yucatán contiene el 55 por ciento (4,237 km²) de la extensión total de manglares en México. A nivel estatal, Campeche es el que posee la mayor superficie de manglar del país (25.2%), seguido por Quintana Roo (16.9%) y Yucatán (12.9%).

Campeche con el 90.3 por ciento y Quintana Roo con el 64.5 por ciento ocupan el segundo y cuarto lugar entre los estados con el mayor porcentaje de manglares en áreas protegidas federales. De la misma forma Yucatán (45.8%) y Campeche (35.4%) ocupan el 2º y 3º lugar entre los estados con el mayor porcentaje de manglares en áreas protegidas estatales. También en la península se ubican 23 de los 81 sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica (Tabla 12).

En los últimos 30 años ha
disminuido
considerablemente la
superficie con vegetación

Tabla 12. Tipo de humedales de la región

Tipo de humedales	Cantidad	Superficie (km ²)
Palustres	180	25 976.7
Lacustres	49	439.3
Fluviales/Ribereños	106	1 867.0
Estuarinos	90	7 076.4
Creados/Artificiales	7	60.9
Total	432	35 420.3

Fuente: Atlas del Agua 2014, CONAGUA

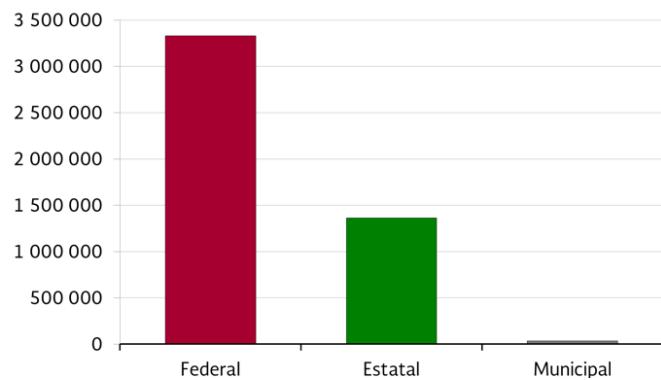
Dada la riqueza de la biodiversidad de la región y la importancia de la conservación de sus ecosistemas para la preservación de especies, en la Península de Yucatán se han decretado 43 Áreas Naturales Protegidas (ANP) en diferentes modalidades. Las mismas, abarcan un área total de 47 276.7 km².

A pesar de que el estado de Campeche presenta la menor cantidad de ANP, en comparación con Quintana Roo que tiene el triple de áreas, presenta una mayor área bajo protección (39.3%). El estado de Yucatán es quien menos aporta al total con el 25.1 por ciento de su territorio bajo alguna modalidad de protección (Figura 21).

Destaca que tanto en Campeche como en Quintana Roo, la mayor parte del área bajo protección es de competencia federal, en proporción promedio de 3.6 hectáreas bajo protección federal por cada una de protección estatal. Por su parte, en Yucatán esta relación se invierte a 1.2 hectáreas protegidas bajo administración estatal por cada hectárea a cargo de la federación.

También resalta que en el estado de Yucatán la superficie protegida de competencia municipal supera por mucho las de los otros dos estados.

34 por ciento de la superficie de la Península se encuentra protegida.

Figura 21. Superficie protegida por tipo competencia federal, municipal y estatal (km²)

Fuente: Elaborado con datos de: SINAP, CONANP (disponibles en <http://www.conanp.gob.mx/>), CONACYT (disponibles en <http://www.conacyt.gob.mx/>) y el Sistema Estatal de ANP de Campeche.

1.3 Aspectos demográficos y sociales

1.3.1. Desarrollo poblacional

La población total de la península es de 5,107,246 habitantes, de los cuales el 49.6 por ciento son hombres y 50.4 por ciento son mujeres, representando el 4.05 por ciento de la población total del país. De esta población, un bajo porcentaje (14.4%) vive en localidades rurales y el resto (85.3%) en localidades urbanas.

La Tabla 13 muestra el crecimiento poblacional que ha presentado la PY hasta 2020 según censos de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). La población pasó de 1,097,192 habitantes en 1970, a cerca de 5,107,246 habitantes en 2020, un incremento del 400% en 50 años con poco más de 75,580 personas incorporándose al censo anualmente. El crecimiento poblacional de 1970 a 2020 ha sido del 2.2 por ciento, muy por encima del total nacional (1.4%). Cancún, en la UP QRooN, la ciudad más importante, demográficamente hablando, seguida por Mérida y Campeche. Yucatán es el estado con la mayor población en los últimos 50 años (1970 - 2020), alcanzando para el 2020 2,320,898 de los 5,091,949 habitantes que se registraron en toda la PY. La UP YucN es la más poblada y con una tasa de crecimiento moderada, menor del 2%. Sin embargo, Quintana Roo presenta el mayor crecimiento a nivel peninsular, al pasar de 88,150 habitantes en 1970, a 1,867,985 habitantes en 2020. En el caso de la UP CampN es quien presenta el mayor crecimiento y pasa de 167,345 a 516,988. En el caso de las tasas de crecimiento anual se observa en la Tabla 13 que el mayor crecimiento anual se presenta en Quintana Roo, con valores que van de 5.3 % a 3.5 % anual. Seguido por Yucatán, con valores de 1.9 a 1.8. Mientras que Campeche presenta los valores más bajos de tasa de crecimiento anual de hasta 1.2 %.

La unidad de planeación

QRooN, en donde se ubica Cancún, es la más densamente poblada, seguida por YucN, en

Tabla 13. Tasas de crecimiento anual.

Entidad Federativa	TMCA 05/00	TMCA 10/05	TMCA 15/10	TMCA 15/00	TMCA 20/15
Campeche	1.80%	1.70%	1.80%	1.80%	1.20%
Quintana Roo	5.30%	3.10%	2.50%	3.70%	3.50%
Yucatán	1.90%	1.50%	1.40%	1.60%	1.80%
Total general	2.80%	2.00%	1.90%	2.20%	

Fuente: INEGI (2020). https://www.inegi.org.mx/app/tabcuadros/interactivos/?pxq=Poblacion_Poblacion_03_13b8bdfe-8744-4623-a652-03cb6901fd47

En la Tabla 14, se observa que, en 2020, de los 5,107,246 habitantes a nivel peninsular, el 85.5% se concentra en zonas urbanas y el 14.5% se distribuye en zonas rurales. Campeche presenta la mayor proporción rural con 230,606 habitantes. Sin embargo, Quintana Roo es el estado con mayor densidad poblacional (132 hab/km^2), la UP QRooN alcanza los 201 hab/km^2 . La segunda densidad de población más alta es la UP YucN, con 88 hab/km^2 , debido a la presencia de la zona metropolitana de Mérida (Tabla 15).

Tabla 14. Población en la PY por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015	2020
Campeche	251 556	420 553	535 185	690 689	754 730	822 441	899 931	928 363
CampN	167 345	267 773	347 493	398 853	435 526	470 735	511 801	532 285
CampC	84 211	152 780	187 692	268 721	295 390	324 824	359 706	364 364
CampS				23 115	23 814	26 882	28 424	31 714
Quintana Roo	88 150	225 985	493 277	874 963	1 135 309	1 325 578	1 501 562	1 857 985
QRooN	19 489	77 108	248 301	575 382	817 427	969 820	1 119 127	1 459 428
QRooC	32 314	50 878	72 413	91 417	98 119	111 205	119 244	123 155
QRooS	36 347	97 999	172 563	208 164	219 763	244 553	263 191	275 402
Yucatán	757 486	1 063 733	1 362 940	1 658 210	1 818 948	1 955 577	2 097 175	2 320 898
YucN	520 358	764 221	984 990	1 204 893	1 321 368	1 422 796	1 532 071	1 725 548
YucO	142 835	177 776	219 206	266 327	297 645	318 456	338 198	356 459
YucS	94 293	121 736	158 744	186 990	199 935	214 325	226 906	238 891
Total	1 097 192	1 710 271	2 391 402	3 223 862	3 708 987	4 103 596	4 498 668	5 107 246

Fuente: INEGI (2020).

Tabla 15. Población total y densidad demográfica de la PY por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Población rural	Población Urbana	Población total	Densidad demográfica hab/km ²
Campeche	231 776	696 587	928 363	20.70
CampN	110 557	421 728	532 285	13.46
CampC	95 234	269 130	364 364	17.20
CampS	25 985	5 729	31 714	2.26
Quintana Roo	180 727	1 677 258	1 857 985	132.56
QRooN	50 919	1 408 509	1 459 428	201.37
QRooC	59 187	63 968	123 155	7.28
QRooS	70 621	204 781	275 402	17.01
Yucatán	326 047	1 994 851	2 320 898	62.78
YucN	173 114	1 552 434	1 725 548	88.34
YucO	111 698	244 761	356 459	18.49
YucS	41 235	197 656	238 891	42.58
Total	737 380	4 354 569	5 107 246	35.41

Fuente: INEGI (2020).

https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&#amp;c=
<https://www.inegi.org.mx/sistemas/Olap/Proyectos/bd/censos/cpv2020/pt.asp>

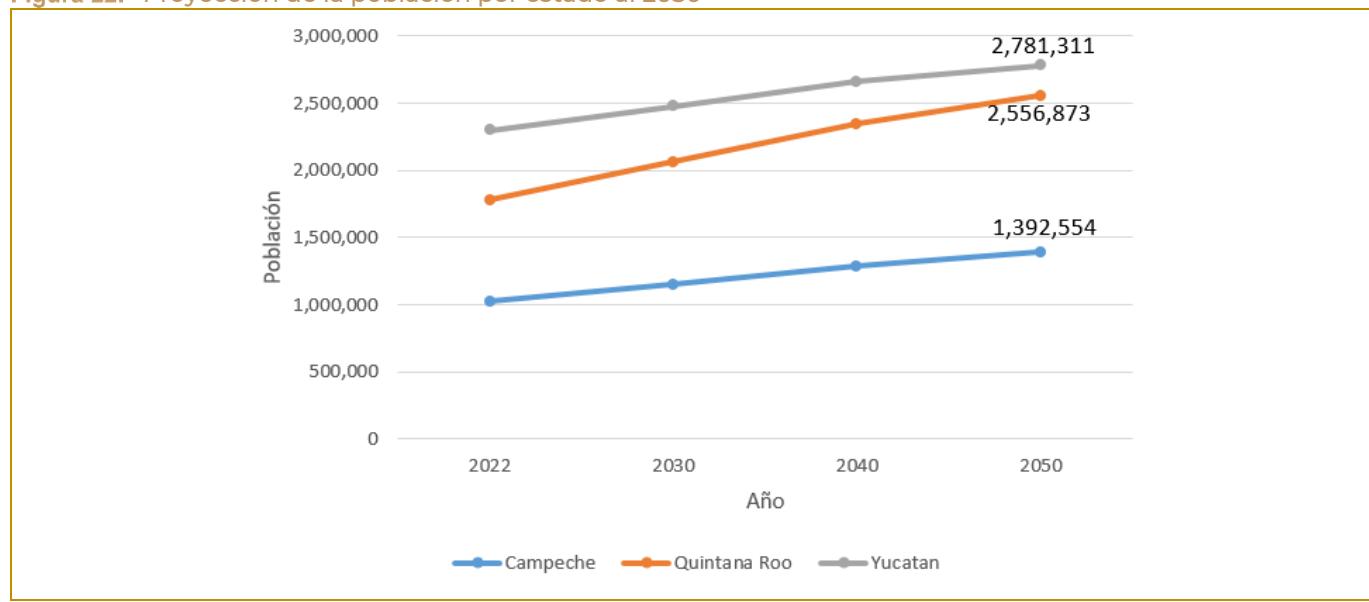
En la Tabla 16 se corrobora que es, en este caso, el Municipio de Mérida, en la UP YucN, la más poblada, y concentra al 57.67% de la población total de la UP. Le sigue en importancia el Municipio de Benito Juárez en la UP QRooN, con el 62.45% del total.

Tabla 16. Municipios más poblados por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Municipios más poblados	Población por municipio
Campeche		
CampN	Campeche	294 077
CampC	Carmen	248 845
CampS	Calakmul	31 714
Quintana Roo		
QRooN	Benito Juárez	911 503
QRooC	Felipe Puerto Carrillo	83 990
QRooS	Othón P. Blanco	233 648
Yucatán		
YucN	Mérida	995 129
YucO	Valladolid	85 460
YucS	Tekax	45 062

Fuente: INEGI (2020). <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=123&ag=31>

Un aspecto por considerar en los escenarios futuros es el incremento de la población y su concentración en zonas urbanas. De acuerdo con las proyecciones de población del Consejo Nacional de Población (CONAPO), se estima para el año 2050 una población total de 6,730,738 habitantes en la región (Figura 22), considerando una tasa promedio anual de crecimiento del 1.2 por ciento.

Figura 22. Proyección de la población por estado al 2050


Fuente: CONAPO, <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>



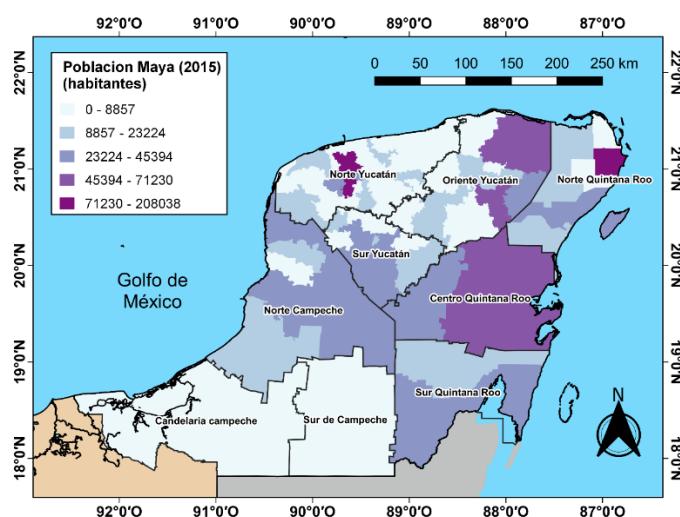
1.3.2 Pueblos originarios

La comunidad originaria en la PY es la Maya Yucateca, aunque existe una representación de Chol y Tzeltal, particularmente en Campeche. De la población total peninsular, el 31.63% es Maya originaria. Yucatán es el estado en donde es mayor su presencia, con 1,615,738 de habitantes del total de la población, lo cual lo caracteriza como un estado indígena, en el que la mayor proporción se encuentra en las UP YucS y Yucco.

Sin embargo, la mayor concentración a nivel peninsular de población originaria maya ocurre en la UP YucN, con más de 546,420 habitantes originarios, seguido por las otras zonas urbanas mayores como Campeche y Cancún y Rivera Maya (Figura 23 y 0). En Quintana Roo la mayor proporción de comunidades originarias se dan en la UP QRooC.

Una tercera parte de la población es originaria.

Figura 23. Población Maya a escala municipal por UP



Fuente: Elaborado con datos del INPI (2015). http://atlas.inpi.gob.mx/?page_id=951
http://atlas.inpi.gob.mx/?page_id=951

Tabla 17. Total de población y población Maya por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Población total	Población Maya
Campeche		
CampN	532 285	149 468
CampC	364 364	8 102
CampS	31 714	1 274
Quintana Roo		
QRooN	1 459 428	271 231
QRooC	123 155	103 225
QRooS	275 402	53 582
Yucatán		
YucN	1 725 548	546 420

Entidad / Unidad de Planeación	Población total	Población Maya
YucO	356 459	280 822
YucS	238 891	201 614
Total	5 107 246	1 615 738

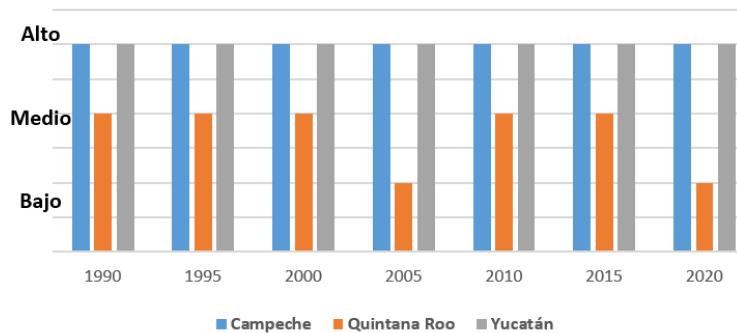
Fuente: INPI (2015). http://atlas.inpi.gob.mx/?page_id=951

1.3.3 Condiciones de marginación

El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar los estados y municipios del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

Con respecto a las condiciones sociales, de acuerdo con el CONAPO 2020, la Península de Yucatán presenta en general un alto grado de marginación (Figura 24). La evolución del índice de marginación en el período 1990 a 2020 permite observar que tanto Campeche, como Yucatán han permanecido a lo largo del período con un alto grado, mientras que Quintana Roo ha oscilado entre medio y bajo, ubicándose al 2020 con un nivel bajo de marginación.

Figura 24. Índice de marginación por entidad, período 1990-2020



Fuente: CONAPO, 2020.

<https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2020>

En el año 2015, la Región contaba con el 59.8 % (76) de municipios con un grado de marginación alto y muy alto, lo cual se redujo a un 33.3% (43 municipios) para el año 2020. De éstos a Yucatán corresponde el 93%, a Quintana Roo el 2% y A Campeche el 5%. El grado de marginación bajo y muy bajo se presentaba en 46 municipios que representan el 35.6%. Yucatán es la única entidad que presentaba el municipio de Mayapan con grado de marginación muy alto (3,965 habitantes, 0.17% de la población). La situación más favorable se observaba en Quintana Roo, donde se notaba una distribución muy equitativa de los municipios entre los grados de marginación muy bajo, bajo y medio, sin presentar grados de marginación altos o muy altos.

A pesar de mantenerse en la PY un alto grado de marginación, se redujo el número de municipios en esta condición.

La PY presenta una estructura social en la que no están presentes oportunidades para el desarrollo, ni las capacidades para adquirirlas (como el acceso a los centros de salud, educación, así como a los bajos ingresos de los diversos trabajos asalariados). Si tales oportunidades no se manifiestan directamente, las familias y comunidades que viven en esa situación se encuentran expuestas a ciertos

riesgos y vulnerabilidades (a sequías e inundaciones) que les impiden alcanzar mejores condiciones de vida. Esta no sólo se establece la relación entre pobreza, exclusión y marginación, sino también con el vínculo de la marginación con la democracia y la participación, para luego desarrollar el diseño de políticas públicas (CONAPO 2010).



El índice de marginación permite encontrar diferencias entre las UP (Tabla 18). De tal forma que la única UP que presenta municipios con Muy Alto índice de marginación es YucO. Mientras que, por otro lado, las localidades que presentan el índice de marginación Muy Bajo son aquellas asociadas a los mayores desarrollos urbanizados, como en las UP CampC y CampN. Otras UP que se suman al bajo índice de marginación son YucN, QRooN y QRooS.

Tabla 18. Grado de marginación por entidad federativa, municipios y UP.

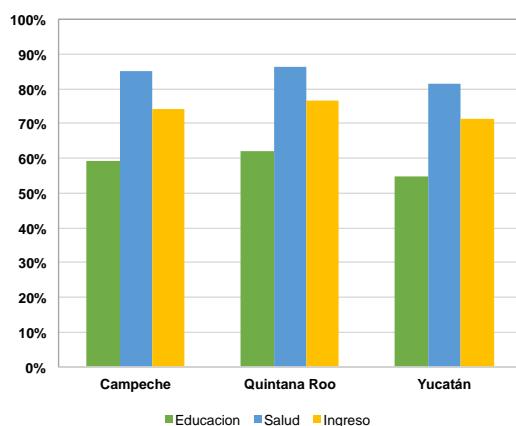
Entidad / Unidad de Planeación	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Campeche	2		5	5	
CampN	1		4	1	
CampC	1		1	2	
CampS				1	
Quintana Roo	4	2		4	
QRooN	3	2		1	
QRooC				2	
QRooS	1			1	
Yucatán	1	6	31	63	5
YucN	1	6	24	30	
YucO			4	18	5
YucS			3	15	

Fuente: CONAPO (2015).

1.3.4 Desarrollo Humano

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es una medida sinóptica del desarrollo humano. Mide los adelantos medios de la PY en tres aspectos básicos del desarrollo humano: educación, salud e ingreso, los cuales se presentan para Campeche, Quintana Roo y Yucatán se muestran en la Figura 25.

Figura 25. Componentes del IDH por entidad



Fuente: PNUD (2015). <https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/poverty/informe-de-desarrollo-humano-municipal-2010-2015--transformando-.html>

En la Tabla 19 se presenta la clasificación del IDH para cada UP, así como el número de municipios en cada clasificador. En este caso sobresale Yucatán que posee más del 60 % de sus municipios con un IDH Medio. Por otro lado, Campeche presenta más del 70 % de sus municipios con un grado de IDH de Alto y Muy Alto.

Tabla 19. Grado de Índice de Desarrollo Humano (IDH) por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Medio	Alto	Muy alto	
Campeche	3	6		2
CampN	1	4		1
CampC	1	2		1
CampS	1			
Quintana Roo	4	5		1
QRooN	1	4		1
QRooC	2			
QRooS	1	1		
Yucatán	66	39		1
YucN	28	32		1
YucO	23	4		
YucS	15	3		

Fuente: PNUD (2015). <https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/poverty/informe-de-desarrollo-humano-municipal-2010-2015--transformando-.html>

En la Tabla 20 se observa que los valores más altos de IDH están en Ciudad del Carmen, en Campeche, Benito Juárez, Othón P. Blanco, y Mérida (sin sobrepasar el valor de 0.85). Los valores más bajos encontrados se presentan en Mayapán, y en Tahdziú, Yucatán. Lo anterior denota la existencia de una gran centralidad en las áreas más urbanizadas generando grandes contrastes con el resto de las localidades, que tiene que ver con la accesibilidad a centros de salud, centros educativos y mejores posibilidades de ingreso.

Tabla 20. Municipios con el menor y mayor grado de Índice de Desarrollo Humano por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Grado	Índice de IDH	Municipio
Campeche			
CampN	Más alto	0.82	Campeche
	Más bajo	0.65	Hopelchén
CampC	Más alto	0.81	Carmen
	Más bajo	0.64	Candelaria
CampS	Más alto	0.64	Calakmul
	Más bajo	-	-



Entidad / Unidad de Planeación	Grado	Índice de IDH	Municipio
Quintana Roo			
QRooN	Más alto	0.80	Benito Juárez
	Más bajo	0.68	Lázaro Cárdenas
QRooC	Más alto	0.68	Felipe Carrillo Puerto
	Más bajo	0.67	José María Morelos
QRooS	Más alto	0.79	Othón P. Blanco
	Más bajo	0.68	Bacalar
Yucatán			
YucN	Más alto	0.83	Mérida
	Más bajo	0.63	Tetiz
YucO	Más alto	0.73	San Felipe
	Más bajo	0.57	Mayapán
YucS	Más alto	0.74	Ticul
	Más bajo	0.57	Tahdziú

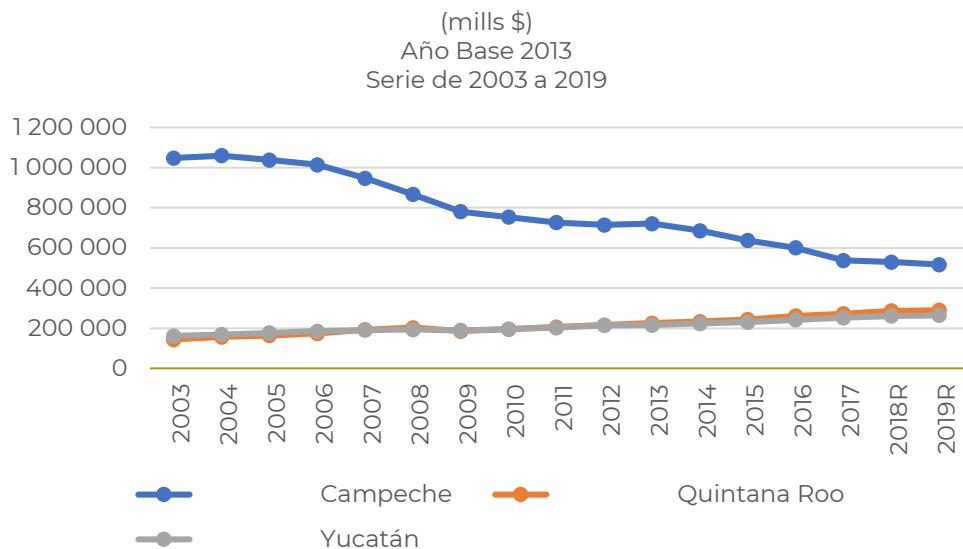
Fuente: PNUD (2015). <https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/poverty/informe-de-desarrollo-humano-municipal-2010-2015--transformando-.html>

1.4 Aspectos económicos

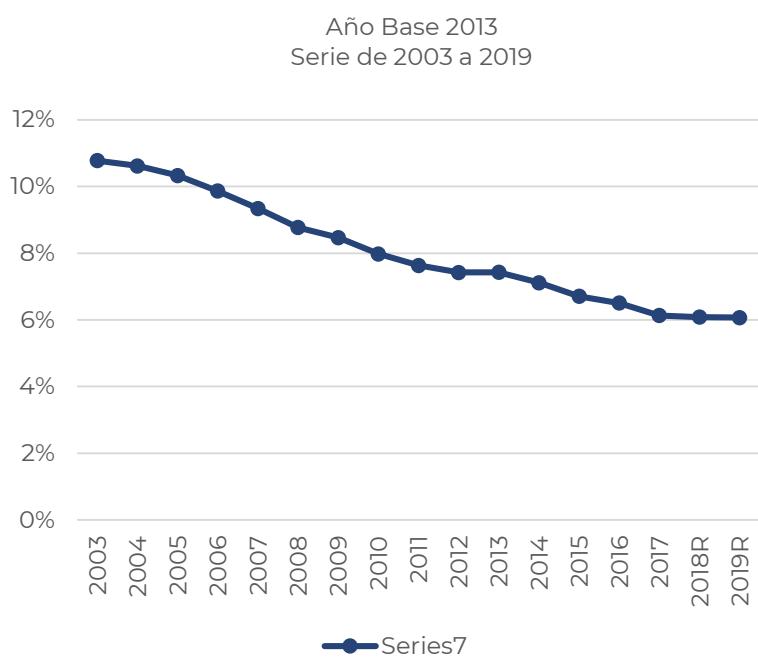
1.4.1 Producto Interno Bruto

Al año 2019, los principales resultados económicos arrojaban un PIB Regional de 1,072,146 millones de pesos, a los cuales el estado de Campeche hizo la mayor contribución aportando el 48 por ciento, producto de la actividad extractiva; Quintana Roo contribuyó con el 27 por ciento principalmente por actividades de servicios de alojamiento y comercio, y Yucatán con el 25 por ciento principalmente por actividades de comercio, industria manufacturera, servicios inmobiliarios y construcción. En la dinámica de la economía de la PY muestra predominio la producción petrolera del Estado Campeche (Figura 26).

Mientras que el PIB de los estados de Quintana Roo y Yucatán muestran una tendencia creciente, a simple vista, y con una visión de largo plazo, el PIB de Campeche disminuyó (Figura 26), no obstante, esto fue ocasionado por la reducción de la plataforma petrolera, de aproximadamente 100 mil barriles diarios, cada año. El enorme peso de esta rama productiva originó la disminución mencionada en el valor de la economía campechana. Ésta marcada desaceleración ha sido causada por dos fenómenos: una fuerte caída de la actividad de construcción y un debilitamiento del sector manufacturero (Figura 27). En contraste, el sector de servicios ha observado un fuerte dinamismo. De igual forma, las actividades agropecuarias observaron un desempeño positivo.

Figura 26. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa


Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Año Base 2013. Serie de 2003 a 2019. Revisada.

Figura 27. Participación porcentual de la Península de Yucatán en el PIB nacional


Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Año Base 2013. Serie de 2003 a 2019. Revisada.

Entre las principales actividades en el estado de Campeche, se encuentran: comercio (2.8%); construcción (6.0%); minería petrolera (79.3%) y servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles. Juntas representan el 90.1% del PIB estatal. Los sectores estratégicos en el estado son: agroindustrial, productos del mar, forestal, minería, petroquímica y turismo.

Para el estado de Quintana Roo las principales actividades son: servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (22.0%); comercio (17.1%); servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles (12.4%); construcción (7.8%); y, transportes, correos y almacenamiento (6.5%). Juntas representan el 65.8% del PIB estatal. Los sectores estratégicos en Quintana Roo son: agronegocios, forestal, pesca y acuacultura, manufactura, turismo y apoyo a negocios. Mientras que a futuro se espera que sean: Tecnologías de la Información, energía renovable y biomasa.

Mientras que, para el estado de Yucatán, entre las principales actividades se encuentran: comercio (21.8%); construcción (11.4%); industria alimentaria (11.7%); información en medios masivos (4.2%); servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles (12.9%). Juntas representan el 62.0% del PIB estatal. Los sectores estratégicos en la entidad son: logística, Tecnologías de la Información, innovación, turismo, agroindustria, y energías renovables.

1.4.2 Población económicamente activa y ocupada

En la Tabla 21 se muestra que en la PY la Población Económicamente Activa está constituida por 2,629,708 habitantes (51.5% del total) y de ésta, 2,593,412 se encuentra ocupada. El 98 por ciento de la población económicamente activa se encuentra ocupada.

Tabla 21. Población Económicamente Activa (PEA) y Población Ocupada (PO) por entidad y UP.

Entidad / Unidad de Planeación	PEA	PO
Campeche	462 607	456 296
CampN	265 234	262 035
CampC	181 982	178 901
CampS	15 391	15 360
Quintana Roo	1 006 817	990 307
QRooN	806 699	792 694
QRooC	58 413	58 027
QRooS	141 705	139 586
Yucatán	1 160 284	1 146 809
YucN	885 408	874 063
YucO	163 890	162 609
YucS	110 986	110 137
Total	2 629 708	2 593 412

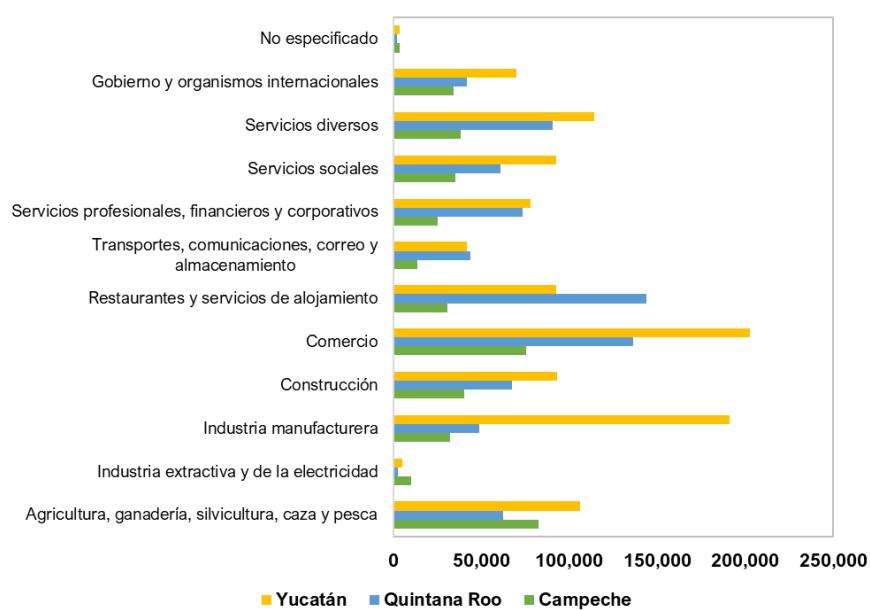
Fuente: INEGI (2020). <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

En la Península de Yucatán se distinguen tres grandes ejes de crecimiento que han impactado el desarrollo de la región. El primero, constituido por el crecimiento que, a lo largo de su historia, ha propiciado la concentración de las actividades comerciales, políticas y administrativas en las ciudades capitales, Mérida y Campeche desde el siglo XVI y Chetumal a partir del siglo XX.

El segundo es el impresionante desarrollo turístico de Cancún y del litoral caribeño quintanarroense, ahora promocionado como la Riviera Maya. Y el tercero lo constituye el impulso de la actividad petrolera que, en la porción suroeste del estado de Campeche, en Ciudad del Carmen, se lleva a cabo desde hace tres décadas.

En la Figura 28 se muestra que la población ocupada se encuentra en el sector servicios y comercio, seguido de la actividad industrial y la agricultura. Es decir, se trata de una población tercerizada en su actividad económica. Yucatán, tiene la población que más participa en el sector de servicios y comercio. Sin embargo, en materia de restaurantes y servicios de alojamiento, es Quintana Roo lleva la delantera. Campeche se distingue por el rubro industrial extractivo y agrícola.

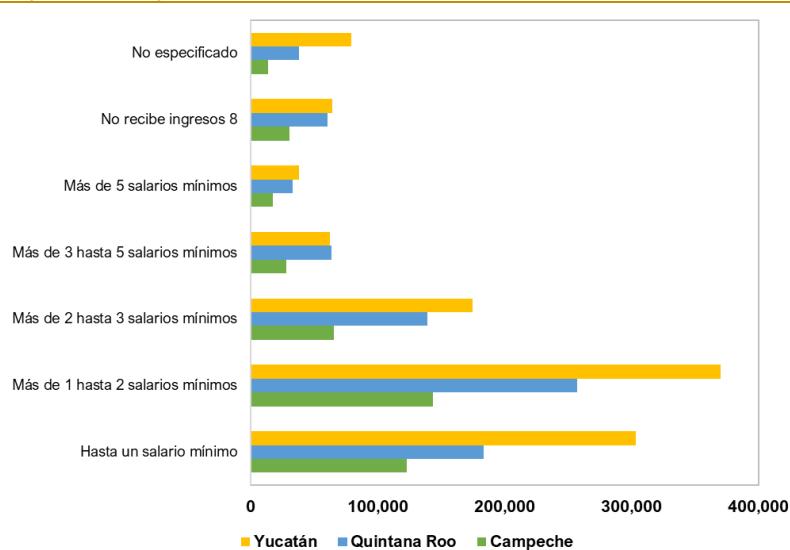
Figura 28. Población ocupada por rama de actividad económica por entidad



Fuente: INEGI (2020). https://www.inegi.org.mx/sistemas/Infoenoe/Default_15mas.aspx

En la Figura 29, se observa que los principales ingresos de la población en la PY son de 1 hasta 2 salarios mínimos en su mayor proporción, y esta condición caracteriza a Yucatán en gran medida.

Figura 29. Ingresos de la población por entidad

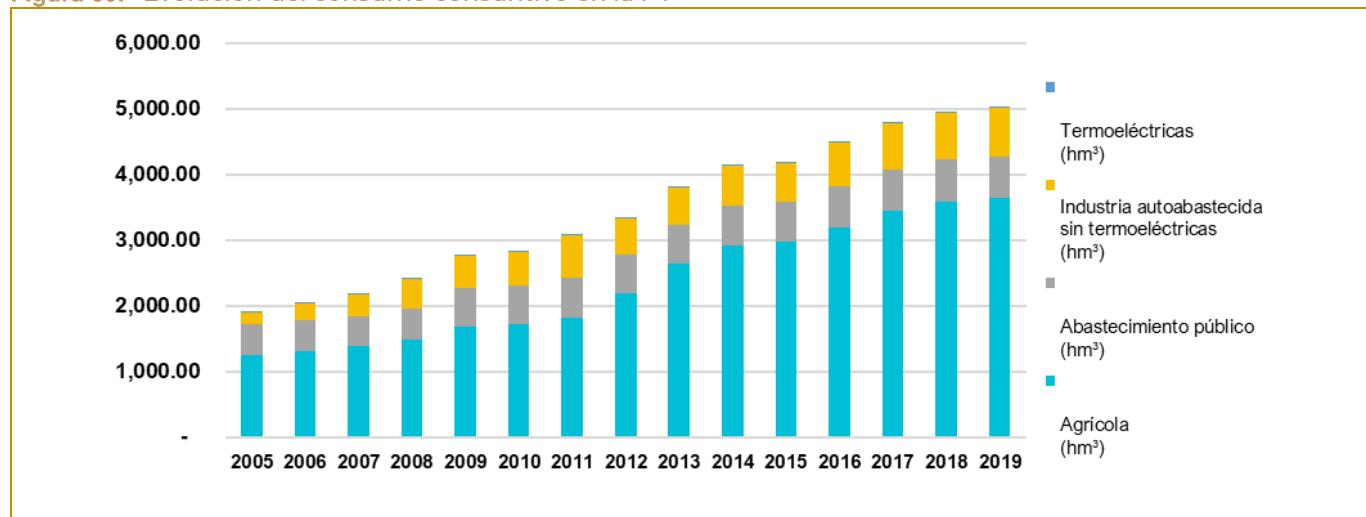


Fuente: INEGI (2020).
https://www.inegi.org.mx/sistemas/Infoenoe/Default_15mas.aspx

1.4.3 Productividad del agua

La productividad del agua representa los beneficios económicos generados por el uso de ésta. Se considera como un indicador de rendimiento en el uso del agua y refleja la presión de las actividades económicas en los recursos hídricos. Sin embargo, lograr una mayor productividad económica del agua, principalmente en el sector primario, debería suponer una reducción de la presión de las fuentes de abastecimiento del vital líquido (Figura 30 y Figura 31).

Figura 30. Evolución del consumo consuntivo en la PY



Nota: Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA).

Fuente: CONAGUA (2020). Base de Datos del REPDA. Octubre 2020 de CONAGUA Sitio web: <https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx>.

Figura 31. Productividad económica del agua en la PY



Fuente: CONAGUA (2020). Octubre 2020 de CONAGUA

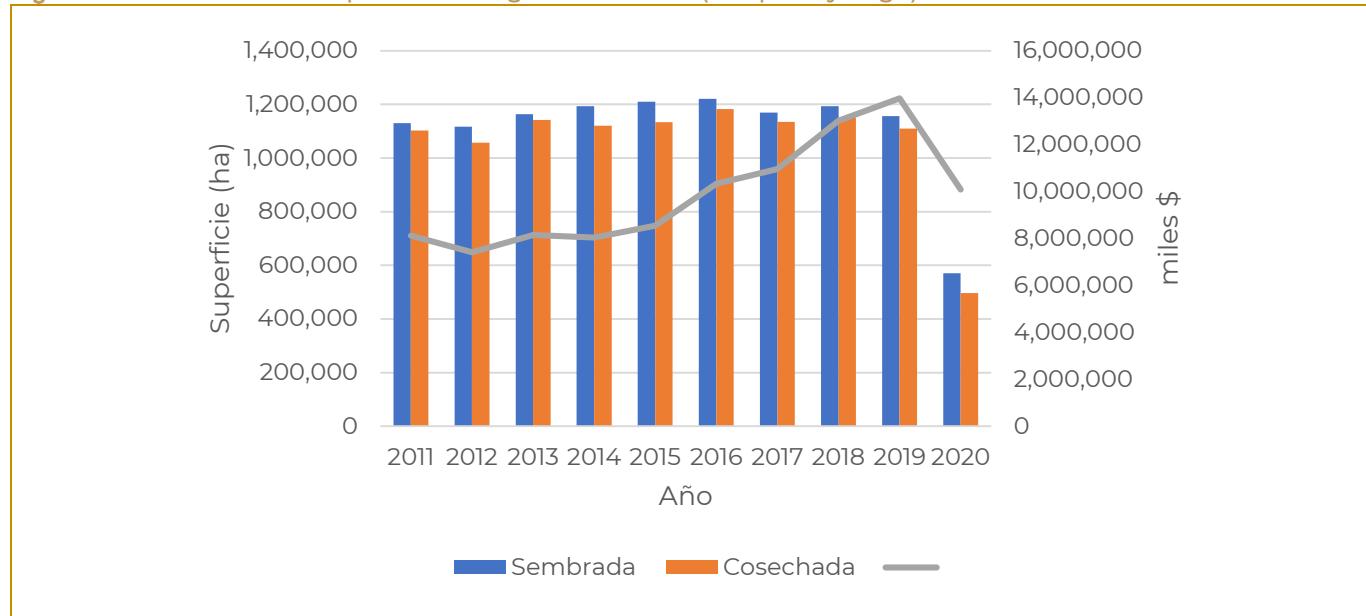
Sitio web: <https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx>, e INEGI 2020. PIB por Entidad Federativa. Base 2013. Octubre 2020, de INEGI Sitio web: <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/>

1.4.4 Producción agrícola

La actividad agrícola en la Península de Yucatán, de manera global, es decir, incluyendo a todos los cultivos cíclicos y perennes, así como a las superficies de riego y temporal, tiene en promedio una superficie de 1,172,497 hectáreas sembrada y 1,125,842 hectáreas cosechadas, con un valor de producción de 9,838 millones de pesos (Anexo 5).

En los últimos 10 años muestra una tendencia creciente en siembras, cosechas y valor de producción (Figura 32), con excepción de la drástica caída en el año 2020 ocasionada por las extraordinarias lluvias que se presentaron en ese año.

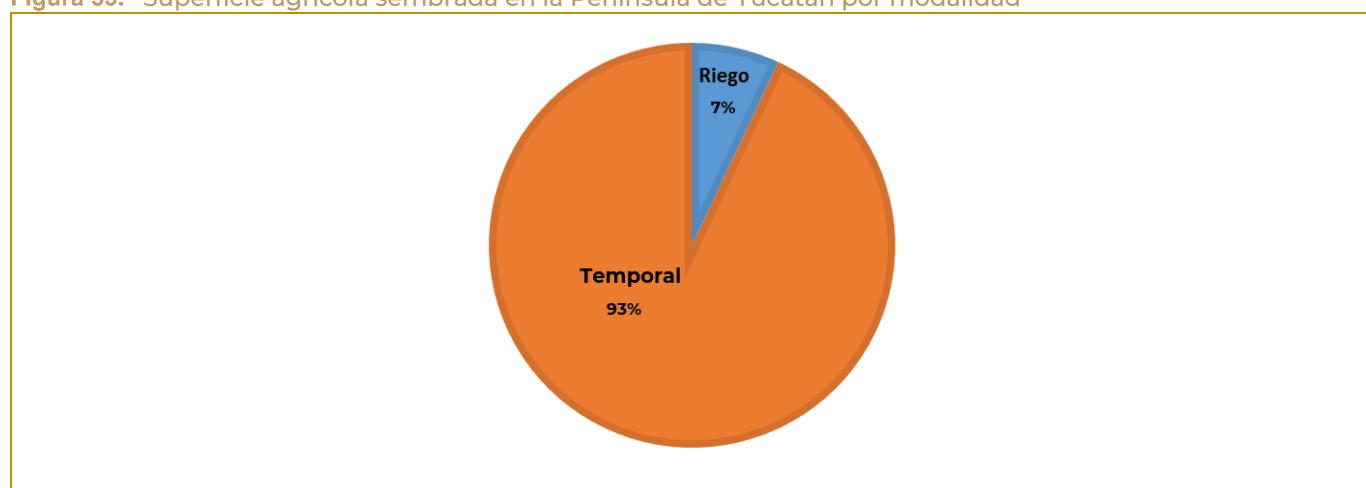
Figura 32. Estadística de la producción agrícola en la PY (temporal y riego)



Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER

La actividad agropecuaria en la PY es predominantemente temporal era (Figura 33), pues el 93% de la superficie sembrada (1,092,325 ha) y cosechada (1,087,044 ha) se desarrolla bajo esa modalidad y el restante 7% de la superficie sembrada (85,453 ha) y cosechada (80,172 ha) se desarrolla bajo riego.

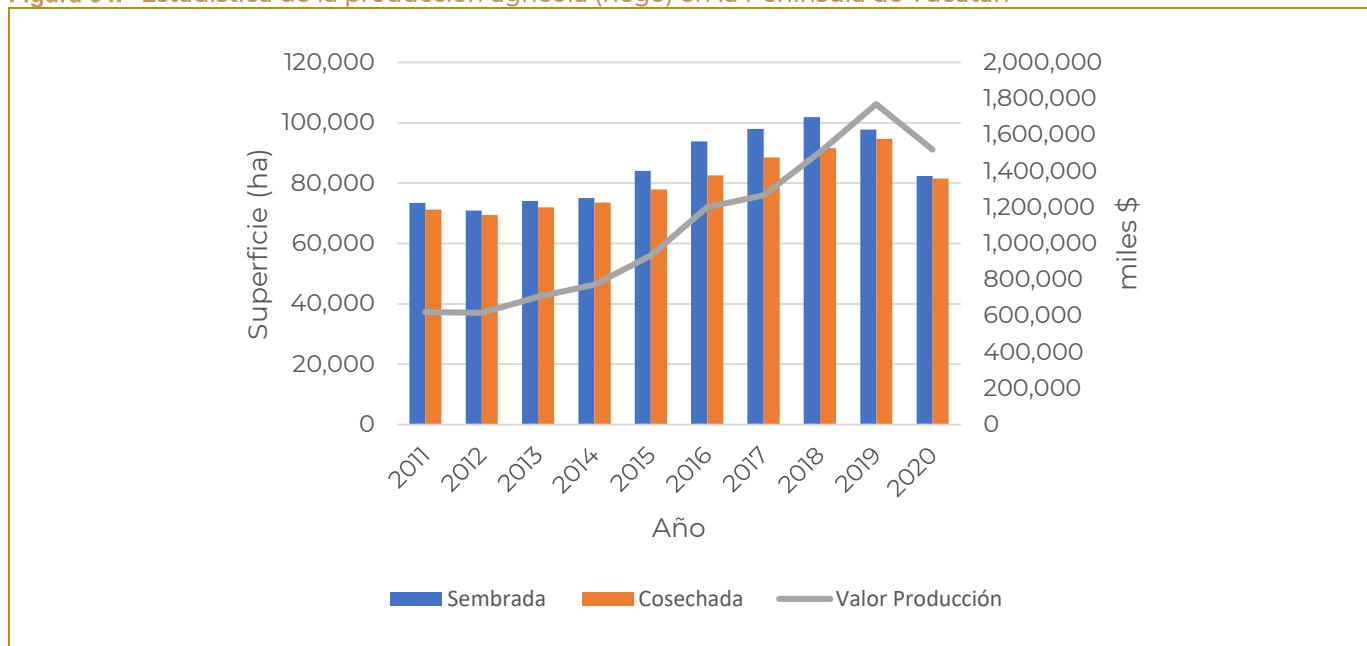
Figura 33. Superficie agrícola sembrada en la Península de Yucatán por modalidad



Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER

En particular las superficies bajo riego también muestran en los últimos 10 años una tendencia creciente en siembras, cosechas y valor de producción (Figura 34), con excepción de la drástica caída en el año 2020 ocasionada por las extraordinarias lluvias que se presentaron en ese año.

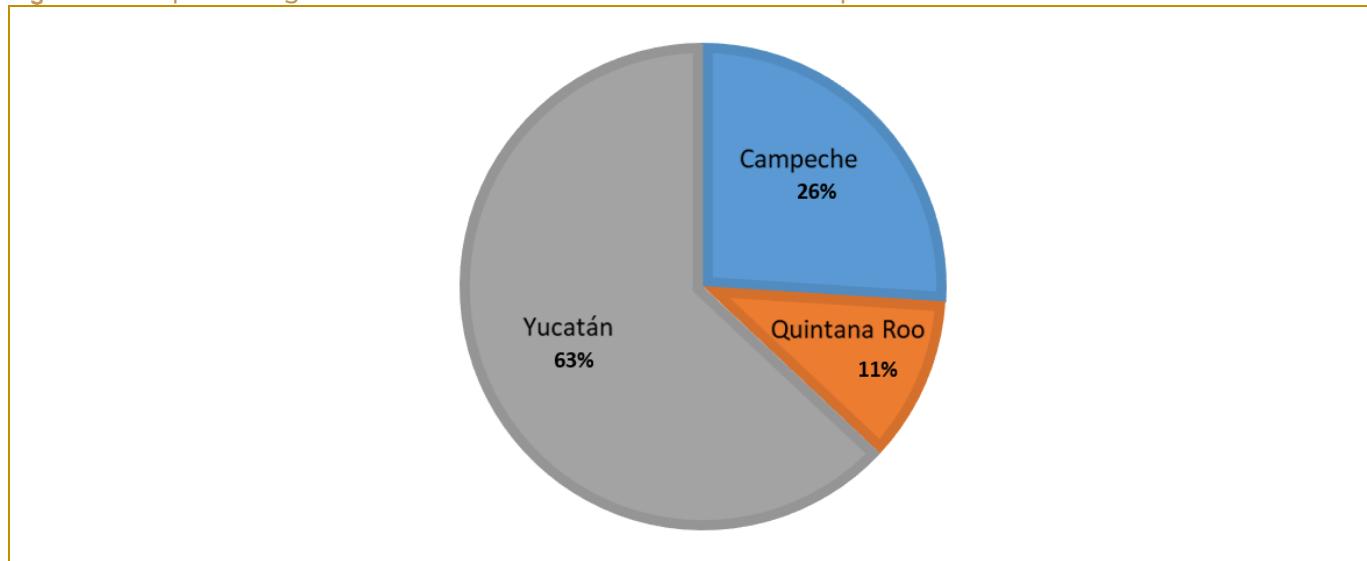
Figura 34. Estadística de la producción agrícola (riego) en la Península de Yucatán



Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER

Dentro de la península de Yucatán, es en el estado de Yucatán en donde se desarrolla la mayor actividad agrícola (Figura 35), pues en términos de superficie sembrada es en ese estado en donde se da el 63% (739,094 ha), seguido por Campeche con el 26% (304,913 ha) y Quintana Roo con el 11% (128,490 ha). Sin embargo, en términos de valor de la producción resulta totalmente lo contrario, ya que a Campeche corresponde el 40% (3,894 mills \$), a Yucatán el 39% (3,845 mills \$) y a Quintana Roo el 21% (2,099 mills \$).

Figura 35. Superficie agrícola sembrada en la Península de Yucatán por modalidad



Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER

Para contar con una mejor idea en cuanto a la producción agrícola a nivel de unidad de planeación (Tabla 22), se muestra a continuación el desglose para cada una de ellas en los tres últimos ciclos productivos:

Tabla 22. Producción agrícola por unidad de planeación 2018-2020, cultivos cíclicos y perennes (riego y temporal)

Entidad / Unidad de Planeación	Superficie sembrada (ha) 2020	Superficie cosechada (ha) 2020	Valor producción (miles de pesos) 2020	Superficie sembrada (ha) 2019	Superficie cosechada (ha) 2019	Valor producción (miles de pesos) 2019	Superficie sembrada (ha) 2018	Superficie cosechada (ha) 2018	Valor producción (miles de pesos) 2018
Campeche	311 325.20	306 827.30	5 557 769.05	340 210.50	322 555.00	5 625 744.95	357 582.50	326 717.80	5 214 079.38
CampN	220 433.50	217 668.00	4 591 483.05	219 730.50	212 966.50	4 131 557.82	221 157.00	211 808.50	3 791 659.31
CampC	67 572.70	65 959.30	788 749.21	100 164.00	94 304.50	1 387 066.67	110 346.50	93 337.80	1 253 457.90
CampS	23 319.00	23 200.00	177 536.79	20 316.00	15 284.00	107 120.46	26 079.00	21 571.50	168 962.17
Quintana Roo	111 243.66	88 124.38	2 351 704.44	117 653.19	94 212.99	2 946 162.81	127 543.21	121 958.56	3 145 701.02
QRooN	6 452.12	6 438.12	18 090.25	6 731.00	6 707.00	39 556.85	7 198.70	7 126.45	58 404.97
QRooC	33 671.84	20 729.84	627 900.74	33 541.80	19 920.30	717 555.14	43 680.30	42 745.30	810 209.20
QRooS	71 119.70	60 956.42	1 705 713.45	77 380.39	67 585.69	2 189 050.82	76 664.21	72 086.81	2 277 086.85
Yucatán	147 908.63	101 370.20	2 297 606.79	698 689.07	692 962.73	5 396 751.74	708 374.41	70 1247.73	4 655 474.26
YucN	14 771.89	11 989.78	126 471.08	148 781.51	146 011.87	1 286 109.35	162 775.12	159 627.56	1 412 388.63
YucO	65 690.97	32 555.24	307 683.36	440 618.35	440 369.85	1 506 722.39	441 313.87	441 191.87	1 354 429.91
YucS	67 445.77	56 825.18	1 863 452.35	109 289.21	106 581.01	2 603 920.00	104 285.42	100 428.30	1 888 655.72

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020).

<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

En términos de productividad económica agrícola bajo riego (Tabla 23), los niveles más altos se presentan en las UP QRooN y QRooC con plantaciones con buena conversión de valor del producto (ejemplo cítricos y hortalizas) por una alta demanda, con valores de casi \$20 pesos/m³. A diferencia de la UP YucO, en donde el valor es de \$0.37 pesos/m³, particularmente en el cultivo de pasto para forraje.

Tabla 23. Productividad económica agrícola con sistemas de riego por UP en la PY.

Unidad de Planeación Campeche	Producción económica agrícola promedio (pesos/m ³)
Norte	1.39
Candelaria	5.69
Sur	0.93
Promedio estatal	2.91
Unidad de Planeación Quintana Roo	Producción económica agrícola promedio (pesos/m ³)
Norte	19.91
Centro	14.43
Sur	1.23
Promedio estatal	11.86
Unidad de Planeación Yucatán	Producción económica agrícola promedio (pesos/m ³)
Norte	0.84
Oriente	0.37
Sur	3.21
Promedio estatal	1.20

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). Sistema Agroalimentario de Consulta. Octubre, 2020, de SIAP, SADER Sitio web: <https://www.gob.mx/siap/documentos/sistema-de-informaci%F3n-agroalimentaria-de-consulta-siacon-161506>.



1.4.5 Infraestructura hidroagrícola

Para apoyar a la actividad agrícola la CONAGUA ha destinado importantes recursos federales para la construcción de infraestructura de riego y temporal tecnificado.

En la región se encuentran los Distritos de Riego 048 Ticul en el estado de Yucatán y el 102 Río Hondo en Quintana Roo. El primero, da atención a ocho municipios y beneficia a 4,749 usuarios. El distrito de riego Río Hondo atiende a un municipio y beneficia a 1,317 usuarios (Tabla 24).

Tabla 24. Distritos de riego

DR	Estado	Número de usuarios	Superficie total (ha)	Superficie regada (ha)	Volumen distribuido (hm ³)
048 Ticul	Yucatán	4 513	9 566	9 013	44.4
102 Río Hondo	Quintana Roo	280	8 219	5 599	34.0
Total		4 793	17 785	14 612	78.4

Fuente: Estadísticas del agua en México 2018

En cuanto a los Distritos de Temporal Tecnificado (DTT), el 008 Oriente de Yucatán sobresale por presentar un área que supera por mucho a los demás distritos, aunque no así, el valor de su producción, por el contrario, el mayor rendimiento lo obtuvo el distrito 025 Río Verde que superó el millón de miles de pesos. La relación entre el valor de la producción y la superficie sembrada, colocan los mejores rendimientos por hectárea para los DTT 025 y 026 (Tabla 25).

También fue el 025 el que logró mayores ingresos en promedio por cada tonelada vendida. El más bajo valor de producción por hectárea y por volumen se registraron en el DTT 008 Oriente de Yucatán, a pesar de la cantidad de hectáreas disponibles, situación que fue similar a la del año agrícola anterior.

Tabla 25. Distritos de temporal tecnificado

DTT	Estado	Número de usuarios	Superficie total (ha)	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (toneladas)	Valor de la producción (millones\$)
15	Campeche	1120	85 100	53 751	56 751	455 312	607
25	Campeche	1984	134 900	56 132	56 132	390 686	1 610
26	Quintana Roo	1739	104 800	22 553	22 553	570 856	427
8	Yucatán	25 021	667 000	249 929	244 068	1 577 568	596
24	Yucatán	880	26 100	15 652	15 261	51 847	199
	Total	30 744	1 017 900	398 017	394 765	3 046 269	3 438

Fuente: Atlas del agua (2018), Estadísticas Agrícolas por distrito (2017).

http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf

https://files.conagua.gob.mx/conagua/generico/Estad%C3%ADsticas_Agricolas_DTT_2017.pdf

Por la superficie o ámbito geográfico que cubren los distritos de temporal tecnificado en la península de Yucatán, éstos se han constituido en un factor importante para el desarrollo agrícola. Por ello, resulta importante considerar

La infraestructura hidroagrícola beneficia al 30% de la superficie en producción de la PY.

los resultados que la Federación Nacional de Usuarios de los Distritos de Temporal Tecnificado (FENAC) obtuvo en sus talleres anuales, en cuanto al diagnóstico de la problemática más relevante en los DTT, orientado a identificar las necesidades de infraestructura logística para impulsar la productividad agrícola en los distritos de temporal tecnificado. Entre las conclusiones principales se enlistan las siguientes:

Taller 2009	Taller 2019
<p>Escasa planeación de las actividades productivas por parte de las asociaciones que están constituidas en los DTT.</p> <p>Bajo conocimiento del potencial productivo de las tierras actualmente asignadas a cultivos y a producción pecuaria en los DTT.</p> <p>Bajos niveles de producción y productividad en las parcelas.</p> <p>Falta de proyectos productivos integrales para agregación de valor a los productos agropecuarios de los DTT.</p> <p>Deficiente o nula infraestructura para acopio, almacenamiento y comercialización.</p> <p>Equipo y maquinaria en deterioro progresivo, contándose con una parte del parque de maquinaria descompuesto o inutilizado.</p> <p>Insuficiente asistencia técnica tanto del ámbito gubernamental como de prestadores de servicios profesionales.</p>	<p>La falta de capacidad de atención para cubrir las necesidades básicas de conservación normal de la infraestructura ha propiciado que parte importante de la infraestructura se encuentre en estado crítico</p> <p>Desafortunadamente en los últimos años se ha observado una tendencia a la baja en la participación de los productores para atender esta necesidad.</p> <p>Ante esta situación es importante fortalecer las acciones de concientización de los usuarios para el pago de la cuota y/o su participación directa en los programas de conservación normal de la infraestructura.</p> <p>Se recomienda seguir desarrollando el manejo del agua y la preservación de suelos.</p> <p>El principal problema que se tiene para cumplir con la conservación normal de la infraestructura en los Distritos de Temporal Tecnificado es la baja participación de los usuarios en el pago de la cuota.</p> <p>Los parques de maquinaria están incompletos ya que no se tienen los equipos necesarios (o adecuados) para atender las necesidades básicas de mantenimiento de la infraestructura.</p> <p>La gran mayoría de los equipos que se tienen están prácticamente obsoletos ya que cumplieron su vida útil y esto ocasiona que los costos de operación, mantenimiento y reparación sean muy elevados.</p> <p>Se requiere por parte de las ACUs mejores apoyos para complementar o renovar el parque de maquinaria para mantenimiento de la infraestructura; implementando una mayor asignación de recursos y esquemas de financiamiento más accesibles</p> <p>El insuficiente nivel de recaudación permite implementar el programa de trabajo en la red de caminos (rastreo y bacheo) y se deja en segunda prioridad la red de drenaje, se observa en la red de drenaje cada vez un mayor deterioro debido a la falta de atención, con lo que el 50% se encuentra en condiciones críticas.</p> <p>La asesoría técnica especializada ha jugado un papel importante para un mejor desempeño de las funciones de las asociaciones civiles de usuarios en la administración, operación y conservación de la infraestructura hidroagrícola, así como para buscar otras alternativas para alcanzar una mejor productividad.</p>

1.5 Usos del agua

1.5.1 Tipos de uso del agua y su evolución

En la península, prácticamente toda el agua que se utiliza proviene del acuífero y de acuerdo con datos del REPDA al 15 de junio de 2020 se tiene un volumen comprometido (concesionado y asignado) de 4,762.3 millones de metros cúbicos. La Tabla 26 muestra los volúmenes comprometidos de aguas nacionales que se realizan en las diferentes



actividades económicas a nivel de la PY y por entidad federativa. Yucatán supera por mucho la extracción total, con 2,160.59 Mm³/año (el 46 %), seguido por Campeche con 28 % y Quintana Roo con el 26 %.

La infraestructura hidroagrícola muestra creciente deterioro por la baja participación de usuarios en pago de cuotas para mantenimiento.

corresponden a cerca del 69 por ciento del total concesionado.

En cuanto al uso acuícola, Campeche es quien consume el valor más alto a nivel peninsular, con 18.55 Mm³/año para el uso acuacultura (81.8% del total de esta actividad). Por otro lado, Yucatán sobresale en cuanto al uso industrial con el 60 % del total del agua utilizada en esta actividad, lo mismo que para el uso pecuario con el 78.8 % del total de esa actividad. Como se mencionó anteriormente, el uso para servicios, vinculados con el turismo, Quintana Roo utiliza el 95.5 % del total de la actividad. Estos últimos datos muestran ciertas especialidades económicas para cada entidad, y que suman al desarrollo regional.

El uso del agua en la PY se disparó de una manera considerable en los últimos veinte años (Figura 36).

Del 2000 (1,222.22 hm³) al 2010 (1,558.97) creció en un 27%, sin embargo, para el 2020 (4,663.24 hm³) se incrementó en un 281%, es decir, creció en cuatro tantos con respecto al 2000.

Los tres principales usos del agua a nivel PY refieren al uso agrícola, público urbano y servicios, quienes conjuntan el 96 % del total concesionado para explotación. El sector agrícola es quien predomina en cuanto a volumen concesionado con el 68 % del total, y Campeche y Yucatán participan con la mayor proporción del 33.7 % y 55.2 % respectivamente. Además, el uso múltiple incluye a todos los títulos de concesión utilizados para más de un uso y en la península éstos son principalmente agrícolas y pecuarios, por lo que a las actividades agropecuarias se les destina más agua que la cuantificada únicamente en cada uso específico, alcanzando aproximadamente los 3,235 Mm³/año, que

**Los grandes usos del agua son:
68% para uso agrícola, el 14% a servicios y el 13% al público urbano.**

Tabla 26. Extracción y usos del agua en la Península de Yucatán y entidades federativas de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Actividad	Campeche Mm ³ /año	Yucatán Mm ³ /año	Quintana Roo Mm ³ /año	Total	% del total.
Acuacultura	18.54	2.34	1.32	22.20	0.4700
Agrícola	1 068.14	1 751.95	347.94	3 168.03	68.3000
Agroindustrial	0.18	0.04	0.05	0.27	0.0050
Doméstico	0.11	0.20		0.31	0.0050
Industrial	20.06	51.74	15.39	87.19	1.8800
Otros	0.02			0.02	0.0005
Pecuario	9.99	41.73	0.94	52.66	1.1300

Actividad	Campeche Mm ³ /año	Yucatán Mm ³ /año	Quintana Roo Mm ³ /año	Total	% del total.
Público Urbano	173.09	249.37	211.18	633.64	13.60
Servicios	6.96	22.26	626.66	655.88	14.10
En blanco	1.39	7.68	5.02	14.09	0.30
Múltiples.		2.50		2.50	0.05
Total	1 298.50	2 130.67	1 208.51	4 637.68	100.00
% del total	28%	46%	26%		

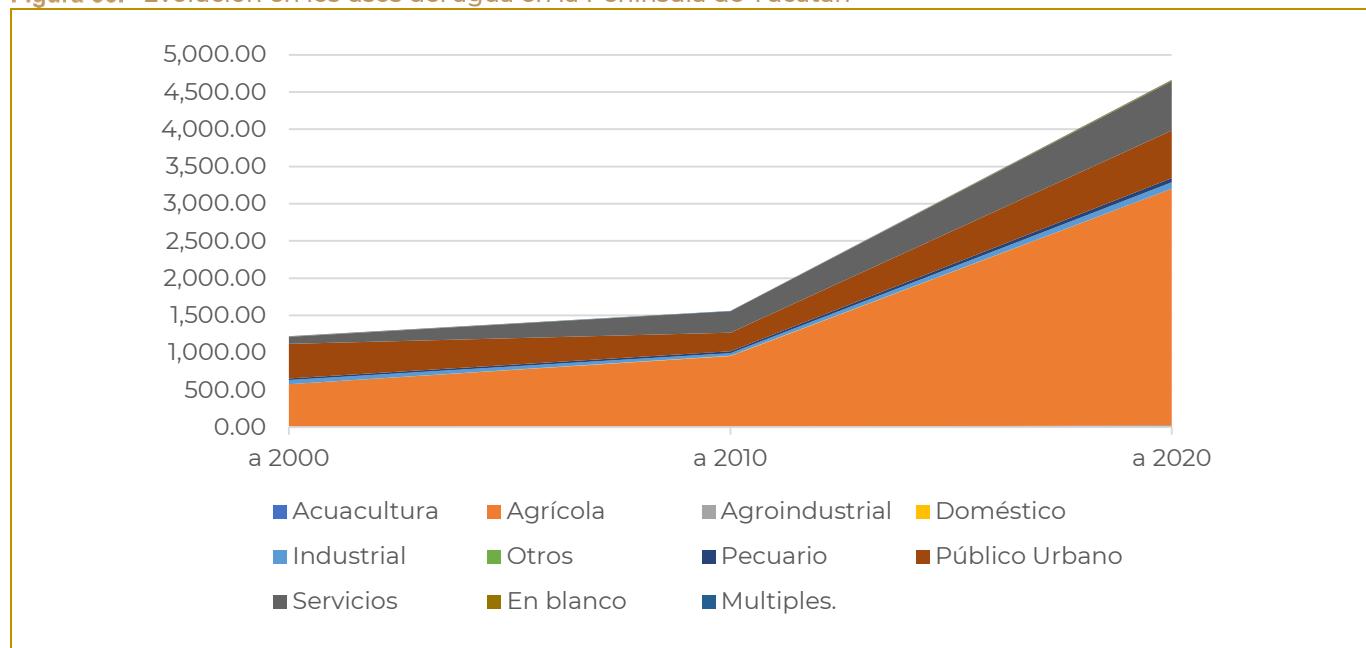
Fuente: REPDA (Junio 2020).

Se observa que la más alta extracción se presenta en las Unidades de Planeación con los principales centros urbanos y metropolitanos como se muestra en la Figura 37 (Campeche, Mérida y Cancún). Mientras que los valores más bajos se encuentran en la UP del CampS (Calakmul) y el QRooC (Felipe Carrillo Puerto).

El número de pozos se ha incrementado enormemente hasta alcanzar la cifra de 48,610 concesiones otorgadas en la actualidad, y sobresale el Estado de Yucatán con el 46 % del agua extraída y el 66 % del total de los pozos registrados, mientras que los otros dos estados se reparten cerca del 25 % de la extracción cada uno y un poco más del 10 % del número de pozos. Esto da cuenta del peso específico de Yucatán en el contexto de aprovechamiento del recurso hídrico (Tabla 27).

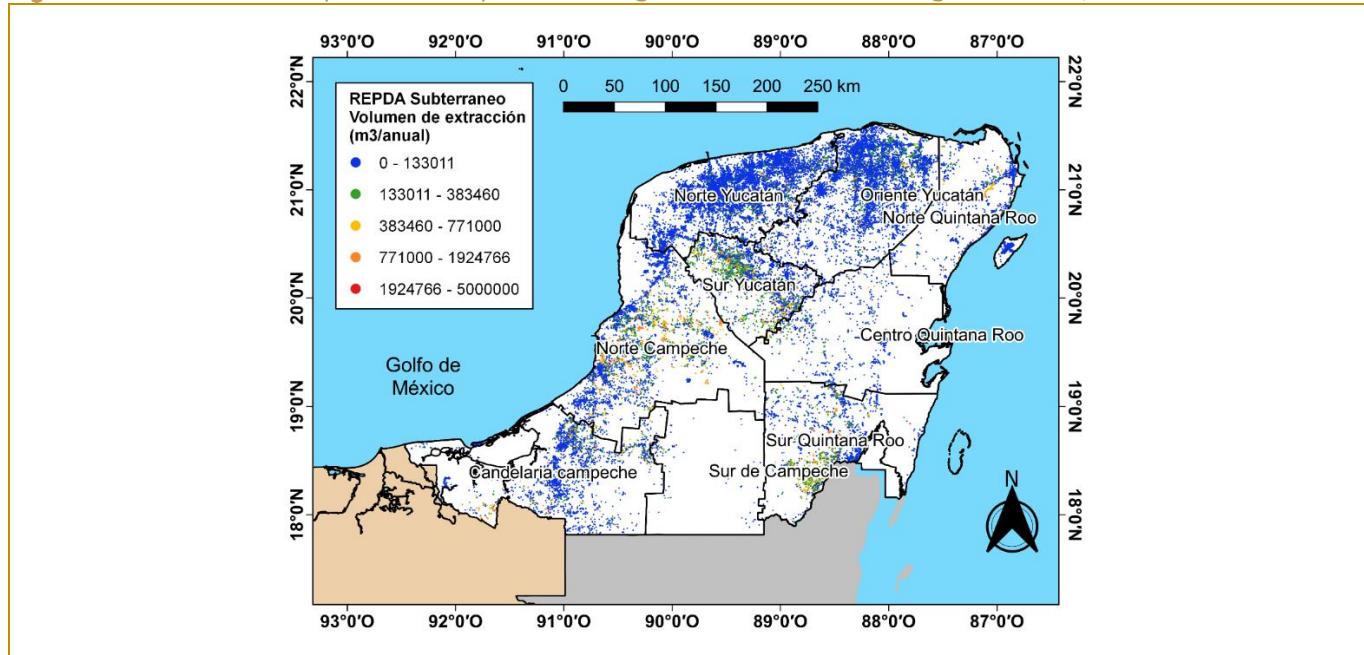
El uso del agua se disparó
en los últimos veinte años
en cuatro tantos.

Figura 36. Evolución en los usos del agua en la Península de Yucatán



Fuente: REPDA a junio de 2020

Figura 37. Distribución espacial de los pozos con registro de concesión de agua en la PY, año 2020.



Fuente: Elaborado con datos del REPDA (2020).

Tabla 27. Número de Pozos y valores de extracción total de agua concesionada para el año 2020

Entidad / Unidad de planeación	Superficie (km ²)	Volumen de extracción (m ³ /anual)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)	Número de pozos	Volumen de extracción anual (Mm ³ /km ²)
Campeche	57 634.42	1 298 507 478.14	1 298.51	10 262	0.020
CampN	22 349.62	987 774 291.17	987.77	6 715	0.044
CampC	21 280.82	301 748 420.14	301.75	3 444	0.014
CampS	14 003.98	8 984 766.83	8.98	103	0.001
Quintana Roo	44 809.22	1 208 501 624.88	1 208.50	6 210	0.030
QRooN	11 002.53	907 712 597.72	907.71	2 926	0.073
QRooC	17 792.14	58 545 442.64	58.55	1 030	0.003
QRooS	16 014.55	342 243 584.52	342.24	2 254	0.021
Yucatán	41 776.95	2 130 670 261.45	2 130.67	32 138	0.050
YucN	16 638.43	859 919 519.57	859.92	19 445	0.059
YucO	16 783.68	675 656 669.34	675.66	9 194	0.040
YucS	8 354.84	595 094 072.54	595.09	3 499	0.071



Fuente: REPDA (2020).

Si hacemos el cálculo de presión sobre la disponibilidad total actual, a nivel Península de Yucatán, de los 7,974.06 Mm³/año de disponibilidad total y los valores de extracción concesionados (REPDA 2020) de 4,965.25 Mm³/año (este valor incluye los volúmenes de extracción de aguas consignado en estudios técnicos de 259.9 hm³), implica una presión del 62.26 %, por lo que quedarían todavía 3,008.91 Mm³/año, disponibles para otras actividades. Recordemos que en el año 2008 era poco mayor del 16% la presión sobre la disponibilidad. La disponibilidad media restante aún parecería aceptable, pues quedarían todavía casi 27.8 % de agua disponible, sin embargo, si acercamos el análisis a nivel de Unidad de Planeación, se pueden observar aspectos interesantes.

Tratando de contrastar la información que nos ofrece el DOF 2020 en cuanto a extracción y su efecto en la disponibilidad desde la perspectiva espacial, por unidad de planeación, se continua el análisis del trabajo de Bauer Gotweinn et al 2011, en donde la extracción de agua concesionada al año 2008, año de elaboración de ese estudio, sumo la cantidad de 2,120.30 Mm³/año. Se contaba entonces con 28,442 pozos registrados en la Península de Yucatán para ese año (Tabla 28 y Figura 38), siendo la UP YucN en donde se concentra el 46 % de del total de pozos, mientras el UP CampS solo cuenta con 50 pozos que extraían 1.07 Mm³/año. Las máximas extracciones se dan en el QRooN y YucN, con 486.79 y 497.65 Mm³/año.

Tabla 28. Número de Pozos y valores de extracción total de agua concesionada para el año 2008

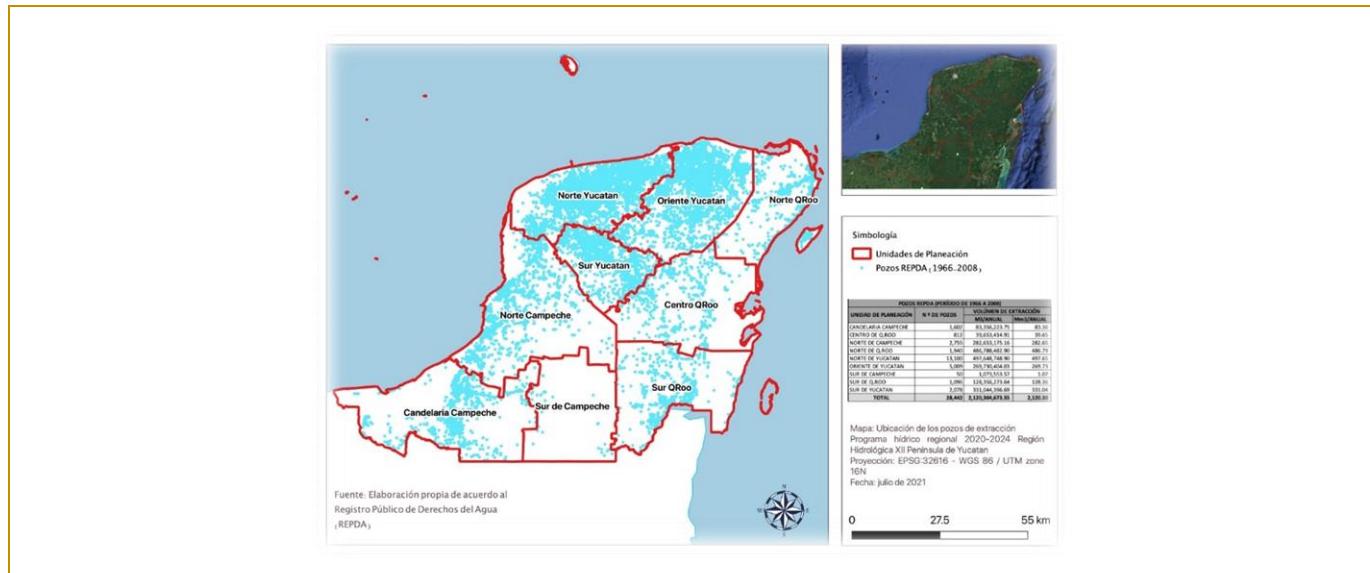
Pozos REPDA (Período De 1966 A 2008)			
Unidad De Planeación	Pozos	Volumen De Extracción	
		m ³ /Anual	Mm ³ /Anual
CampN	2 755	282 653 175.16	282.65
CampC	1 602	83 356 223.75	83.36
CampS	50	1 073 553.57	1.07
QRooN	1 940	486 788 482.90	486.79
QRooC	812	39 653 414.91	39.65
QRooS	1 096	128 356 273.64	128.36
YucN	13 100	497 648 748.90	497.65
YucO	5 009	269 730 404.03	269.73
YucS	2 078	331 044 396.69	331.04
Total	28 442	2 120 304 673.55	2 120.30

Fuente: REPDA, 2020.

De la Figura 39 a la Figura 41 y de la Tabla 29 a la Tabla 31, se presentan los diferentes usos del agua por entidad federativa y unidades de planeación. En el caso de Campeche, se dan principalmente 7 usos del agua, siendo los predominantes el agrícola, en la UP CampN, y el pecuario, en la UP CampC. La UP CampS, en cambio, presenta un bajo uso del agua, dada su vocación forestal y la calidad de esta.

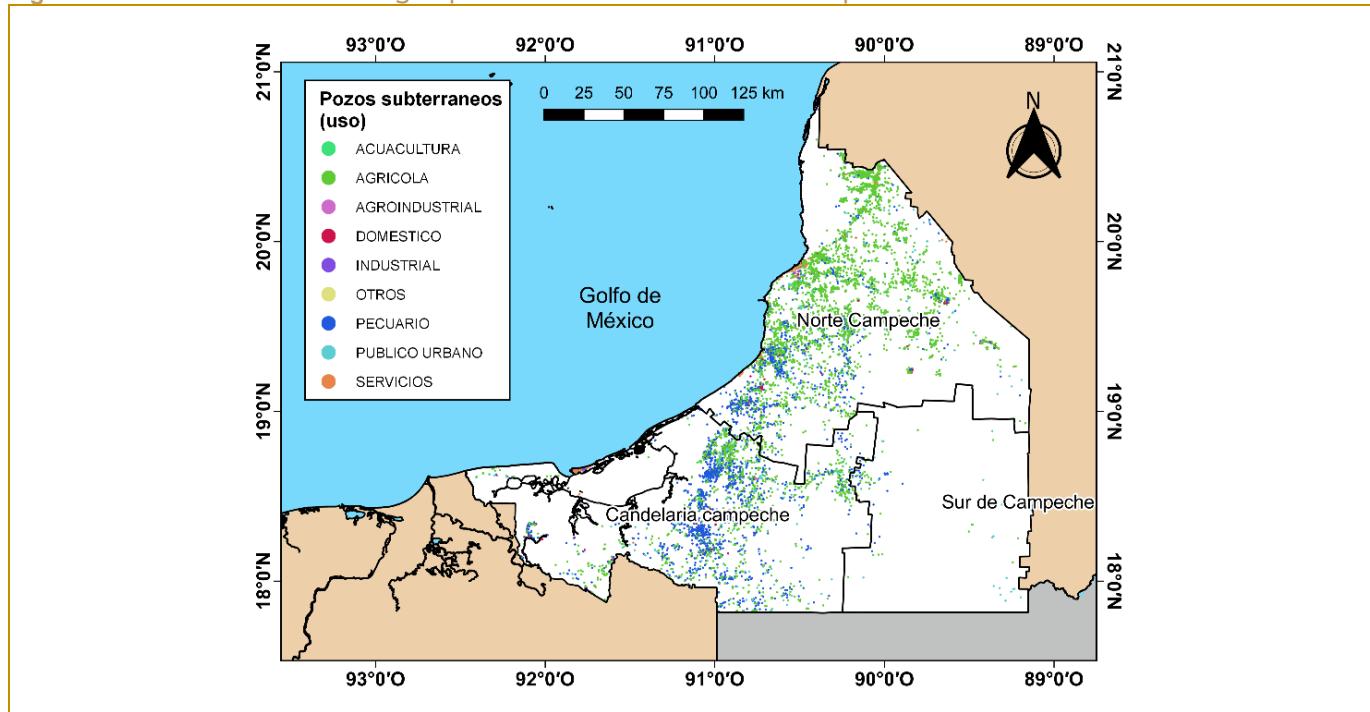


Figura 38. Distribución espacial de los pozos con registro de concesión de agua en la Península de Yucatán, año 2008



Fuente: Elaboración propia con datos del REPDA

Figura 39. Diferentes usos del agua para cada una de las UP de Campeche



Fuente: REPDA a junio de 2020

Tabla 29. Volumen de extracción por UP y uso en Campeche.

Unidad de planeación / Uso	Volumen de extracción (m ³ /anual)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)
CampN	987 774 291.17	987.77
Acuacultura	12 774 913.49	12.77
Agrícola	825 067 855.80	825.07
Agroindustrial	179 712.00	0.18
Domestico	111 078.67	0.11
Industrial	15 067 011.48	15.07
Otros	21 156.00	0.02
Pecuario	5 210 806.26	5.21
Público Urbano	122 526 299.13	122.53
Servicios	5 520 376.34	5.52
No específica	1 295 082.00	1.30
CampC	301 748 240.14	301.75
Acuacultura	5 772 884.87	5.77
Agrícola	235 272 462.66	235.27
Domestico	23 373.75	0.02
Industrial	4 994 517.24	4.99
Pecuario	4 585 311.37	4.59
Público Urbano	49 567 480.34	49.57
Servicios	1 437 697.91	1.44
No específica	94 692.00	0.09
CampS	8 984 766.83	8.98
Agrícola	7 804 622.91	7.80
Pecuario	187 025.50	0.19
Público Urbano	993 118.42	0.99

Fuente: REPDA a junio de 2020

En la Figura 40, se presentan los diferentes usos del agua para cada una de las UP del Estado de Yucatán. El uso del agua en la actividad agrícola sigue siendo preponderante, con más del 90 % en las UP YucS y YuCO. Por su parte en la UP YucN el uso agrícola llega sólo al 65 %, pero con el uso público urbano más alto de la PY, seguido por el pecuario, industrial y de servicios.

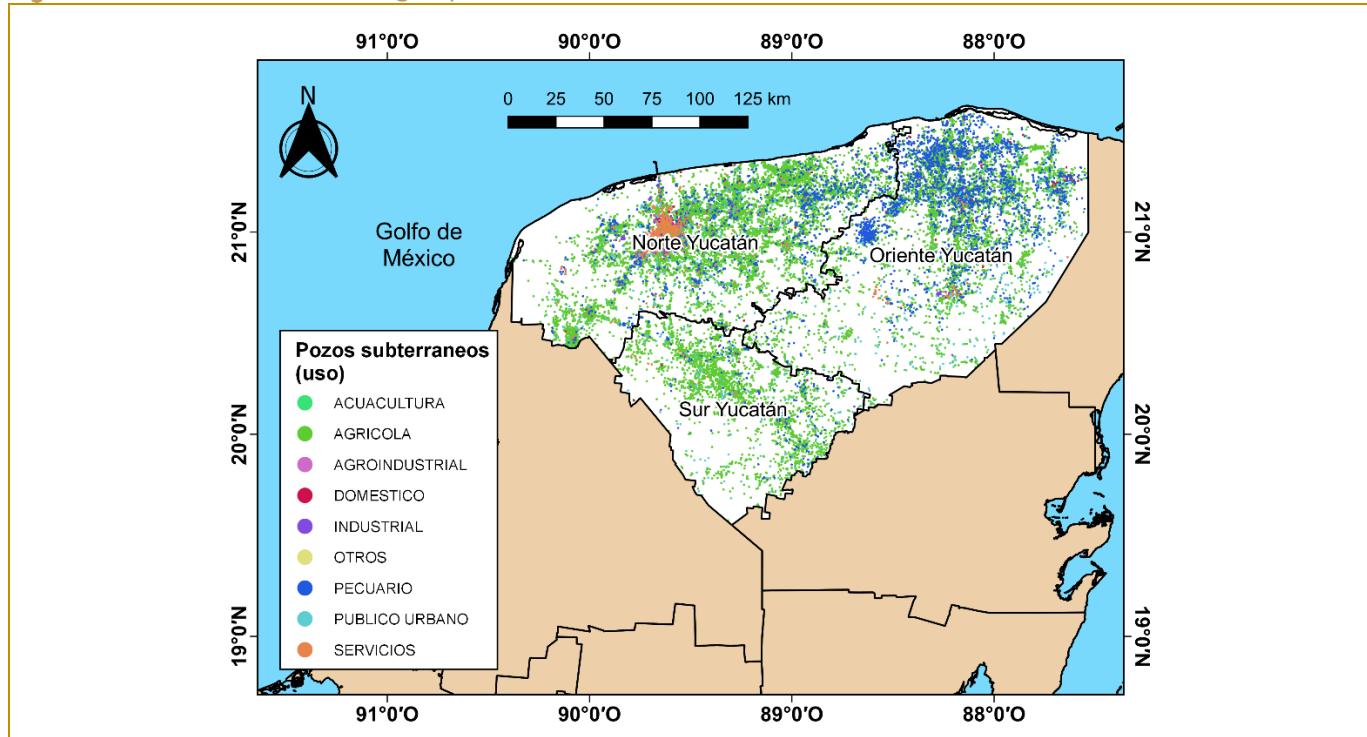
Figura 40. Diferentes usos del agua para cada una de las UP de Yucatán

Fuente: REPDA a junio de 2020

Tabla 30. Volumen de extracción por UP y uso en Yucatán.

Unidad de planeación / Uso	Volumen de extracción (m ³ /anual)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)
YucN	859 919 519.57	859.92
Acuacultura	1 229 204.84	1.23
Acuícola	5 200.00	0.01
Agrícola	565 296 197.51	565.30
Agroindustrial	39 762.60	0.04
Domestico	173 226.55	0.17
Industrial	39 766 782.62	39.77
Múltiples	1 713 120.00	1.71
Pecuario	22 079 122.35	22.02
Público Urbano	204 004 849.08	204.00
Servicios	21 299 019.52	21.30
No específica	4 313 034.50	4.31

Unidad de planeación / Uso	Volumen de extracción (m ³ /anual)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)
YucO	675 656 669.34	675.66
Acuacultura	1 109 232.92	1.11
Agrícola	619 519 056.42	619.52
Doméstico	17 460.65	0.02
Industrial	11 426 813.11	11.43
Múltiples	885 825.00	0.89
Pecuario	16 055 300.66	16.06
Público Urbano	25 299 414.90	25.30
Servicios	738 570.68	0.74
No específica	604 995.00	0.60
YucS	595 094 072.54	595.09
Agrícola	567 127 346.89	567.13
Doméstico	1 318.65	0.00
Industrial	536 654.95	0.54
Múltiples	790 289.00	0.79
Pecuario	3 588 042.06	3.59
Público Urbano	20 069 282.50	20.07
Servicios	215 383.29	0.22
No específica	2 765 755.20	2.77

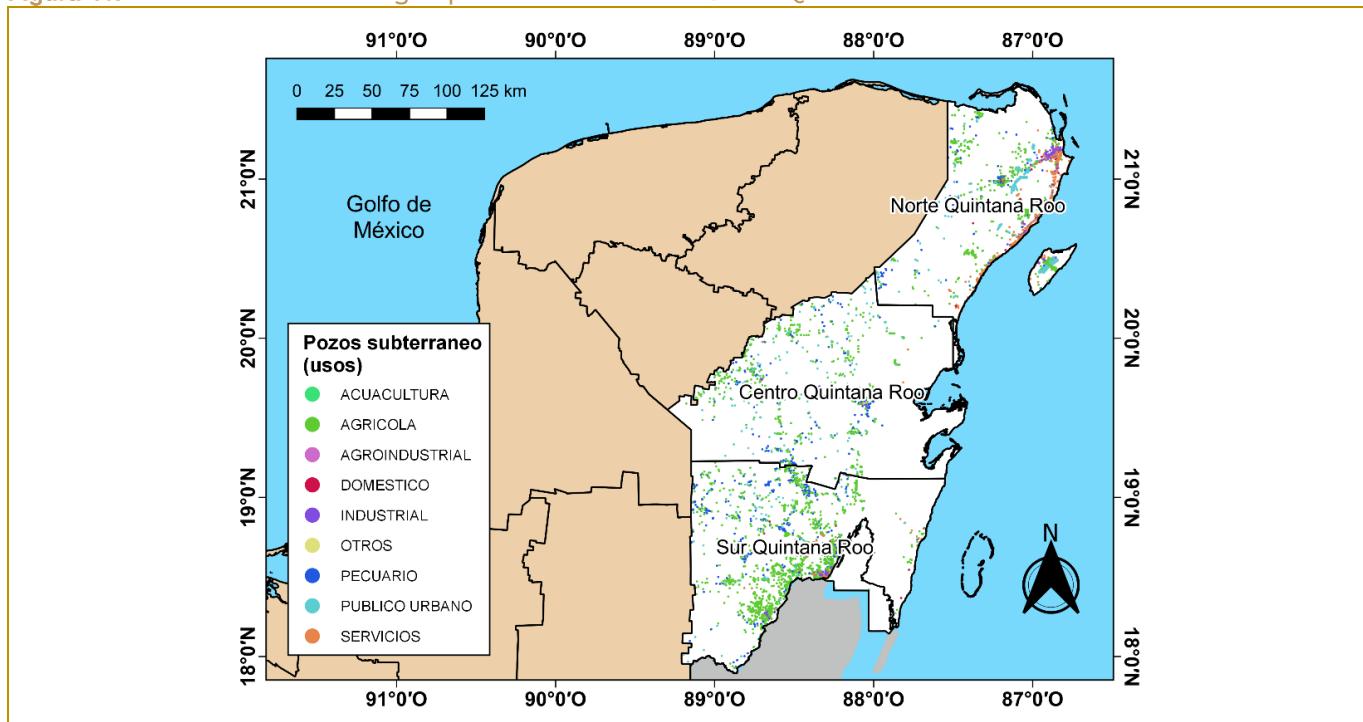
Fuente: REPDA a junio de 2020

En la Figura 41 se presentan los diferentes usos del agua para cada una de las UP de Quintana Roo. El uso del agua en la actividad agrícola sigue siendo preponderante, sin embargo, es el menor a nivel peninsular, entre un 65 a 85 % en las UP QrooC y QRooS. Para el caso particular de la UP QRooN, la actividad agrícola representa sólo el 1.74 %, la más baja a nivel peninsular. Sin embargo, en esta UP, el uso para servicios (hoteles y desarrollos turísticos, principalmente) representa más del 75 %, seguido, como en todos los demás, del uso público urbano.

1.5.2 Uso Público Urbano

La extracción de agua total per cápita (m³/hab/año) es mayor en Campeche, con 1,422.13 m³/hab/año, particularmente vinculado con el uso agrícola en las UP CampN y CampC (Tabla 32). El valor más bajo se presenta en Quintana Roo con 650.43 m³/hab/año, y particularmente en QRooN, dado que la actividad agrícola es muy baja. En el caso de Yucatán, la máxima extracción total se presenta en la UP YucS con 2,491.05 m³/hab/año, vinculado con la actividad citrícola.



Figura 41. Diferentes usos del agua para cada una de las UP de Quintana Roo


Fuente: Elaborado con datos del REPDA (S/D).

Tabla 31. Volumen de extracción por UP y uso en Quintana Roo

Unidad de planeación / Uso	Volumen de extracción (m ³ /anual)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)
QRooN	907 712 597.72	907.71
Acuacultura	9 343.76	0.01
Acuícola	14 223 402.70	14.22
Domestico	37 810.24	0.04
Industrial	13 081 967.97	13.08
Pecuario	380 626.87	0.38
Público Urbano	152 842 461.62	152.84
Servicios	625 471 555.28	625.47
No específica	1 665 429.28	1.67
QRooC	58 545 442.64	58.55
Acuacultura	11 826.00	0.01
Agrícola	38 716 370.94	38.72

Unidad de planeación / Uso	Volumen de extracción (m ³ /anual)	Volumen de extracción (Mm ³ /anual)
Doméstico	100.00	0.00
Industrial	23 361.00	0.02
Pecuario	151 475.30	0.15
Público Urbano	19 372 041.30	19.37
Servicios	3 604.10	0.00
No específica	266 664.00	0.27
QRooS	342 243 584.52	342.24
Acuacultura	1 301 592.00	1.30
Agrícola	295 003 388.46	295.00
Doméstico	5 929.16	0.01
Industrial	2 288 889.24	2.29
Pecuario	410 783.07	0.41
Público Urbano	38 968 530.65	38.97
Servicios	1 185 061.44	1.19
No específica	3 079 410.50	3.08

Fuente: REPDA (S/D).

Tabla 32. Extracción de agua para uso público urbano, por habitante a nivel peninsular y por UP.

Unidad de Planeación	Superficie total (km ²)	Disponibilidad total (Mm ³ /año)	Volumen de extracción (Mm ³ /año)	Población 2020	Extracción de agua per cápita m ³ /hab/año	Extracción Público Urbano Mm ³ /año	Extracción de agua uso público urbano m ³ /hab/año	Extracción per cápita Litros/hab/día
Campeche	57 634.42		1 298.50	913 066	1 422.13	173.09	189.57	519.36
CampN	22 349.62	1 129.20	987.77	516 988	1 910.62	122.53	237.01	649.34
CampC	21 280.82	1 685.27	301.75	364 364	828.15	49.57	136.04	372.71
CampS	14 003.98	532.76	8.98	31 714	283.15	0.99	31.21	85.50
Quintana Roo	44 809.22		1 208.50	1 857 985	650.43	211.13	113.63	311.31
QRooN	11 002.53	345.02	807.71	1 459 428	553.44	152.84	104.72	286.90
QRooC	17 792.14	719.77	58.55	123 155	475.41	19.37	157.28	430.90
QRooS	16 014.55	755.06	342.24	275 402	1 242.69	38.97	141.50	387.67
Yucatán	41 776.95		2 130.67	2 320 898	918.03	249.37	107.44	294.35
YucN	16 638.43	720.86	859.92	1 725 548	498.34	204.00	118.22	323.89
YucO	16 783.68	1 601.03	675.66	356 459	1 895.47	25.30	70.97	194.43
YucS	8 354.84	531.04	595.09	238 891	2 491.05	20.07	84.01	230.16
Total Península	144 220.59	7 974.06	4 637.67	5 091,949	910.78	633.64	124.43	340.90

Fuente: Elaboración propia mediante datos del DOF (2020) y REPDA (2020), INEGI (2020).



Sin embargo, si sólo se considera el agua extraída para el consumo público urbano (como agua de consumo para la población), se observa que Campeche presenta los principales contrastes, al pasar de 649.34 lt/hab/día en la UP CampN, a 85.5 lt/hab/día. Para Yucatán, las dotaciones de agua para uso público urbano van de 323.89 lt/hab/día en la UP YucN, a 194.43 lt/hab/día en la UP YucO. Mientras que para Quintana Roo, las dotaciones van de 430.9 lt/hab/día en QRooC a 286.9 lt/hab/día en QRooN.

1.5.2 Retorno de descargas de aguas residuales

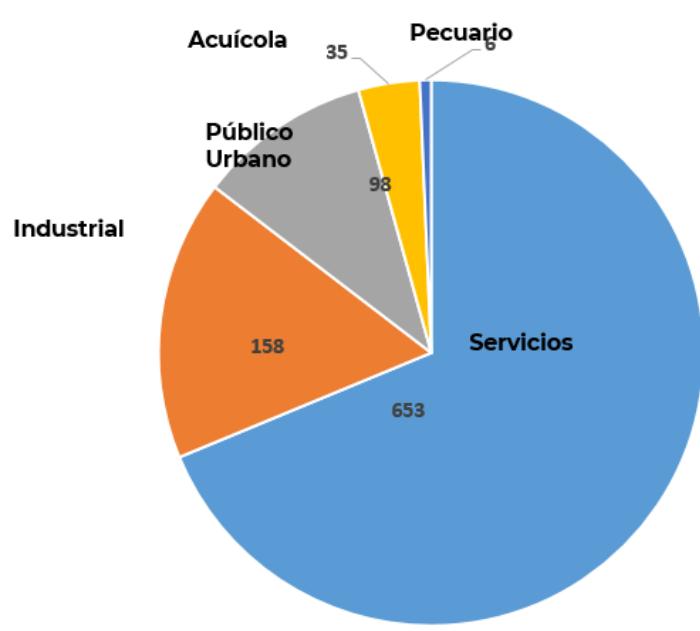
El marco jurídico establece para todo aquel usuario de aguas nacionales la obligación de contar con el "Permiso de descarga de aguas residuales" y se señala como casos de excepción para contar con dicho permiso a aquellas descargas que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado y que provengan, ya sea de uso doméstico o bien aquellas que, siendo suministradas por el sistema de agua potable, así como no contengan metales pesados, cianuros o tóxicos y que su volumen no exceda a 300 metros cúbicos mensuales. Se establece que aquellas descargas que correspondan a estos casos de excepción podrán llevarse a cabo con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan y mediante un aviso por escrito a la "Autoridad del Agua".

A continuación, se hará referencia a los retornos de aguas residuales al acuífero en dos sentidos: a) los correspondientes a los Permisos de Descargas de Aguas Residuales otorgados por la CONAGUA y b) el total de los retornos de aguas residuales.

a) Permisos de Descargas de Aguas Residuales

De acuerdo con el REPDA (Tabla 33) para junio del 2020 en la península de Yucatán se tienen 6,756 permisos de descarga de aguas residuales emitidos por la CONAGUA para un volumen total de 956.25 millones de metros cúbicos (que corresponden a 3,684 títulos de concesión y 51 títulos de asignación de agua). El 68% de este volumen corresponde a aguas residuales provenientes de uso servicios, otro 16.5% son aguas que provienen de uso industrial, un 10% son descargas de uso público urbano, un 3.6% al uso acuícola y un 0.67% al uso pecuario (Figura 42).

Figura 42. Permisos de descarga de aguas residuales (Mills m³)



Fuente: REPDA, CONAGUA, junio 2020 (En esta figura no se incluye las descargas de tipo: Múltiple, agroindustrial, agrícola y doméstico)

Tabla 33. Volúmenes concesionados (Mm³) de descarga de aguas residuales por unidad de planeación y uso del agua

UP / uso agua	Acuacultura	Agrícola	Agroindustrial	Doméstico	Industrial	Pecuario	Público Urbano	Servicios	Múltiples	Total
Campeche	33.37	0.00	0.02	0	125.00	0.09	0.43	17.23	1.66	177.81
CampN	26.94		0.02		36.00	0.08	0.02	8.22	0.72	72.02
CampC	6.43				89.00	0.01	0.41	8.98	0.94	105.76
CampS								0.03		0.03
Quintana Roo	1.08	0.00		0.11	8.45	0.11	90.96	624.07	0.47	725.26
QRooN				0.07	6.83	0.10	82.40	623.21	0.47	713.09
QRooC	0.02				0.01	0.01	0.37	0.02		0.43
QRooS	1.06			0.03	1.62	0.00	8.20	0.83		11.75
Yucatán	0.09	0.01		0.14	24.63	6.22	6.36	11.76	3.96	53.17
YucN	0.09			0.14	19.54	3.96	6.36	11.30	3.36	44.75
YucO					4.90	1.11		0.30	0.25	6.56
YucS		0.01			0.20	1.15		0.16	0.36	1.86
Total	34.54	0.01	0.02	0.25	158.09	6.42	97.76	653.06	6.09	956.24

Fuente: REPDA (junio 2020).

Importante resaltar que las descargas de aguas residuales derivadas del servicio Público Urbano (Tabla 34) que forman parte del REPDA provienen de 163 pozos de inyección vinculados a plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (Figura 43), con una descarga total de 97.76 Mm³/año. Dichos pozos se encuentran principalmente en la UP QRooN, con descargas de 82.39 Mm³ anuales (el 83.31% del total por la actividad asociada al turismo), seguido por la UPQRooS y YucN con 8.202 y 6.3618 Mm³/año respectivamente.

Tabla 34. Volumen de descarga anual y ubicación de los pozos concesionados para descarga de uso público urbano en la PY, vinculados a Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

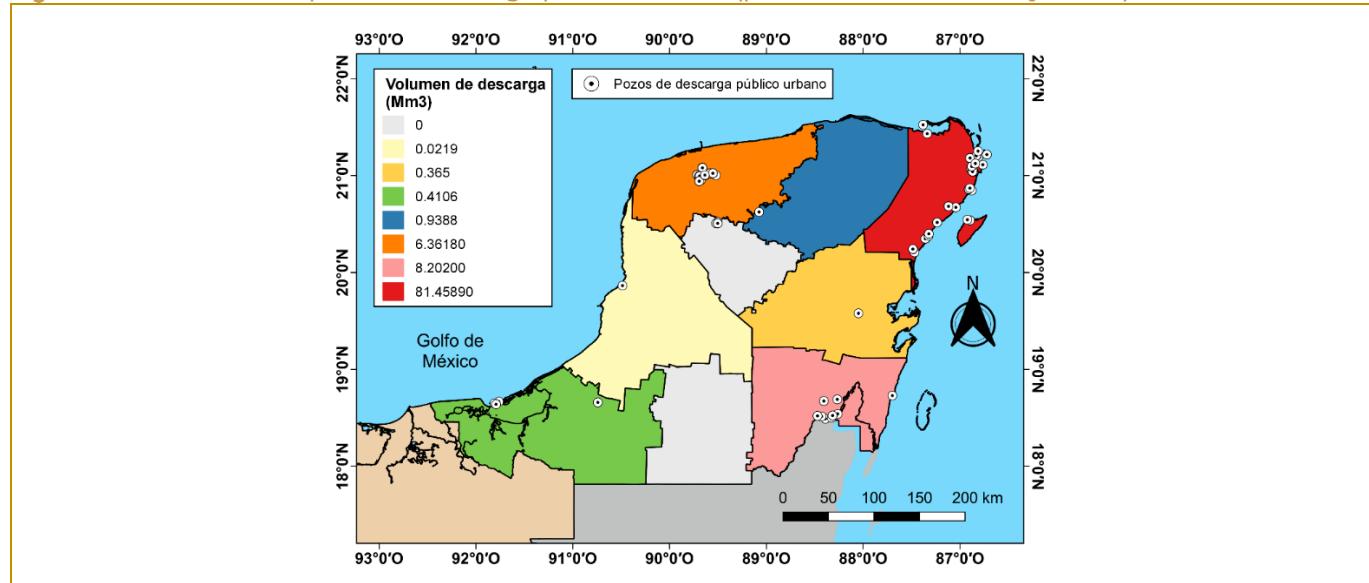
Unidad de planeación	Municipio	Número de Pozos	Volumen de descarga anual		
			m ³	Mm ³	Mm ³ /km ²
CampN	Campeche	1	21 900.00	0.0219	0.000000979
Total CampN		1	21 900.00	0.0219	0.000000979
CampC	Carmen	3	373 010.00	0.3730	0.000017500
	Escárcega	1	37 595.00	0.0376	0.000001760
Total CampC		4	410 605.00	0.4106	0.000019200
QRooN	Benito Juárez	56	54 258 875.39	54.2589	0.004930000
	Cozumel	5	7 104 240.30	7.1042	0.000645000
	Isla mujeres	3	1 892 160.00	1.8922	0.000171000
	Lázaro Cárdenas	2	285 795.00	0.2858	0.000025000
	Solidaridad	15	13 182 809.25	13.1828	0.001190000
	Tulum	5	4 735 008.00	4.7350	0.000430000



Unidad de planeación	Municipio	Número de Pozos	Volumen de descarga anual		
			m ³	Mm ³	Mm ³ /km ²
Total QRooN		86	82 397 667.90	82.3970	0.007400000
QRooC	Felipe Carrillo Puerto	1	365 000.00	0.3650	0.000020510
Total QRooC		1	365 000.00	0.3650	0.000020510
	Bacalar	2	954 720.32	0.9547	0.000059000
QRooS	Othón P. Blanco	10	7 247 235.60	7.2472	0.000450000
Total QRooS		12	8 201 955.92	8.2020	0.000510000
YucN	Mérida	52	6 361 848.78	6.3618	0.000430000
	Progreso	1	-	-	-
Total YucN		53	6 361 848.78	6.3618	0.000430000
YucO	Solidaridad	1	938 780.00	0.9388	0.000055000
Total YucO		1	938 780.00	0.9388	0.000055000
YucS	Mérida	4	-	-	-
	Umán	1	-	-	-
Total YucS		5			
Total General		163	97 758 977.64	97.7590	0.008447100

Fuente: REPDA (S/D).

Figura 43. Ubicación de pozos de descarga público urbano (pozos de absorción o inyección)



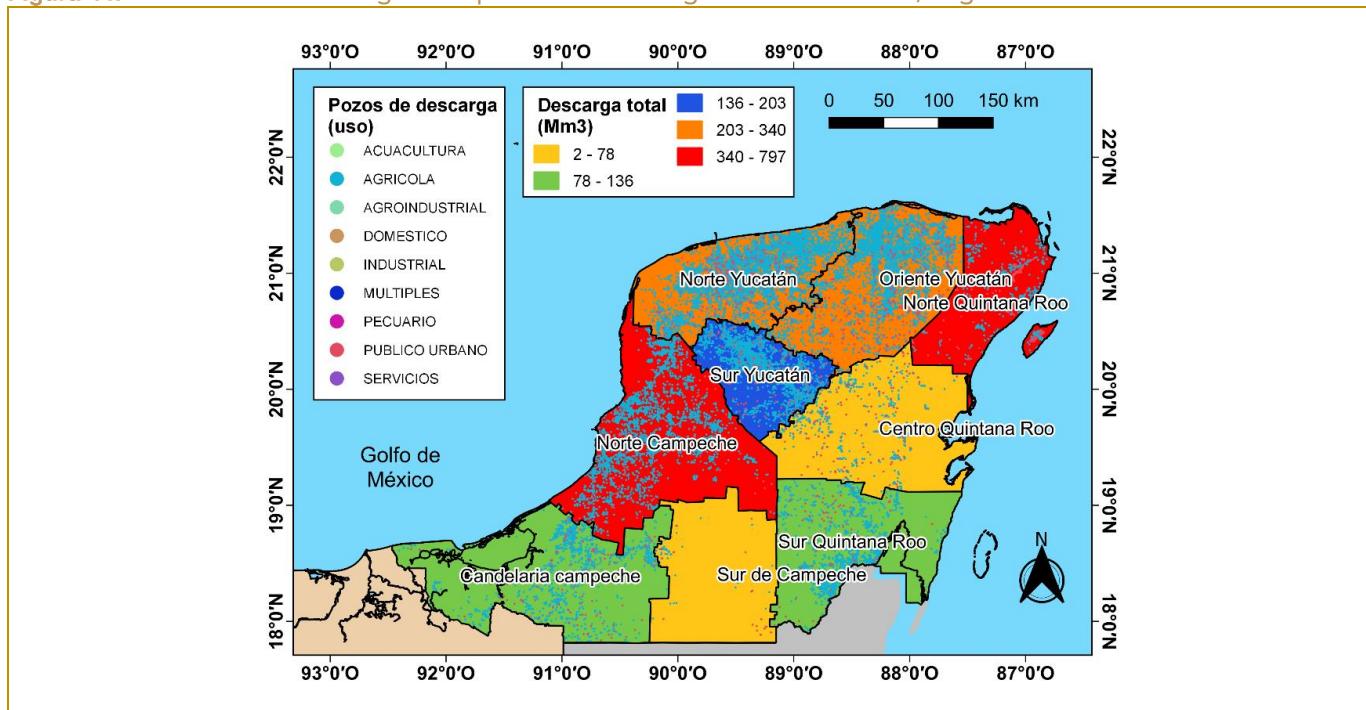
Fuente: Elaborado con datos del REPDA.

b) Total de los retornos de aguas residuales

El volumen total de los retornos al acuífero por las descargas de aguas residuales correspondientes a todos los aprovechamientos de aguas (concesiones y asignaciones según el REPDA al 15 de junio de 2020) es de 2,136.60 Mm³/año a nivel Peninsular (Figura 44 y Tabla 35). Esto representa que el 45.81 % del agua extraída es descargada nuevamente al acuífero mediante pozos de absorción o de inyección. El resto se pierde en evapotranspiración o se incorpora a la cría de animales o a los productos procesados tecnológicamente. También se incorpora como recarga por retorno agrícola, y público urbano en sitios donde no hay alcantarillado y plantas de tratamiento. Nuevamente, las mayores descargas están en las áreas más urbanizadas (Mérida, Cancún, Campeche) y las menores en la UP CampS, la UP YucS, y la UP QRooC. La Tabla 35 resume las principales características de extracción y descarga por UP (detalles en Anexo 6).

2,136.60 Mm³/año (casi la mitad del agua extraída) se retorna al acuífero sin un debido tratamiento.

Figura 44. Volumen de descarga total proveniente de aguas concesionada/asignada en la PY



Fuente: Elaborado con datos del OCPY (2020) y REPDA (S/D).

En la PY se tiene un 16.70 % de relación entre la inyección de aguas tratadas mediante pozo profundo con respecto al total extraído para el uso público urbano. Sin embargo, la relación en el tratamiento de aguas residuales y vertidas en pozos de inyección con respecto a la extracción total representan 2.92% para Yucatán, 46.62 % para Quintana Roo, y del 0.35 % para Campeche (Tabla 36).

Tabla 35. Volumen de descarga total proveniente de aguas concesionada/asignada en la PY.

Entidad / Unidad de Planeación	Superficie en km ²	Número de pozos de descarga	Volumen de descarga anual		
			m ³	Mm ³	Mm ³ /km ²
Campeche	57 634.42	7 962	163 132 125.97	463.13	0.0210
CampN	22 349.62	5 675	2 965 362.93	345.23	0.0002
CampC	21 280.82	2 213	114 929 241.18	114.92	0.0050
CampS	14 003.98	74	345 237 521.86	2.96	0.0150
Quintana Roo	44 809.22	5 462	944 084 539.82	944.08	0.0810
QRooN	11 002.53	2 657	796 795 776.83	796.79	0.0720
QRooC	17 792.14	873	23 661 617.81	23.66	0.0013
QRooS	16 014.55	1 932	123 627 145.18	123.62	0.0077
Yucatán	41 776.95	28 711	729 397 981.35	729.39	0.0570
YucN	16 638.43	18 617	337 284 717.02	337.28	0.0230
YucO	16 783.68	6 724	208 245 555.95	208.24	0.0120
YucS	8 354.84	3 370	183 867 708.38	183.86	0.0220
Total	144 220.59	42 135	1 836 614 647.14	2 136.60	

Nota: Se incluyen los pozos de retorno agrícola y las aguas residuales público urbanas que no cuentan con plantas de tratamiento.

Fuente: OCPY (2020) y REPDA (S/D).

Tabla 36. Relación entre el tratamiento de aguas residuales y vertidas en pozos de inyección con respecto al volumen total extraído para el uso Público Urbano.

Unidad de Planeación /Estado	Extracción Uso Público Urbano (Mm ³ /año)	Descarga Uso Público Urbano (Mm ³ /año)	Extracción/Descarga (%)
Campeche	173.09	0.432	0.350
CampN	49.57	0.410	0.827
CampC	122.53	0.022	0.018
CampS	0.99		
Quintana Roo	211.18	90.010	42.620
QRooN	152.84	81.450	53.300
QRooC	19.37	0.365	1.880
QRooS	38.97	8.200	21.040
Yucatán	249.37	7.298	2.920
YucN	204.00	6.360	3.110
YucO	25.30	0.938	3.700
YucS	20.07		
Total	633.64	97.760	16.700

Fuente: REPDA 2020.



Una gran proporción del agua extraída para uso público urbano no recibe un tratamiento derivado de plantas que cuentan con concesiones para descargas en aguas nacionales. Los tratamientos de agua en la PY son en su mayoría individuales, asociados a la vivienda. Pueden ser desde sumideros, fosas sépticas y biodigestores. Sin embargo, también se da el fecalismo al aire libre, generando un grave problema de contaminación a las aguas subterráneas. Es reconocido por la CONAGUA, como por los Organismos Operadores de Agua Potable, que las descargas en estas situaciones representan alrededor del 60 %.

c) Aguas que provienen de la precipitación pluvial y que percolan hasta el manto freático

Adicionalmente, en relación con las aguas que provienen de la precipitación pluvial y que percolan hasta el manto freático, incorporándose como recarga al acuífero, que como se mencionó anteriormente, varios autores mencionan que la recarga efectiva al manto freático equivale a un 14 o 17 % (Bauer et al., 2011) de la precipitación a nivel peninsular (Lesser 1976; Hanshaw and Back 1980; Back 1985, y Gondwe et al. 2010). Al respecto, se citarán los siguientes dos casos:

- a) En primer término se puede considerar que las áreas urbanas cubren una superficie de 1,688.83 km² (1,688,830,000 m²) y si se estima que en ellas el 17% de la precipitación pluvial se infiltra directo al acuífero, entonces resulta que esto equivale a un volumen de 344.5 Hm³ de agua que arrastra y transporta directo al acuífero un conjunto de contaminantes, que incluyen grasas, aceites y múltiples compuestos químicos (que provienen de los tiraderos clandestinos de basura, residuos de la construcción, desgaste de llantas automotrices, etc.), lo cual representa una verdadera y aún incuantificable fuente de contaminación del acuífero.
- b) Del agua total utilizada para riego agrícola, parte se evapotranspira, otra parte se infiltra en el suelo y otra logra percolar a las aguas subterráneas. CONAGUA estima que el 30 % de la extracción total de este uso se retorna al acuífero incorporando en este caso mucho de los contaminantes utilizados como plaguicidas y herbicidas, incluyendo fertilizantes químicos. Por lo tanto, las superficies dedicadas a la actividad agrícola en los DDR son un promedio de 1,100,000 hectáreas y si se considera como retorno el 30% de la precipitación promedio anual de 1200 mm que se infiltra directo al acuífero, equivale a un volumen de agua de 396,000 m³ que arrastra y transporta al acuífero todos los residuos que provienen de las actividades agropecuarias en esos DDR.

Ejemplo de ello son los resultados del estudio "Presencia de plaguicidas en el acuífero cárstico entre los municipios de Mérida a Progreso, Yucatán, México" (Giácoman, et al, 2017), en el que se indica que: "la presencia de residuos y metabolitos de plaguicidas organoclorados en el agua subterránea en el transecto de la ciudad de Mérida a Progreso durante los diferentes muestreos implica la lixiviación de los contaminantes desde el suelo, un proceso que está influenciado por la cantidad de precipitación que se presenta en la zona en temporada de lluvias y nortes o por riego en época de secas. El uso de insecticidas para controlar plagas tanto en áreas agrícolas, domésticas, en jardinería, sin un adecuado control en cuanto a la cantidad aplicada, así como la inadecuada disposición de sus residuos constituyen fuentes de contaminación. En particular, la detección de compuestos asociados con el DDT e isómeros, lindano, ensosulfán, sulfato de endosulfán entre otros, en el transecto entre la ciudad de Mérida a Progreso se asociaaría con campañas sanitarias implementadas en el pasado contra mosquitos y otras plagas; sin embargo, la aplicación reciente del plaguicida de manera ilegal no resulta imposible".

1.5.3 Derechos del agua

Los ingresos en la Tesorería de la Federación por concepto del pago de los "Derechos del Agua" derivados del cumplimiento de recaudación que opera desde el año 2014 hasta el año 2019 (tabla 37), siempre ha sido ascendente en sus metas, pasando de 70 millones en el año 2014, hasta 207 millones en el año 2019. Sin embargo, ha logrado recaudar desde 96 millones hasta 287 millones con un cumplimiento medio anual del casi 134 %. Un superávit de más de 80 millones de pesos en el año 2019.

Se estima que 2,136.60
Mm³/año (casi la mitad
del agua extraída)
provenientes de lluvias
ingresan al acuífero con
carga de contaminantes.



Tabla 37. Cumplimiento en la Recaudación del OCPY 2014 -2019.

Ejercicio Fiscal	Meta	Recaudación	Cumplimiento
2014	70 434 734	96 804 032	137.44%
2015	89 531 445	116 970 754	130.65%
2016	94 738 634	121 466 913	128.21%
2017	133 743 219	192 374 177	143.84%
2018	146 761 095	207 431 081	141.34%
2019	207 496 856	287 495 291	138.55%

Fuente: CONAGUA (2020).

1.6 Caracterización de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento

1.6.1 Según los informes de la “Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”

A continuación, se presentan cifras reportadas por los informes de la “Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento” para el período del 2002 al 2019.

1.6.1.1 Inversión en infraestructura

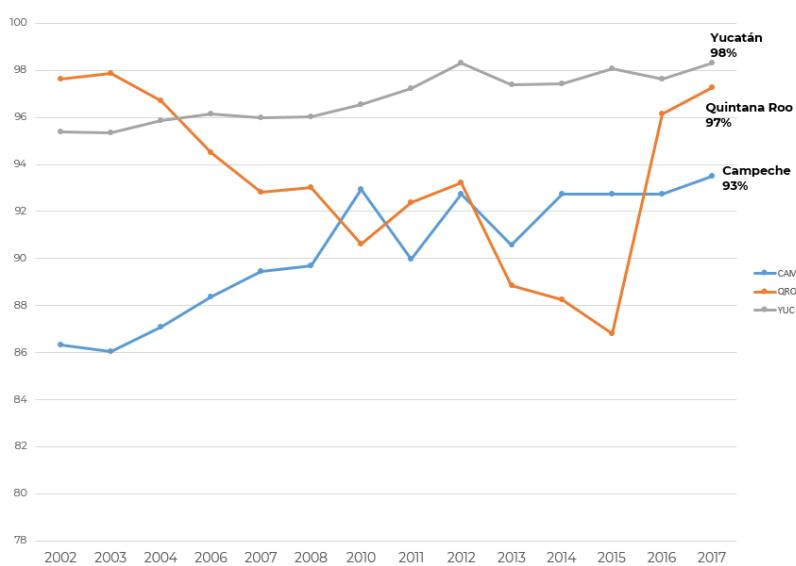
La inversión en infraestructura de agua potable, drenaje y saneamiento a nivel peninsular alcanzó un monto acumulado de 18.4 mil millones de pesos, con aportaciones principalmente de la CONAGUA, estados y municipios. De este monto, el 30% corresponde a Campeche, un 41% a Quintana Roo y un 29% a Yucatán (Figura 45). Es notorio que en los últimos seis años hay una tendencia a la baja en las inversiones que se destinan a este sector. Cabe resaltar el caso de Quintana Roo, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA), ante el crecimiento explosivo de la población y el consecuente rezago en los servicios de agua potable, tal como puede observarse en la figura 44, durante el período de 2016 a 2020 debió buscar fuentes de financiamiento alternativas. Ello le permitió destinar un monto total de 1,887 millones de pesos, en el período referido, de los que un 52% corresponden a recursos de programas normados por la CONAGUA, un 45% a otros programas (FAFEF, FIFONMETRO-R23, FISE, FONSUR, FORTAFIN -R23, PDR-R23 y PEI) y un 4% a recursos propios. El 46% de esta inversión la dedicó a acciones de drenaje sanitario, un 7% a drenaje pluvial y el 47% a obras de agua potable, con lo cual logró, en particular, revertir la caída en la cobertura en el servicio de agua potable y acercarse así al nivel con que previamente contaba en el año 2003.

1.6.1.2 Coberturas de agua potable

La cobertura de agua potable en la región al año 2002 (Figura 46) era en promedio de un 93 por ciento, mostrando tanto Campeche, como Yucatán, no así Quintana Roo, tendencias crecientes para alcanzar al 2017 un 96% de cobertura. Yucatán el estado que ha mostrado un mayor crecimiento, para alcanzar la mayor cobertura con un 98 por ciento.

Figura 45. Inversión en infraestructura de agua potable, drenaje y saneamiento, 2002 a 2019


Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2002 a 2020

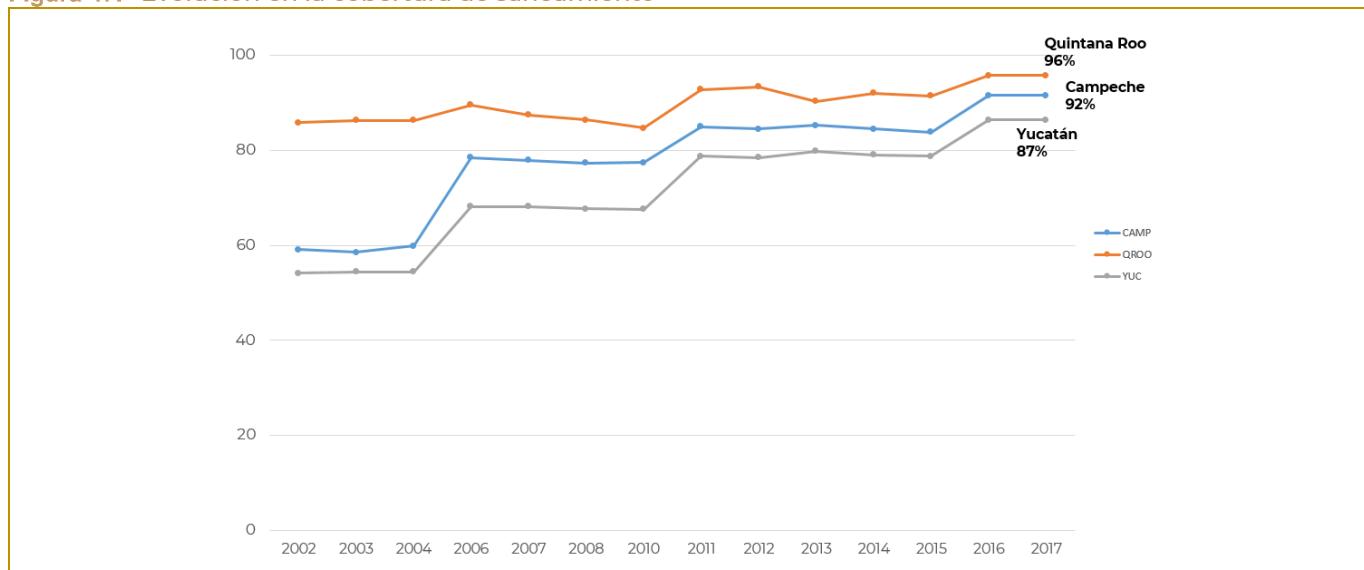
Figura 46. Evolución en la cobertura de agua potable


Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2002 a 2017

1.6.1.3 Cobertura de saneamiento

En términos de cobertura de saneamiento, en el período de 2002 a 2017 (Figura 47), el estado de Quintana Roo se ha mantenido por arriba del promedio nacional, llegando actualmente a una cobertura del 96%. En tanto que los estados de Campeche y Yucatán iniciaron con coberturas del 59 y 54% respectivamente y lograron llegar a coberturas del 92 y 87% respectivamente.



Figura 47. Evolución en la cobertura de saneamiento


Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2002 a 2017

Aquí habría que señalar que las cifras antes citadas y que como se mencionó son reportadas por los informes de la "Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento", guardan congruencia con los datos del Censo 2020 (Tabla 38), en cuanto a la cobertura de drenaje a nivel general, es decir, englobando a red pública y fosa/tanque séptico.

Tabla 38. Cobertura de alcantarillado y drenaje, 2020

Estado	Total de viviendas	Disponen de drenaje	Red pública	Fosa o tanque séptico
Campeche	260 221	94%	9%	90%
Quintana Roo	574 124	97%	74%	24%
Yucatán	656 907	92%	13%	85%

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020. Cuestionario Básico.

1.6.1.4 Potabilización de agua

A diciembre de 2019 solo en el estado de Campeche se cuenta con una planta potabilizadora municipal en operación, con una capacidad instalada de 5 litros por segundo y un caudal potabilizado de 5 litros por segundo (Tabla 39).

Tabla 39. Plantas potabilizadoras de agua por entidad federativa, 2019

Entidad	En operación		
	Número de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal Potabilizado (l/s)
Campeche	1	5	5
Quintana Roo	0	0	0
Yucatán	0	0	0
Nacional	979	157 267	115 636

Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2020

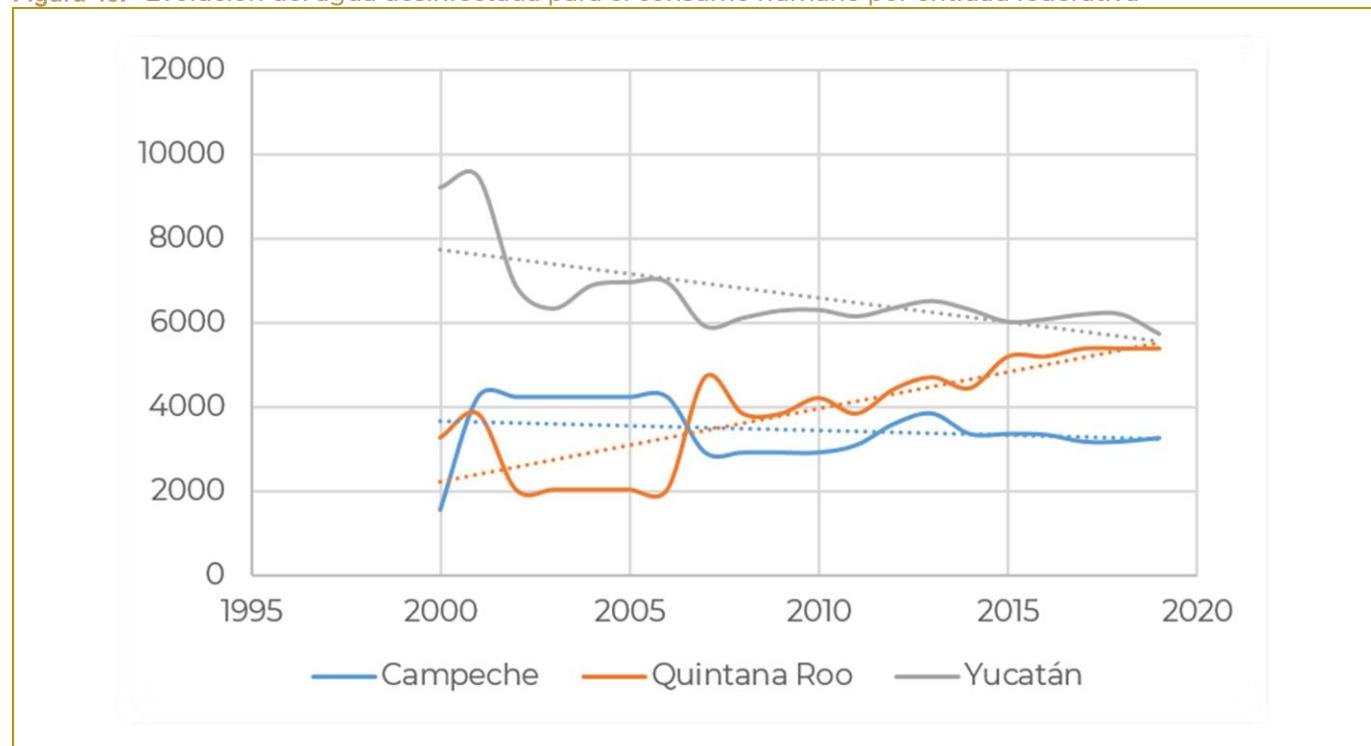
1.6.1.5 Desinfección del agua

Mediante el Apartado Agua Limpia, del PROAGUA, se apoyó a las autoridades estatales y municipales en la desinfección del agua suministrada para uso y consumo humano para prevenir padecimientos de origen hídrico, mediante acciones que propiciaron mejorar su calidad a fin de elevar el bienestar y la salud de la población.

En cuanto a la evolución de los volúmenes de desinfección de agua suministrada (Figura 48), tal como se ve reflejado en la siguiente imagen, Quintana Roo muestra una tendencia creciente en la desinfección, en Campeche prácticamente se ha mantenido el ritmo, mientras que en Yucatán hay una tendencia a la baja.

No hay potabilización
del agua y su
desinfección muestra
una tendencia a la baja.

Figura 48. Evolución del agua desinfectada para el consumo humano por entidad federativa



Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2020

1.6.1.6 Tratamiento de aguas residuales

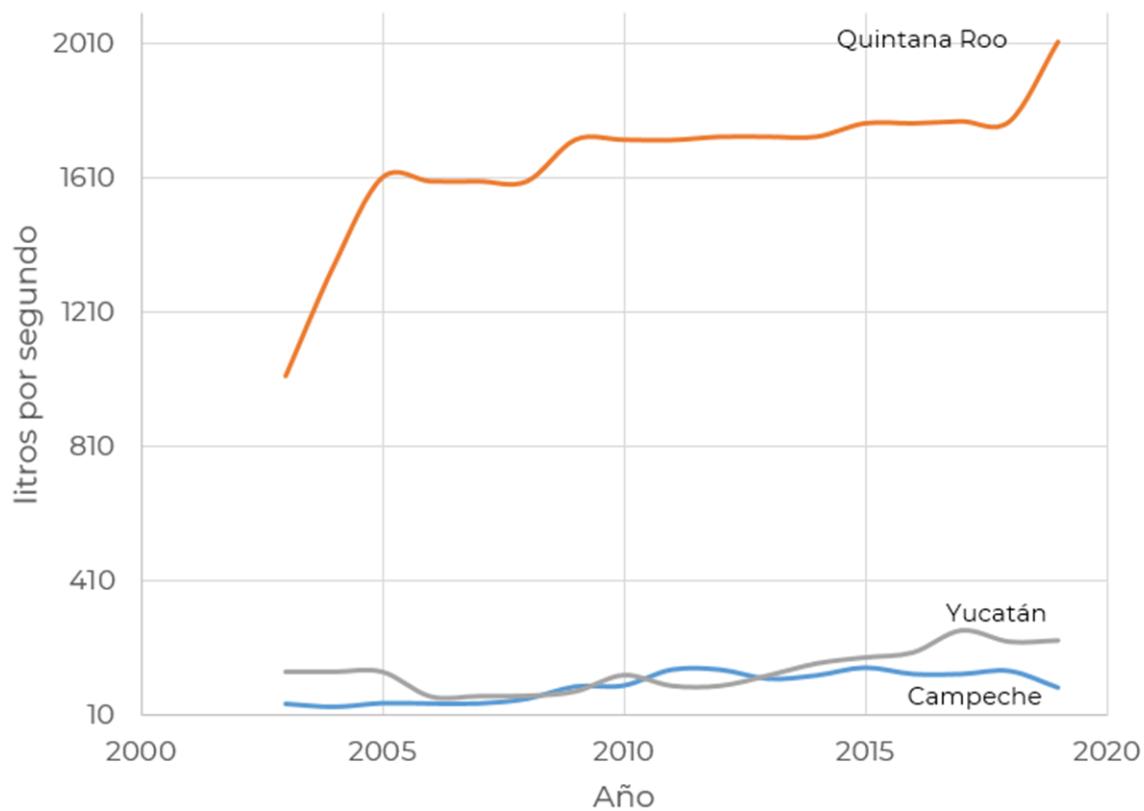
De acuerdo con el último inventario a diciembre de 2019, se cuenta con 77 plantas en operación, con una capacidad instalada de 3,672 litros por segundo y un caudal tratado de 2,346 litros por segundo. Los niveles de cobertura de tratamiento regional se encuentran por debajo del nivel nacional (Tabla 40), sin embargo, es Campeche quien en el ámbito regional presenta la mayor cobertura (67%), seguido por Quintana Roo (57.2%) y muy por debajo Yucatán con un 5.3%. En el período 2002 a 2018 es Quintana Roo quien muestra una tendencia creciente en la cobertura de tratamiento, mientras que Campeche y Yucatán han permanecido sin un cambio significativo (Figura 49).

Tabla 40. Caudal de aguas residuales municipales tratadas, en plantas de tratamiento por entidad federativa, 2019

Entidad	En operación				Cobertura de tratamiento (%)
	Número de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)		
Campeche	19	515	94		67.0
Quintana Roo	29	3 012	2 017		57.2
Yucatán	29	509	235		5.3
Regional	77	3 672	2 346		
Nacional	2 642	194 715	141 479		65.7

Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2020

Figura 49. Evolución en el caudal tratado en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, 2003 a 2019



Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, edición 2020

1.6.2 Indicadores de Gestión de Organismos Operadores

Se presenta a continuación una síntesis del trabajo realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la evaluación de Organismo Operadores, denominado “Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO)”. Se muestran diversos indicadores para el período de 2002 al 2018 y tiene como propósito el identificar y promover acciones para mejorar su desempeño a fin de permitirles proporcionar un servicio confiable a los usuarios, garantizar su capacidad operativa, aumentar su rentabilidad y ayudar a conservar el recurso agua.

En Yucatán han logrado constituirse como organismo operador diez municipios (Valladolid, Ticul, Dzemul, Sucila, Seye, Progreso, Kanasin, Kantunil, Motul, Tixkokob y Uman), sin embargo, solo operan como tal los municipios de Valladolid, Ticul, Progreso y Uman, además de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (JAPAY) que opera el servicio para la ciudad de Mérida; bajo esta figura de organismo operador se da servicio al 56% de la población yucateca. En Quintana Roo la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado opera mediante gerencias en cada uno de los municipios, por lo que el 100% de la población quintanarroense se encuentra servida bajo esta figura. Mientras que en Campeche se cuenta con los organismos operadores municipales para las ciudades de San Francisco de Campeche y El Carmen, correspondiendo en este caso el 58% de los campechanos. A nivel regional significa que el 86% de la población es servida mediante la figura de organismo operador, el restante 14% de la población recibe el agua a través de sistemas locales o comunitarios.

1.6.2.1 Cobertura de agua potable

El indicador de cobertura de agua potable (%) mide el porcentaje de la población que cuenta con servicio de agua potable, es decir, cuantifica las tomas registradas y los habitantes servidos. En este rubro los sistemas de la PY con una cobertura promedio regional del 93.74%, que se ubica por arriba del promedio nacional de 92.06% (Figura 50). De manera general, todos los sistemas evaluados, es decir, Chetumal, Valladolid, Mérida, Playa del Carmen, Felipe Carrillo Puerto, Cozumel, Jose María Morelos, Bacalar, Kantunilkin, Campeche, Tulum, Progreso y Cancún presentan coberturas del 96%, no siendo el caso de Cd. del Carmen, con una cobertura del 69%. Como puede observarse existe una total congruencia entre estos datos ofrecidos por el IMTA con los citados anteriormente por parte de los informes de la “Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento” para el período del 2002 al 2017.

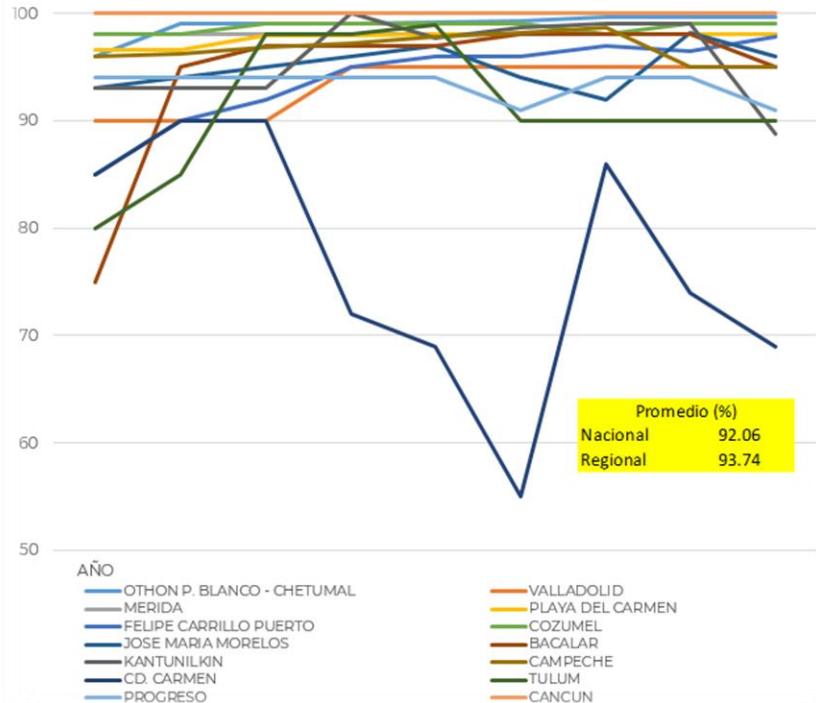
El 86% de la población es servida mediante la figura de organismos operadores, el restante 14% de la población recibe el agua a través de sistemas locales o comunitarios.

1.6.2.2 Cobertura de alcantarillado

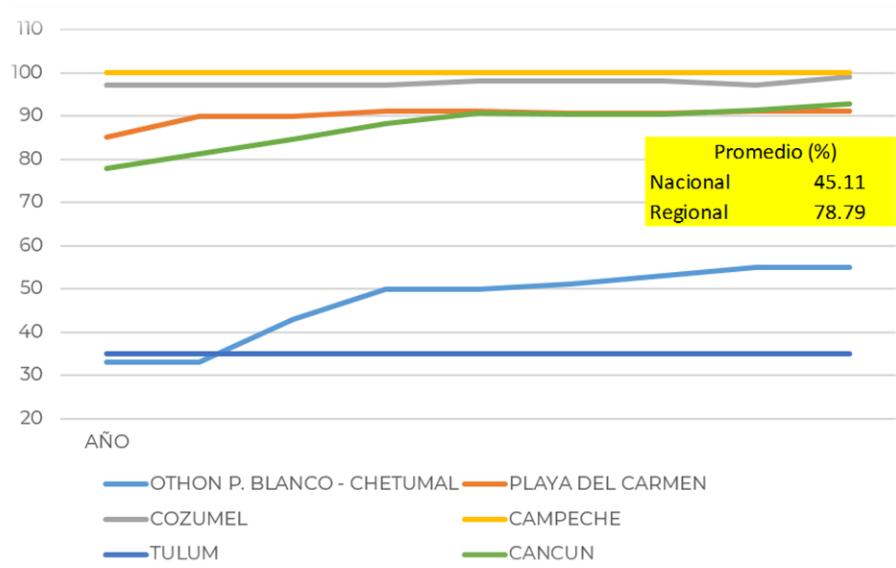
El indicador de cobertura de alcantarillado (%) mide el porcentaje de la población que cuenta con servicio de alcantarillado sanitario.

En este rubro el IMTA evaluó solamente los sistemas de Playa del Carmen, Cozumel, Campeche, Cancún, Tulum y Chetumal (Figura 51). Entre ellos la cobertura promedio regional es del 78.79%, que se ubica por arriba del promedio nacional de 45.11%. Destacan los sistemas de Playa del Carmen, Cozumel, Campeche y Cancún con coberturas por arriba del 90%, mientras que Tulum y Chetumal tienen un 35 y 55% respectivamente.



Figura 50. Cobertura de agua potable (%), 2012 a 2017


Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 – 2017

Figura 51. Cobertura de alcantarillado (%), 2012 a 2017


Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 - 2017

Aquí habría que señalar que de acuerdo con los datos del Censo 2020, quien cuantifica la cantidad de viviendas conectadas a red pública de drenaje, el estado de Campeche cuenta con una cobertura del 9%, Quintana Roo alcanza el 74% y Yucatán un 13%.

Mientras que las viviendas con fosa o tanque séptico alcanzan el 90% en Campeche, 24% en Quintana Roo y 85% en Yucatán.

Tabla 41. Total de viviendas que disponen de drenaje, red pública y tanque séptico

Estado	Total de viviendas	Disponen de drenaje	Red pública	Fosa o tanque séptico
Campeche	260 221	94%	9%	90%
Quintana Roo	574 124	97%	74%	24%
Yucatán	656 907	92%	13%	85%

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020. Cuestionario Básico

1.6.2.3 Eficiencia física

La eficiencia física (%) evalúa la eficiencia entre el agua consumida y la producida, es decir, es el volumen de agua consumido (m^3) entre el volumen anual de agua potable producido (m^3).

En este rubro los sistemas de la PY con una eficiencia promedio regional de 51.33% se encuentran por debajo del promedio nacional de 57.04% (Figura 52). Destacan con las mejores eficiencias (mayores al 60%) los sistemas de Mérida, Yucatán, Kantunilkin, Quintana Roo y Cozumel, Quintana Roo; mientras que con las más bajas eficiencias (menores al 35%) se encuentran los sistemas de Chetumal, Quintana Roo, Valladolid, Yucatán y Jose María Morelos, Quintana Roo.

1.6.2.4 Consumo

El Consumo ($l/h/d$) mide el volumen de agua consumido ($m^3/año$) entre habitantes, estima el consumo real de agua sin tomar en cuenta las pérdidas por fugas en la red y tomas domiciliarias.

En este rubro los sistemas de la PY con un consumo promedio regional de 118.55 $l/hab/día$ resulta superior al promedio nacional de 103.22 $l/hab/día$ (Figura 53). Los sistemas con mayor consumo (mayor a 150 $l/hab/día$) son Campeche, Campeche, Mérida, Yucatán y Playa del Carmen, Quintana Roo; mientras que los más bajos consumos (inferiores a 85 $l/hab/día$) se tienen en los sistemas de Chetumal, Quintana Roo, Valladolid, Yucatán, Jose María Morelos, Quintana Roo y Kantunilkin, Quintana Roo.

1.6.2.5 Costos entre volumen producido

Este indicador tiene el propósito de evaluar los costos generales a través de la relación entre el costo y volumen producido ($$/m^3$). Mide los costos (Operación, Mantenimiento y Administración) entre el volumen anual de agua potable producido (m^3). En este rubro los sistemas de la PY con un costo promedio regional de 5.64 $$/m^3$ resulta inferior al promedio nacional de 6.8 $$/m^3$ (Figura 54). Los sistemas con costos más altos (mayores a 8.1 $$/m^3$) resultan ser Cozumel, Tulum y Cancún; mientras que con los costos más bajos (menores a 3.3 $$/m^3$) se encuentran Chetumal, Mérida, Playa del Carmen, Campeche y Progreso.

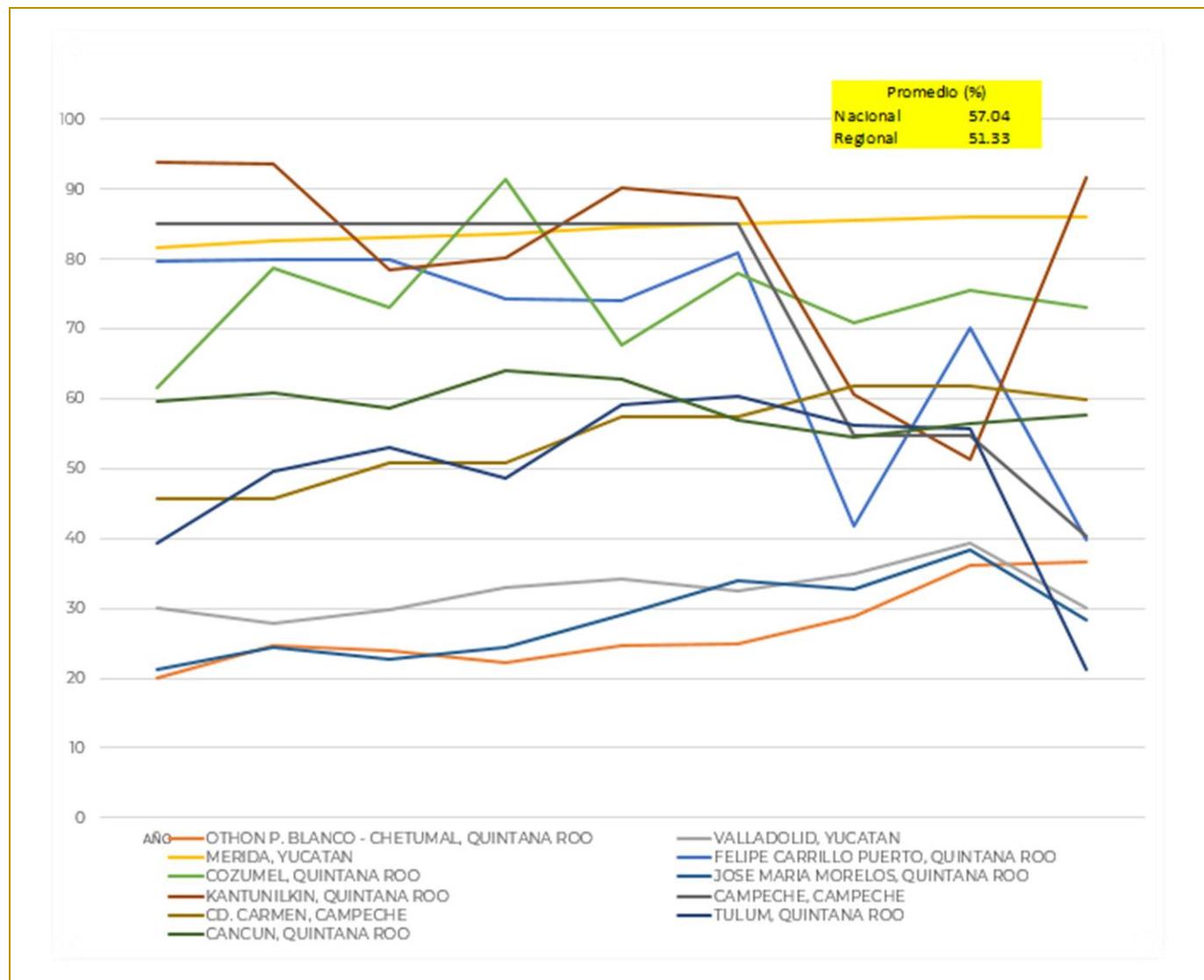
Micromedición

La micromedición (%) expresa la capacidad de medir el agua consumida por los usuarios y se mide como la cantidad de micromedidores funcionando entre la cantidad total de tomas registradas.

En este rubro los sistemas de la PY tienen un nivel promedio regional de micromedición del 50.77%, que resulta por debajo del promedio nacional del 61.73% (Figura 55). Los sistemas de la PY que cuentan con la mayor micromedición (por arriba del 87%) son Mérida, Playa del Carmen, Cozumel, Tulum y Cancún. En tanto que los sistemas con menores índices de micromedición (por abajo del 7%) son Felipe Carrillo Puerto, Jose María Morelos, Bacalar, Campeche y Progreso.

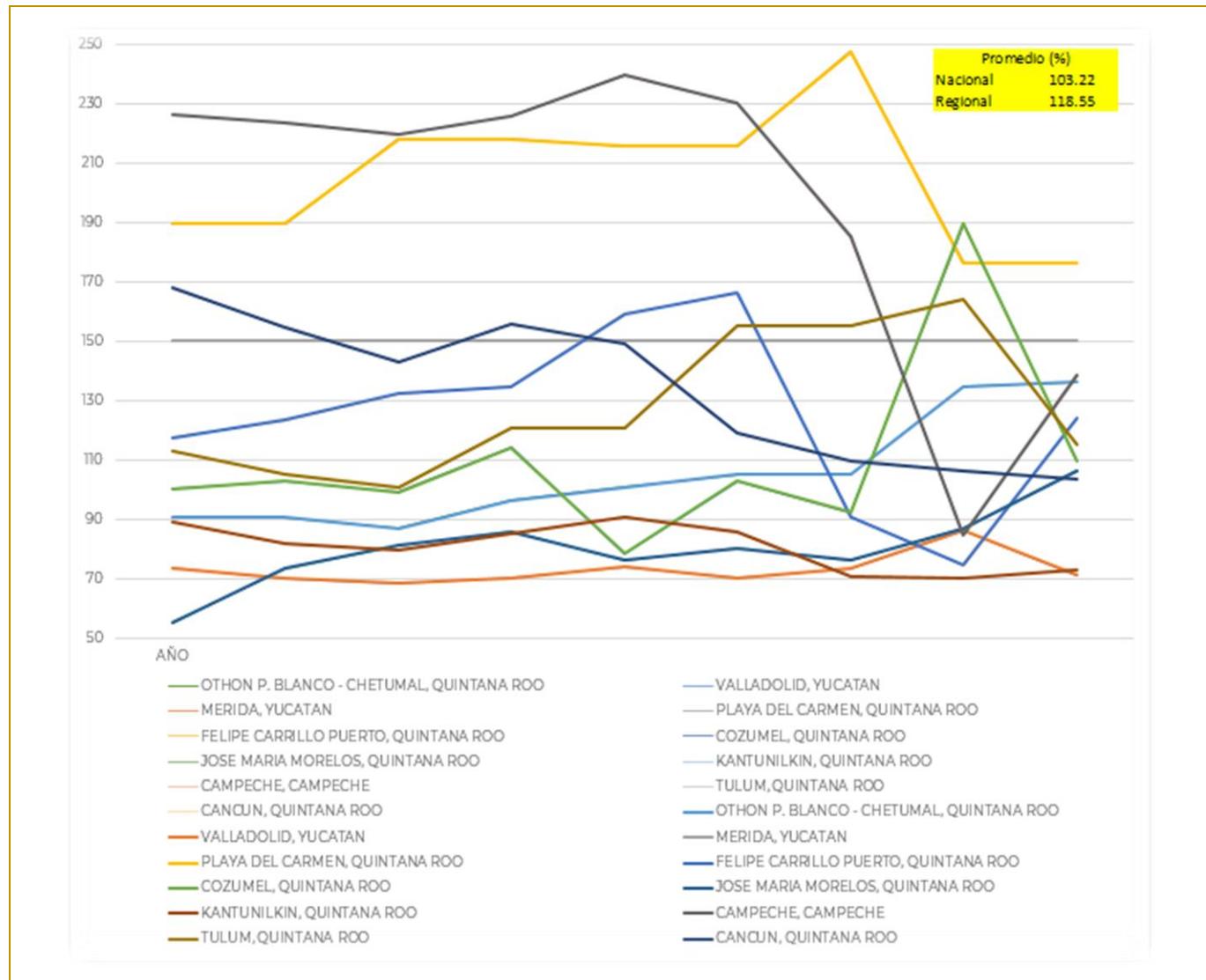


Figura 52. Eficiencia física (%), 2012 a 2017



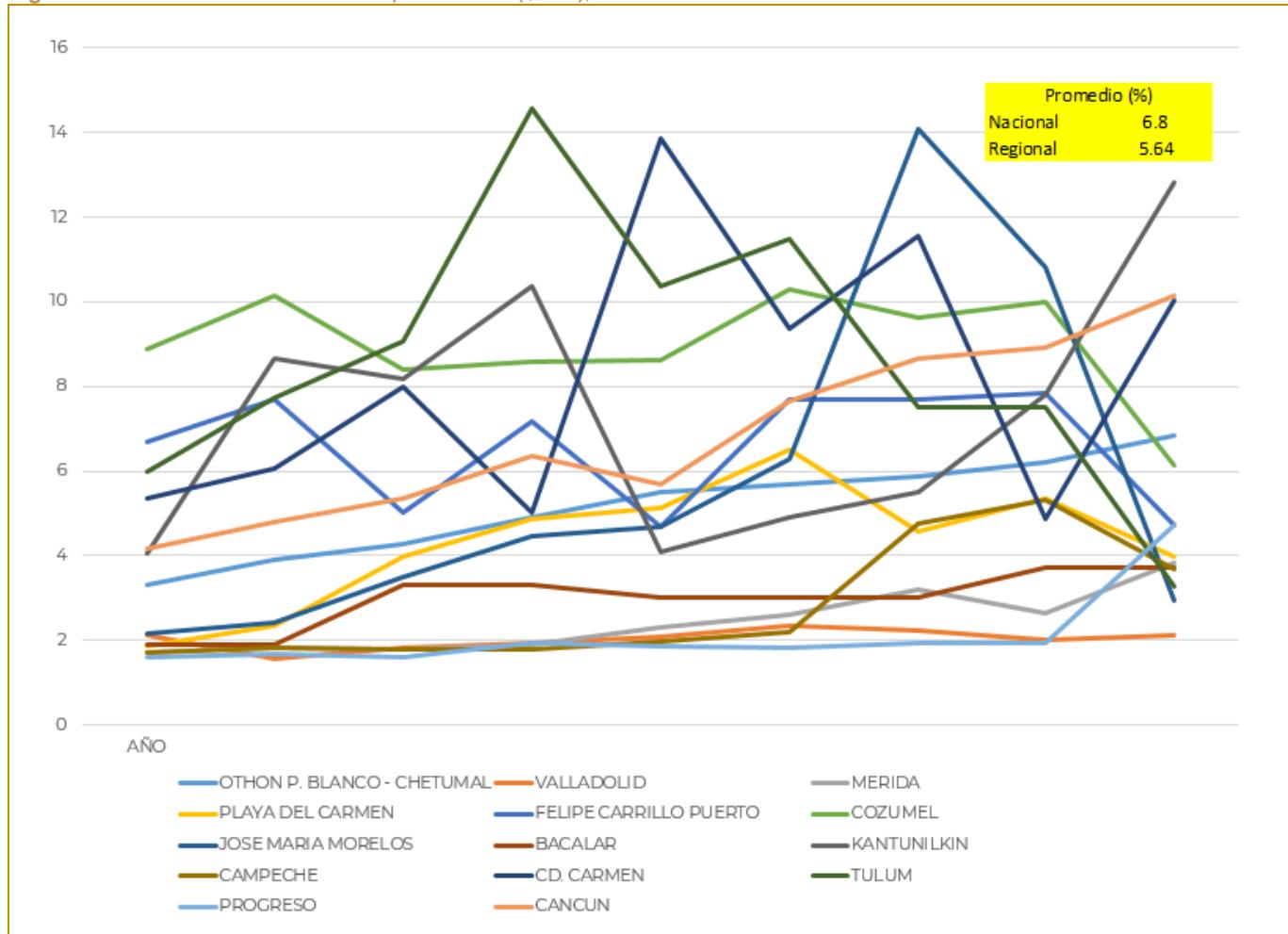
Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 - 2017

Figura 53. Consumo (l/hab/día), 2012 a 2017

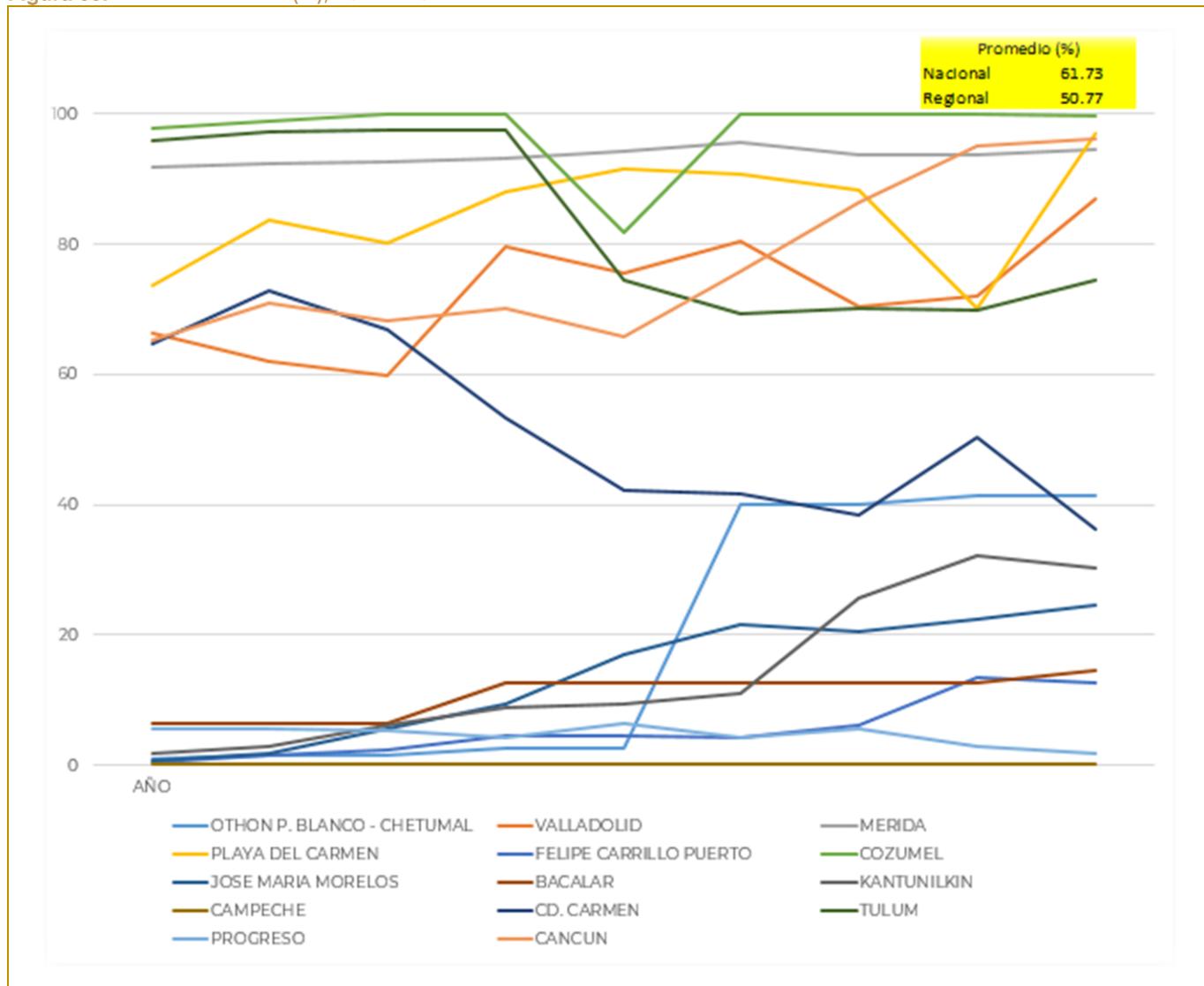


Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 - 2017



Figura 54. Costos entre volumen producido (\$/m³), 2012 a 2017


Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 - 2017

Figura 55. Micromedición (%), 2012 a 2017


Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 - 2017

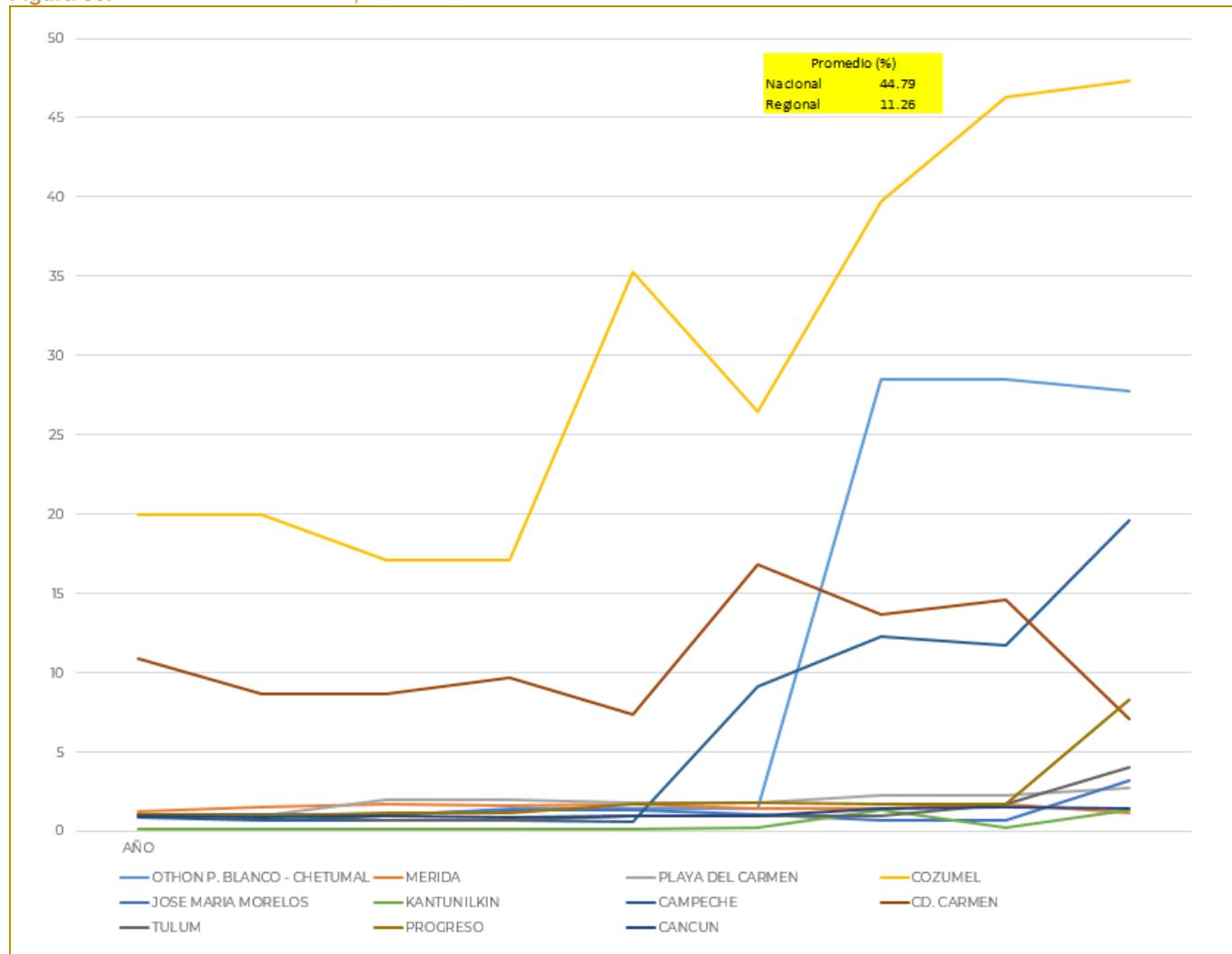


1.6.2.6 Relación Costo- Tarifa

Este indicador mide la relación entre la tarifa media domiciliaria y el costo por volumen producido. Así se busca conocer cuál es la relación entre la venta del agua y el costo de producción.

En este rubro los sistemas de la PY cuentan con un promedio regional en la relación costo-tarifa de 11.26, muy por debajo del promedio nacional que se ubica en 44.79 (Figura 56). Los sistemas con la mejor relación (mayores a 15.1) resultan ser Cozumel, Chetumal y Campeche; mientras que el resto presentan relación costo-tarifa de 2.5.

Figura 56. Relación costo-tarifa, 2012 a 2017



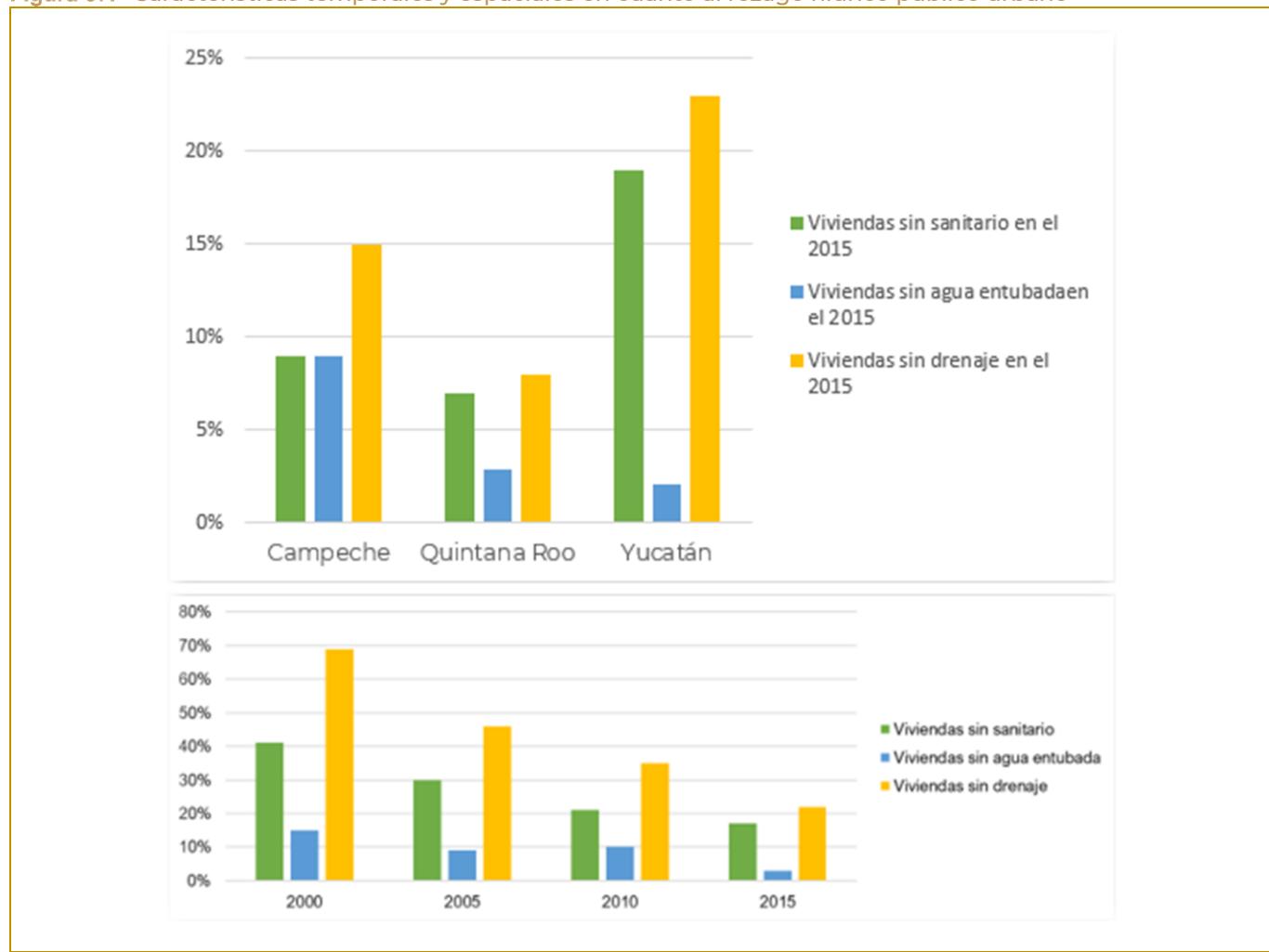
Fuente: IMTA, Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), 2002 - 2017

1.6.3 Rezago en los servicios de agua

Los principales rezagos sociales en materia de agua presentan una gradual disminución entre el 2000 y 2015: La proporción de viviendas sin drenaje pasó del 69% al 22%, siendo donde se presenta el mayor rezago en esta materia en 2015 (Figura 57). Otra disminución se presenta en el rubro de viviendas sin escusado, que van de 41% en 2000 al 17% en 015. Nuevamente, Yucatán presenta el mayor rezago en 2015 con 19%. Por último, el número de viviendas sin agua entubada pasó del 15% en 2000 a 3% en 2015. En este caso, es Campeche el que mantiene el mayor rezago en esta materia.

Los organismos operadores muestran niveles de eficiencia inferiores al promedio nacional y consumos de agua superiores al nacional.

Figura 57. Características temporales y espaciales en cuanto al rezago hídrico público urbano



Nota: Gráfico superior datos para Campeche, Quintana Roo y Yucatán; Gráfico inferior datos para la PY.

Fuente: INEGI, Censo de Población (2000), Conteo de Población (2005), Censo de Población (2010) y Encuesta Intercensal (2015); CONEVAL (2016).

En la Tabla 42 se observan los principales rezagos sociales en materia de condiciones sanitarias en la vivienda para cada una de las UP. En Campeche se observa que es en la UP CampN donde persiste un número importante de viviendas que no disponen de escusado o sanitario, seguido por la UP CampS, que además presenta los principales rezagos en materia de agua entubada de la red pública y de drenaje. En Quintana Roo, los principales rezagos se encuentran en la UP QRooC, en donde se presenta falta de escusados o sanitarios, agua potable entubada y drenaje. Resalta el que la UP QRooN presenta rezagos en materia de agua potable en red pública.

Para Yucatán, en las tres UP YucN, YucO y YucS, los rezagos en materia de sanitario o escusado y drenaje son las más altas a nivel peninsular. Sin embargo, en materia de agua entubada en red pública y drenaje es la UP YucO quien presenta el mayor rezago.

Tabla 42. Rezago social en materia de condiciones sanitarias en la vivienda en Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Entidad / Unidad de Planeación	Promedio de viviendas que no disponen de escusado o sanitario				Promedio de viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública				Promedio de viviendas que no disponen de drenaje			
	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015
Campeche												
CampN	38.8	27.7	18.0	12.6	16.6	12.0	12.2	2.9	56.9	40.4	28.5	17.9
CampC	18.5	11.3	8.8	4.7	30.8	21.2	23.7	12.8	50.2	19.4	19.4	8.3
CampS	28.0	14.8	11.1	6.3	78.5	69.7	49.5	32.1	86.2	64.4	50.4	26.3
Quintana Roo												
QRooN	17.4	17.9	6.5	3.9	16.4	6.2	10.7	3.6	20.2	9.4	7.1	4.5
QRooC	47.7	37.9	27.7	17.7	15.0	8.0	8.6	3.1	67.2	47.2	34.3	20.8
QRooS	10.6	8.8	3.4	3.4	7.7	4.6	5.1	2.1	24.9	8.1	5.6	3.9
Yucatán												
YucN	44.7	30.9	19.7	17.9	15.0	9.6	10.9	1.9	71.9	46.3	35.7	22.2
YucO	35.5	32.2	26.4	22.8	12.8	6.6	6.5	2.3	77.2	58.0	41.8	27.9
YucS	52.5	33.1	24.6	18.4	10.2	5.7	6.0	2.1	70.1	47.2	35.6	21.2

Fuente: INEGI, Censo de Población (2000), Conteo de Población (2005), Censo de Población (2010) y Encuesta Intercensal (2015); CONEVAL (2016).

En 2020, el número total de viviendas en la PY fue de 1,865,581, de las cuales 1,393,096 están habitadas, es decir el 74.67%, quedando un 25.32% como un pasivo urbano (INEGI, 2020).

Sobresale que es en Campeche en donde se presenta la mayor cantidad de viviendas que no disponen de agua entubada, particularmente en la UP CampC con 6,276 viviendas. Una situación similar se presenta en la UP QRooN con 6,647 viviendas, seguido por la UP YucN, con 5,059 viviendas (Tabla 43).

En este punto sobresale que la UP con el mayor rezago en materia de agua entubada es la UP CampS, con más del 16% de las viviendas, seguido por la UP CampC y la UP QRooC.

Tabla 43. Total de viviendas con servicio de agua entubada y abastecimiento de agua del servicio público por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Total de viviendas	Total de viviendas habitadas	Viviendas que disponen de agua entubada	Viviendas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	Viviendas que no disponen de agua entubada
Campeche	316 525	247 703	244 634	219 644	10 069
CampN	174 348	139 961	141 210	133 636	2 042
CampC	131 834	99 717	97 155	81 884	6 276
CampS	10 343	8 025	6 269	4 124	1 751
Quintana Roo	711 722	512 195	558 100	514 593	9 234
QRooN	568 472	400 547	447 672	410 770	6 647
QRooC	41 256	31 214	30 750	29 499	971
QRooS	101 994	80 434	79 678	74 324	1 616
Yucatán	837 334	633 198	647 947	618 065	7 800
YucN	638 521	482 335	499 549	474 241	5 059
YucO	121 585	90 700	89 055	86 015	1 679
YucS	77 228	60 163	59 343	57 809	1 062

Fuente: INEGI (2020).

<https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

En la Tabla 44 se muestra el número de viviendas por UP que cuentan con sistemas de almacenaje de agua (tinacos y cisternas) y modo de disposición del agua residual. Es notorio como se concentran las viviendas con estos servicios en las UP vinculadas a las capitales o principales centros urbanos de la Península (Mérida, Cancún, Campeche).

Tabla 44. Total de viviendas que cuentan con tinaco, cisterna, sanitario y letrina por UP.

Entidad / Unidad de Planeación	Viviendas con tinaco	Viviendas con cisterna	Viviendas con sanitario o escusado	Viviendas con letrina
Campeche	185 402	52 719	241 171	5 590
CampN	108 256	16 485	135 140	2 987
CampC	70 907	32 067	99 574	1 449
CampS	6 239	4 167	6 457	1 154
Quintana Roo	520 178	143 258	557 821	2 387
QRooN	425 308	115 235	451 394	734
QRooC	25 400	2 815	27 606	415
QRooS	69 470	25 208	78 821	1 238
Yucatán	521 874	110 476	609 779	4 584
YucN	419 008	97 189	481 055	2 733
YucO	61 415	6 497	76 234	944
YucS	41 451	6 790	52 490	907

Fuente: INEGI (2020).

<https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>



En la Tabla 45 se observa que para el 2020 las viviendas con drenaje ascienden a 1,403,546, de los cuales Yucatán y Quintana Roo tienen la mayor concentración de viviendas con drenaje, particularmente en la UP QRooN, con 449,511 viviendas. En el caso de Yucatán, el valor es el más alto a nivel peninsular, siendo la UP YucN la que concentra 477,906 viviendas. En este punto es importante mencionar que las UP YucO y YucS, seguido por QRooC y CampS son quienes presentan los principales rezagos en materia de drenaje, con más del 10 % de las viviendas totales.

Tabla 45. Total de viviendas que cuentan con drenaje y energía eléctrica por UP.

Entidad / Unidad de planeación	Viviendas con drenaje	Viviendas que no cuentan con drenaje	Viviendas con energía eléctrica, agua entubada y drenaje	Viviendas que no cuentan con energía eléctrica, agua entubada ni drenaje	Viviendas particulares que disponen de drenaje y sanitario con admisión de agua
Campeche	241 625	13 046	232 724	882	239 048
CampN	135 587	7 656	133 622	225	134 018
CampC	99 268	4 140	93 698	593	98 696
CampS	6 770	1 250	5 404	64	6 334
Quintana Roo	556 294	10 860	546 945	973	554 645
QRooN	449 511	4 630	442 545	462	448 915
QRooC	27 408	4 313	26 846	278	27 086
QRooS	79 375	1 917	77 554	233	78 644
Yucatán	605 627	50 040	600 074	1,323	602 312
YucN	477 906	26 625	474 281	625	476 024
YucO	75 225	15 507	74 007	473	74 411
YucS	52 496	7 908	51 786	225	51 877

Fuente: INEGI (2020).

En Campeche el rezago social en infraestructura es alto en el Municipio de Candelaria (UP CampC) y el Municipio de Calakmul (UP CampS), solamente el caso de la Ciudad Capital Campeche (CampN) es quien presenta un rezago social muy bajo, con el 55 % de la población en la UP CampN (Tabla 46).

Tabla 46. Rezago social en Campeche por Unidad de Planeación.

Grado de rezago social	Población al 2015	% respecto al total de la Unidad de Planeación
CampC		
Alto	43 879	12%
Candelaria	43 879	
Bajo	315 827	88%
Carmen	248 303	
Escárcega	58 553	
Palizada	8 971	
Total CampC	359 706	
CampN		
Medio	40 100	8%
Hopelchén	40 100	
Bajo	188 676	37%
Calkiní	56 537	
Champotón	90 244	
Hecelchakán	31 230	
Tenabo	10 665	
Muy bajo	283 025	55%
Campeche	283 025	
Total CampN	511 801	
CampS		
Alto	284 24	
Calakmul	28 424	
Total general	28 424	

Fuente: INEGI (2020).

<https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=9>

En el caso de Quintana Roo, son 4 los Municipios que presentan rezagos medios, Lázaro Cárdenas (UP QRooN), Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos (UP QRooC) y Bacalar (UP QRooS). Los más bajos rezagos están en los Municipios de Benito Juárez, Cozumel, Solidaridad (UP QRooN), y Othón P. Blanco (QRooS), los cuales tienen la mayor proporción de población por cada UP (Tabla 47).



Tabla 47. Rezago social en Quintana Roo por Unidad de Planeación.

Grado de rezago social	Población al 2015	% respecto al total de la Unidad de Planeación
QRooN		
Medio	27 243	0.02
Lázaro Cárdenas	27 243	
Bajo	52 209	0.05
Isla Mujeres	19 495	
Tulum	32 714	
Muy bajo	1 039 675	0.93
Benito Juárez	743 626	
Cozumel	86 415	
Solidaridad	209 634	
Total QRooN	1 119 127	
QRooC		
Medio	119 244	
Felipe Carrillo Puerto	81 742	
José María Morelos	37 502	
Total QRooC	119 244	
QRooS		
Medio	39 111	0.15
Bacalar	39 111	
Muy bajo	224 080	0.85
Othón P. Blanco	224 080	
Total QRooS	263 191	

Fuente: INEGI (2020).

Por último, en Yucatán, el grado de rezago social se presenta como muy bajo en la UP YucO con 210,758 y en YucN con 962,626 habitantes, relacionado principalmente con el municipio de Mérida (Tabla 48).

Tabla 48. Rezago social en Yucatán por Unidad de Planeación.

Grado de rezago social	Población al 2015	% respecto al total de la Unidad de Planeación
Norte Yucatán		
Medio	188 558	12%
Bajo	380 887	25%
Muy bajo	962 626	63%
Total Norte Yucatán	1 532 071	
Oriente Yucatán		
Bajo	121 993	36%
Medio	5 447	2%
Muy bajo	210 758	62%
Total Oriente Yucatán	338 198	
Sur Yucatán		
Medio	58 240	26%
Bajo	16 475	7%
Muy bajo	152 191	67%
Total Sur Yucatán	226 906	

Fuente: INEGI (2020).

1.6.4 Fondo de Aportaciones a la Infraestructura Social

El Fondo de Aportaciones a la Infraestructura Social (FAIS) ha destinado en la PY cerca de 4 mil 887 millones de pesos de 2014 a 2019 en rubros relacionados con Agua y Saneamiento y obras para la provisión y preservación de la calidad del agua. A continuación, se presentan las cifras por cada una de las unidades de planeación.

El 49.5% de la inversión en obras para la provisión y protección de la calidad de agua se realiza en la UP CampN (Tabla 49, Figura 58, Figura 59 y Figura 60).

Tabla 49. Inversión FAIS en obras referentes a materia de agua en Campeche.

Unidad de planeación	Monto (\$)	%
CampN	775 710 797	49.5
CampC	606 872 583	38.7
CampS	184 046 487	11.7
Total	1 566 629 867	

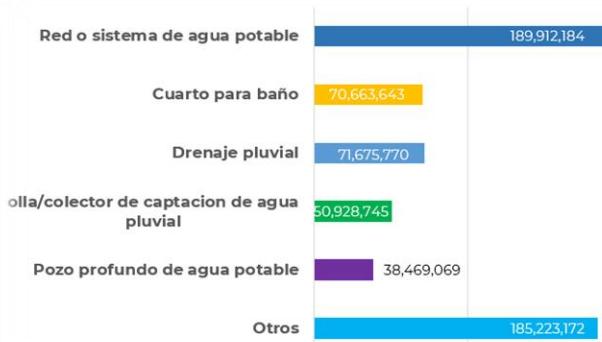
Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).



Figura 58. Distribución de la inversión FAIS en la UP CampN

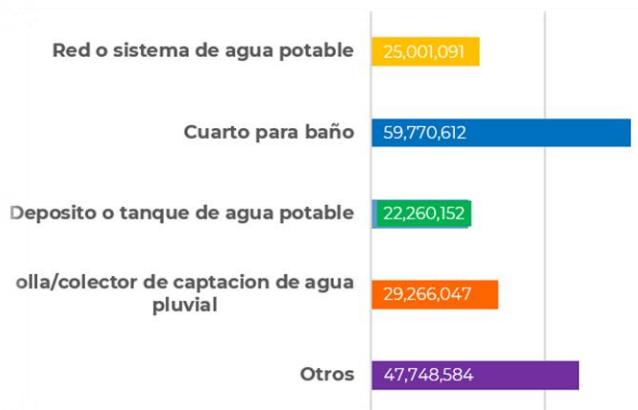

Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) 2004-2019.

Figura 59. Distribución de la inversión FAIS en la UP CampC


Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) 2004-2019.

Figura 60. Distribución de la inversión FAIS en la UP CampS


Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) 2004-2019.

La UP QRooN concentra el 45 % de los recursos en materia de agua y saneamiento (Tabla 50, Figura 61, Figura 62 y Figura 63).

Tabla 50. Inversión FAIS en obras referentes a materia de agua en Quintana Roo.

Unidad de planeación	Monto (\$)	%
QRooN	540 913 566	45
QRooC	417 201 631	34
QRooS	252 678 726	21
Total	1 210 793 923	

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

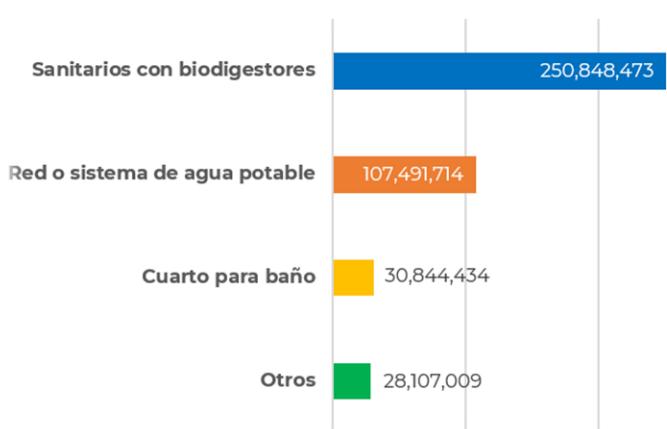
Figura 61. Distribución de la inversión FAIS en la UP QRooN



Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

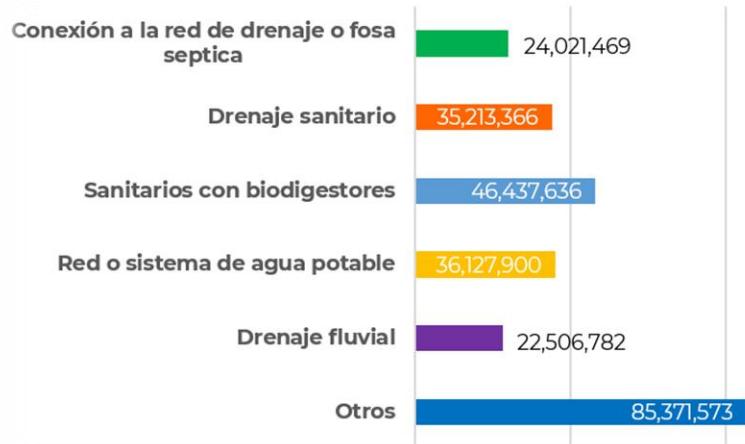
Figura 62. Distribución de la inversión FAIS en la UP QRooC



Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).



Figura 63. Distribución de la inversión FAIS en la UP QRooS


Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

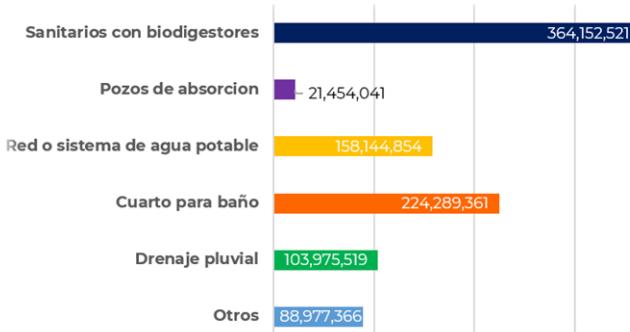
En Yucatán, la inversión en agua y saneamiento se ha realizado en un 46% en la UP YucN (Tabla 51, Figura 64, Figura 65 y Figura 66).

Tabla 51. Inversión FAIS en obras referentes a materia de agua en Yucatán.

Unidad de planeación	Monto (\$)	%
YucN	960 993 662	46
YucO	732 746 420	36
YucS	416 026 496	20
Total general	2 109 766 577	

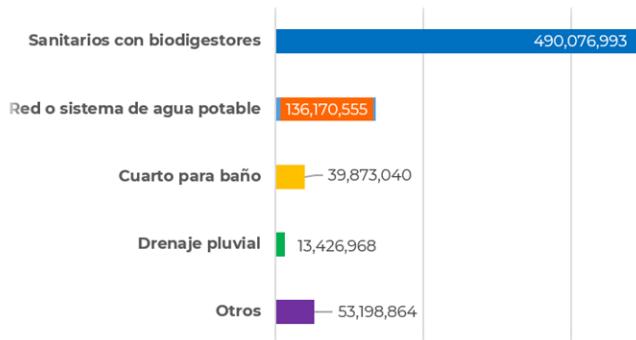
Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

Como se observa, existen inversiones importantes en abatir el rezago en saneamiento y redes de agua potable en los últimos años, seguido por cuartos para baños y “otros”, que se refieren a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, entre otros. Es notorio que en el caso de Quintana Roo grandes esfuerzos se realizan en drenaje sanitario y los pozos de absorción para la UP QRooN y sanitarios con biodigestores también en el Estado de Yucatán principalmente.

Figura 64. Distribución de la inversión FAIS en la UP YucN


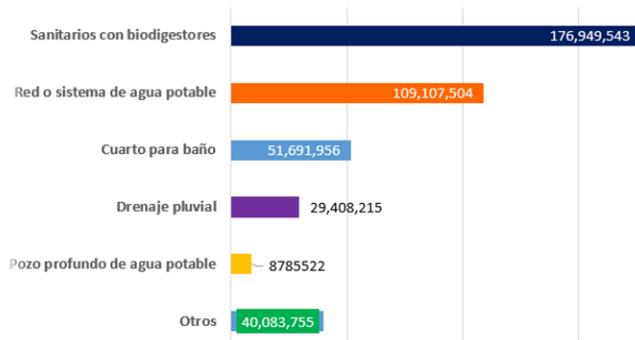
Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

Figura 65. Distribución de la inversión FAIS en la UP YucO


Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

Figura 66. Distribución de la inversión FAIS en la UP YucS


Nota: Otros: se refiere a líneas de conducción, sanitarios secos, letrinas, infraestructura de riego, etc.

Fuente: Secretaría del Bienestar, información de las matrices de inversión social (MIDS) (2004-2019).

1.6.5 Presupuesto de Egresos de la Federación

Otros ingresos en materia de agua provienen del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), en la Tabla 52, se muestran las aportaciones anuales a los Estados asignados en los ciclos del 2019 al 2021. En este último PEF del 2021 se asignó un presupuesto para la PY de 511,435,182.00 pesos, de los cuales 245 millones corresponde al Estado de Yucatán (48 % del total), 126 millones para Campeche (24.6 %) y 139 millones para Quintana Roo (27.2 %).

Sin embargo, es notorio que entre lo asignado en el presupuesto y lo realmente pagado en los dos ciclos anteriores del 2019 y 2020, el Estado de Quintana Roo supera por mucho lo pagado al pasar de 161 millones a 203 millones en el año 2019 y de 152 millones a 213 millones en el ciclo 2020, lo que representa el mayor porcentaje a nivel peninsular. Esto quiere decir que Quintana Roo genera recursos mediante el cumplimiento de sus adeudos con CONAGUA y recibe el beneficio de mayor presupuesto, dirigido al drenaje y alcantarillado seguido de abastecimiento de agua.

En contraparte, el Estado de Campeche es el que menos recursos pagados de su presupuesto presenta, con disminuciones drásticas en abastecimiento de agua, ordenación de aguas residuales, drenaje y alcantarillado y seguido por el sector hidroagrícola. Sin embargo, se observa que solo en el rubro de Administración del Agua se mantuvo el pago de lo presupuestado.

Tabla 52. Tabla de Presupuesto de Egresos de la Federación para los periodos 2019 – 2021

Entidad / Función	Ciclo 2019		Ciclo 2020		Ciclo 2021
	Aprobado	Pagado	Aprobado	Pagado	Aprobado
Campeche	134 285 512	111 708 937	165 372 475	80 238 326	126 002 419
Abastecimiento de Agua	30 473 564	24 182 360	33 709 437	12 950 584	26 967 550
Administración del Agua	40 714 009	42 037 477	44 763 566	42 121 556	45 154 993
Hidroagrícola	37 202 463	31 676 589	67 608 557	21 436 347	37 973 895
Ordenación de Aguas Residuales, Drenaje y Alcantarillado	25 895 476	13 812 512	19 290 915	3 729 838	15 905 981
Quintana Roo	161 851 867	203 962 256	152 646 121	213 507 403	139 851 846
Abastecimiento de Agua	35 054 444	57 294 929	28 663 105	50 707 195	22 930 484
Administración del Agua	41 131 316	37 755 618	43 666 051	39 875 156	43 643 090
Hidroagrícola	52 045 163	41 242 119	59 997 877	54 530 941	56 520 206
Ordenación de Aguas Residuales, Drenaje y Alcantarillado	33 620 944	67 669 590	20 319 088	68 394 111	16 758 066
Yucatán	219 403 669	211 526 236	284 890 468	275 591 454	245 580 917
Abastecimiento de Agua	42 982 762	45 787 722	40 860 739	24 254 902	32 688 591
Administración del Agua	74 423 459	77 158 754	84 048 432	78 018 713	84 679 335
Hidroagrícola	58 966 664	54 792 873	134 110 388	123 704 934	106 145 887
Ordenación de Aguas Residuales, Drenaje y Alcantarillado	43 030 784	33 786 888	25 870 909	49 612 906	22 067 104

Fuente: Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2021).

1.7 Calidad del agua

La calidad del agua en corrientes, acuíferos y esteros está determinada de manera natural por la presencia y la cantidad de factores físico-químicos en su composición integrados a ella por la disolución de rocas, agregación de materiales minerales, contacto con la atmósfera (gases), metabolismo de la biota que en ella habita o con la que tiene relación y otros procesos intrínsecos.

No obstante, las actividades socioeconómicas tienen una gran influencia en el tema, ya que son éstas las que se encargan de añadir residuos y variadas clases de sustancias, en ocasiones sobrepasando la capacidad del ecosistema para asimilarlas.

En la región es particularmente importante la contaminación provocada por la ausencia de sistemas de alcantarillado en los centros urbanos, el uso de pesticidas y la generalizada disposición de residuos en fosas sépticas sin mantenimiento, lo limitado de los tratamientos de aguas residuales municipales e industriales y la infiltración de compuestos orgánicos y biológicos derivados de las actividades pecuarias, particularmente la de cerdos.

1.7.1 Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMeca)

La CONAGUA opera la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMeca) (<https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>), quien tiene el objetivo de proveer a la Autoridad del Agua, a los usuarios, al sector ambiental y al público en general, de resultados confiables, legalmente defendibles y oportunos que puedan transformarse en información para la toma de decisiones sobre el manejo del recurso hídrico. A partir de 2012 se inicia la operación de una nueva RENAMECA, que realiza el monitoreo sistemático en los cuerpos de agua nacionales más importantes.

A continuación, se presentan las estaciones activas de medición de la calidad de aguas subterránea y superficial (Tabla 53 y Tabla 54), por medio de la Red de Monitoreo de la Calidad de Agua (RENAMeca), de la Comisión Nacional del Agua. Cubren diferentes sitios de acuerdo con su ubicación hidrográfica. En el caso de Campeche y Quintana Roo, predominan los puntos de muestreo en sistemas lóticos (ríos) y otros humedales costeros.

En Yucatán y Campeche predominan también los pozos para la medición de agua subterránea, incluidos los humedales costeros. También se observa que hay una gran cantidad de puntos de monitoreo en la zona costera, bordeando toda la Península de Yucatán. En total, actualmente hay poco más de 330 puntos de monitoreo de agua, tanto superficial como subterránea.

Se observan (Tabla 53 y Tabla 54) los diversos parámetros que esta red de monitoreo contempla, tanto de tipo sanitario, como de metales pesados como de calidad de agua y contenido de sales.

Tabla 53. Número de estaciones activas de medición de calidad de agua subterránea por entidad en la PY

Agua subterránea - Parámetro	Número de estaciones		
	Campeche	Quintana Roo	Yucatán
ALC_mg/L	25	15	85
FLUORUROS_mg/L	25	15	85
CONDUCT_mS/cm	25	15	85
SDT_mg/L			
N_NO3_mg/L	25	15	85
SDT_M_mg/L	25	15	85
COLI_FEC_NMP/100_mL	25	15	85
PB_TOT_mg/L	25	15	85
CR_TOT_mg/L	25	15	85
AS_TOT_mg/L	25	15	85



Agua subterránea - Parámetro	Número de estaciones		
	Campeche	Quintana Roo	Yucatán
FE_TOT_mg/L	25	15	85
MN_TOT_mg/L	25	15	85
CD_TOT_mg/L	25	15	85
HG_TOT_mg/L	25	15	85
DUR_mg/L	25	15	85

Fuente: CONAGUA (2020)

Página web: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>

Tabla 54. Número de estaciones activas de medición de calidad de agua superficial por entidad en la PY

Agua Superficial - Parámetro	Número de estaciones		
	Campeche	Quintana Roo	Yucatán
DQO_mg/L	23	21	1
TOX_FIS_FON_15_UT			
TOX_V_15_UT	17	13	
TOX_D_48_UT	17	13	
OD_PORC	17	13	
DBO_mg/L	23	21	1
TOX_D_48_FON_UT			
TOX_D_48_SUP_UT	5	8	1
SST_mg/L	53	117	24
E_COLI_NMP_100mL	23	21	1
TOX_FIS_SUP_15_UT	36	104	24
ENTEROC_NMP_100mL	30	96	23
COLI_FEC_NMP_100mL	23	21	1
OD_PORC_SUP	36	104	22
OD_PORC_MED	1	2	
OD_PORC_FON	21	44	7

Fuente: CONAGUA (2020)

Página web: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>

La RENAMECA brinda también información sobre el índice de calidad del agua en forma de semáforo, el cual califica el grado de cumplimiento de los diversos parámetros estudiados con las normativas aplicables y límites de tolerancia permitidos. Dicho semáforo se construyó a partir de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y la Norma Oficial Mexicana NOM-001- SEMARNAT -1996. Para el caso de las aguas subterráneas el semáforo se muestra en la Figura 67.

De esta manera, en las figuras siguientes se muestran de manera general las condiciones en que se presentan las aguas subterráneas en los diversos puntos observados, pero también es posible obtener información geo temática sobre las condiciones sanitarias de la entidad.

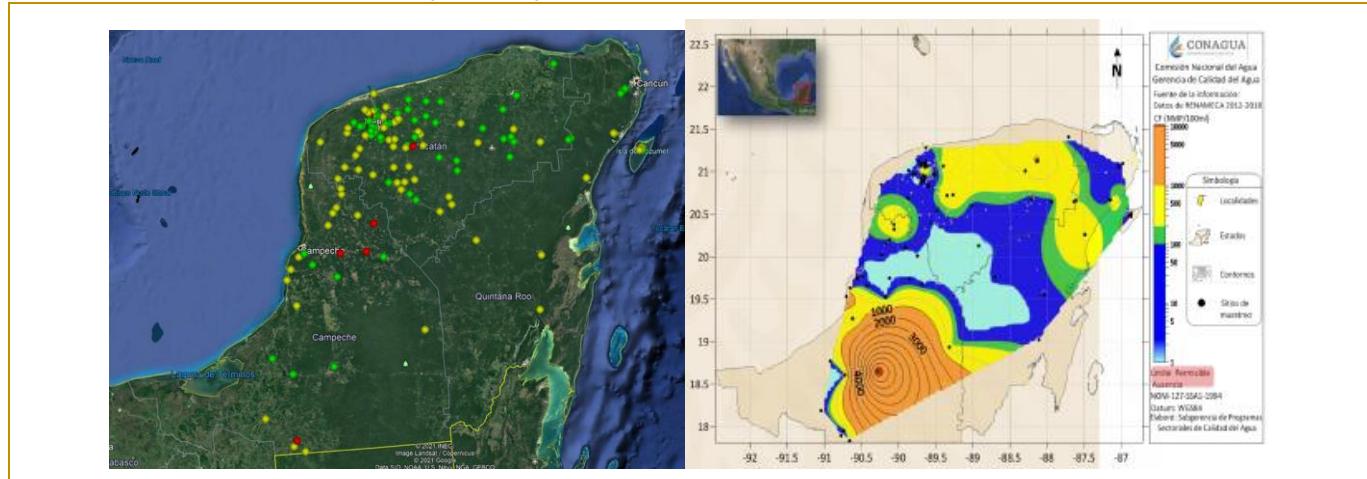
Figura 67. Semáforo para evaluar el índice de calidad del agua subterránea

Indicador	Unidades	Cumplimiento			Incumplimiento		Color del semáforo en caso de incumplimiento del indicador				
Fluoruros (F-)	mg/L	0.7<=FLUO<1.5 Potable - Óptima			0.4<=FLUO<0.7 Media		FLUO>=1.5 Alta				
Coliformes Fecales	NMP/100mL	CF<1.1	1.1<=CF<=200	200<=CF<=1000	1000<CF<=10000	CF>10000	Rojo				
		Potable - Excelente	Buena calidad	Buena calidad	Contaminada	Fuertemente contaminada					
Nitrógeno de Nitratos (N-NO₃)	mg/L	N_NO3<=5 Potable - Excelente		5<N_NO3<=11 Potable – Buena calidad		N_NO3<=11 No apta como FAAP		Rojo			
Arsenico Total	mg/L	AS<=0.01	0.01<AS<=0.025		AS<=0.025		Rojo				
		Potable - Excelente	Apta como FAAP		No apta como FAAP						
Cadmio Total	mg/L	CD<=0.003 Potable - Excelente		0.003<AS<=0.005 Apta como FAAP		CD<=0.005 No apta como FAAP		Rojo			
Cromo Total	mg/L	CR<=0.05			CR>0.005		Rojo				
		Potable – Excelente			No apta como FAAP						
Mercurio Total	mg/L	HG<=0.006 Potable – Excelente			HG>0.006 No apta como FAAP		Rojo				
Pbolo Total	mg/L	PB<=0.01			PB>0.01		Rojo				
		Potable – Excelente			No apta como FAAP						
Alcalinidad (CaCO₃)	mg/L	20>=ALC<75 Baja		75>=ALC<=150 Media	150>ALC<=400 Alta	ALC<20 Indeseable	Amarillo				
Conductividad	mS/cm ²	CONDUC<=250	250<CONDUC<=750	750<CONDUC<=200	2000<CONDUC<=3000	CONDUC>3000	Amarillo				
		Excelente para riego	Buena para riego	Permisible para riego	Dudosa para riego	Indeseable para riego					
Dureza (CaCO₃)	mg/L	DUR<=60 Potable - Suave		60<DUR<=120 Potable – Moderadamente	120<DUR<=500 Potable - Dura	DUR>500 Muy dura e indeseable usos industrial y doméstico		Amarillo			
Sólido Disueltos Totales – Riego Agrícola	mg/L	SDT<=500	500<SDT<=1000	1000<SDT<=2000	2000>SDT<=5000 Cultivos tolerantes			Amarillo			
		Excelente para riego	Cultivos sensibles	Cultivos con manejo especial							
Sólidos Disueltos Totales – Salinización	mg/L	SDT<=1000 Potable - Dulce		1000<SDT<=2000 Ligeramente salobres		2000>SDT<=10000 Salobres	SDT>10000 Salinas	Amarillo			
Manganoso Total	mg/L	MN<=0.15			0.15>MN<=0.4	MN>0.4	Amarillo				
		Potable – Excelente			Sin efectos en la salud – Puede dar color al agua	Puede afectar a la salud					
Hierro Total	mg/L	FE<=0.3 Potable – Excelente			FE>0.3 Sin efectos en la salud – Puede dar color al agua		Amarillo				
Todos los indicadores		En caso de cumplimiento de todos los indicadores, el color del semáforo es verde					Verde				

Fuente: CONAGUA – Red de Monitoreo RENAMECA (2021)

En la Figura 68 A). Índices de cumplimiento de calidad de agua. Semáforo verde: 60 sitios. Semáforo amarillo: 64. Semáforo rojo: 7. B). Iso concentraciones de Coliformes fecales (2012, 2018), durante el estiaje. Como indicador de presencia de aguas residuales (materia fecal) A). Índice de cumplimiento de calidad de agua. B). Iso concentraciones de CF.

Figura 68. Semáforo de calidad del agua: Índice de cumplimiento de calidad de agua (izquierda) e Iso concentraciones de CF (derecha)



Fuente: CONAGUA – Red de Monitoreo RENAMECA (2021)

Del mismo modo, el RENAMECA brinda también información sobre el índice de calidad de las aguas superficiales (Figura 69), el cual también califica el grado de cumplimiento de los diversos parámetros estudiados con las normativas aplicables y límites de tolerancia permitidos, como se muestra en la siguiente Figura 70 A). Índices de cumplimiento de calidad de agua superficial. El color del indicador se refiere al incumplimiento de la norma aplicable. B). Nitrógeno inorgánico disuelto.

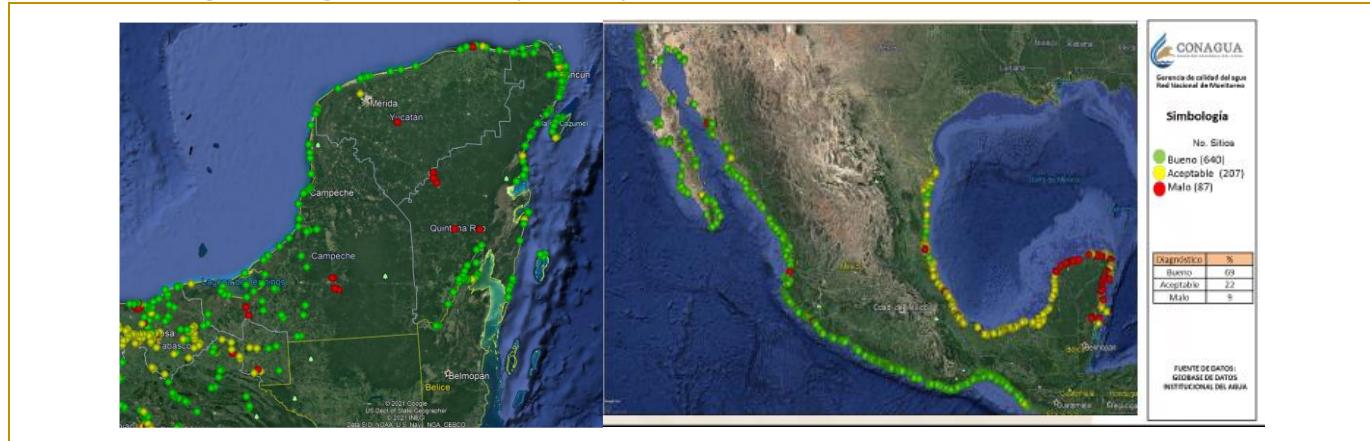
Figura 69. Semáforo para evaluar el índice de calidad del agua superficial

Calidad de agua de cuerpos líticos									
Indicadores de calidad del agua				Calificación, código de colores y escala de calidad de agua del indicador					Semáforo
Indicador	Campos de la base de datos	Abreviación	Unidades	Cumplimiento			Incumplimiento		Color del semáforo en caso de incumplimiento del indicador
				Excelente	Buena calidad	Aceptable	Constancia	Fuertemente contaminada	
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días	DBO_TOT	DBO	mg/L	DBO<=3	3<DBO<=6	6<DBO<=30	30<DBO<=120	DBO>120	Rojo
Demanda química de oxígeno	DQO_TOT	DQO	mg/L	DQO<=10	10<DQO<=20	20<DQO<=40	40<DQO<=200	DQO>200	Rojo
Sólido suspendidos totales	SST	SST	mg/L	SST<=25	23<SST<=75	75<SST<=150	150<SST<=400	SST>400	Amarillo
Coliformes fecales	COLI_FEC	CF	NMP/100 mL	CF<=100	100<CF<=200	200<CF<=1000	1000<CF<=10000	CF>10000	Amarillo
Escherichia Coli	E_COLI	EC	NMP/100 mL	EC<=250	250<EC<=500	500<EC<=1000	1000<EC<=10000	EC>10000	Amarillo
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	OD_%	OD	%	70<OD<=110	50<OD<=70 y 110<OD<=120	30<OD<=50 y 120<OD<=130	10<OD<=30 y 130<OD<=150	OD<=10 y OD>150	Amarillo
Indicador	Campos de la base de datos	Abreviación	Unidades	Cumplimiento			Incumplimiento		Color del semáforo en caso de incumplimiento del indicador
				No tóxico	Toxicidad baja	Toxicidad moderada	Toxicidad alta		
Toxicidad Daphnia Magna, 48 h	TOX_D_48_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA<1	1<=TA<=1.33	1.33<TA<5	TA >= 5		Rojo
Toxicidad Vidrio Fisher, 15 min	TOX_V_15_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA<1	1<=TA<=1.33	1.33<TA<5	TA >= 5		Rojo
Todos los indicadores	En caso de cumplimiento de todos los indicadores, el color del semáforo es verde								Verde

Fuente: CONAGUA – Red de Monitoreo RENAMECA (2021)



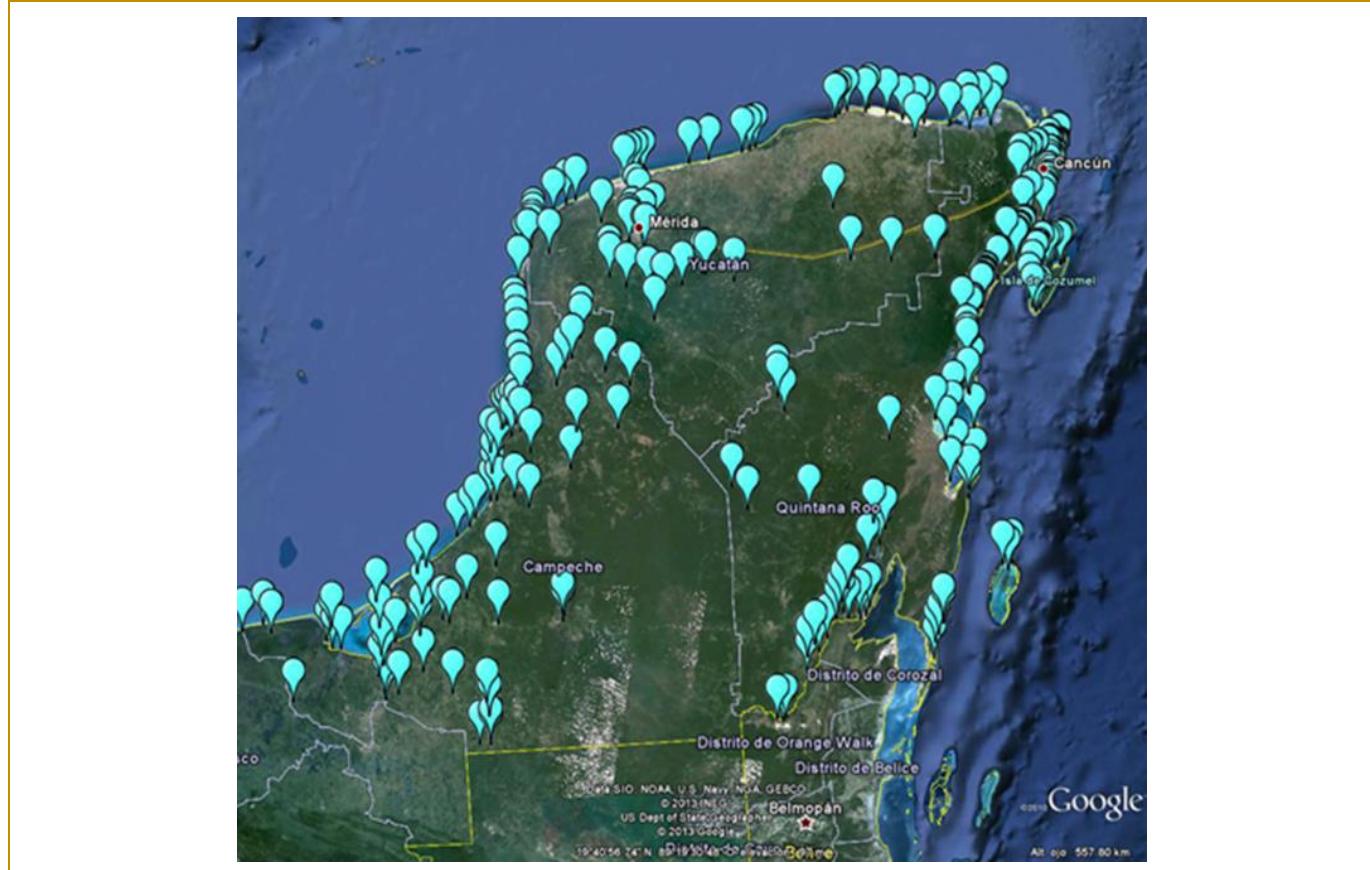
Figura 70. Índices de cumplimiento: índice de cumplimiento de calidad de agua superficial (izquierda) y Nitrógeno inorgánico disuelto (derecha)



Fuente: CONAGUA – Red de Monitoreo RENAMECA (2021)

En la península de Yucatán, el RENAMECA consta de 331 sitios de monitoreo, 78 de ellos se ubican en Campeche, 138 en Quintana Roo y 115 sitios en Yucatán (Figura 71). Como se puede apreciar en esta imagen, el mayor monitoreo se enfoca en el ámbito de las unidades de planeación de QRooN, YucN, CampN y CampC.

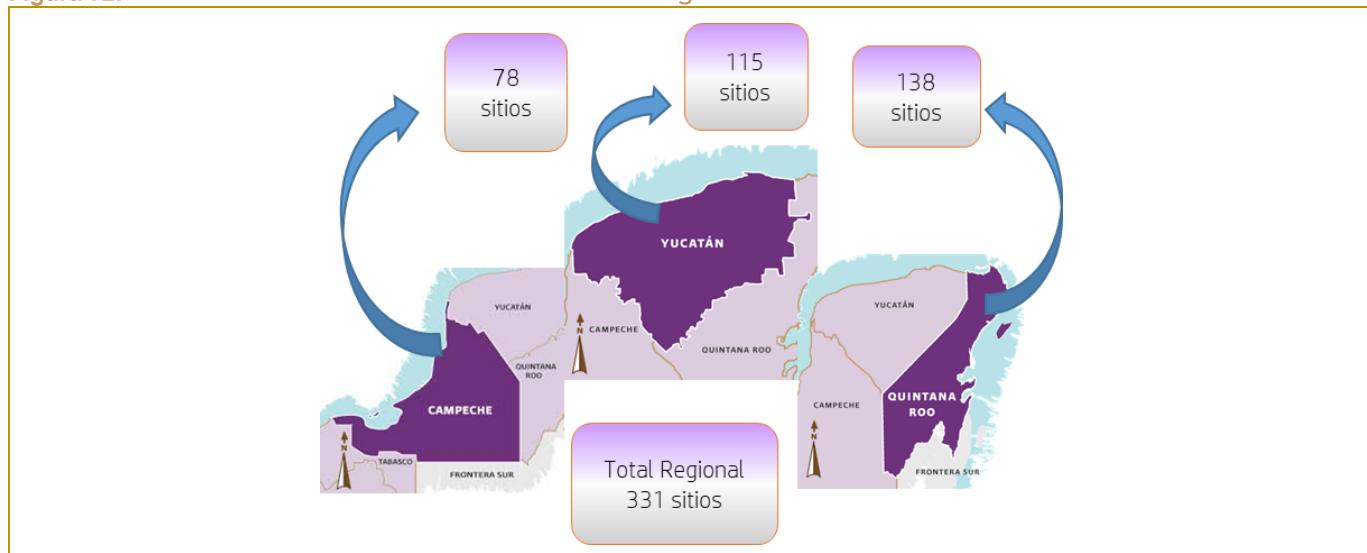
Figura 71. Red de monitoreo de calidad del agua (RENAMECA)



Fuente: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>

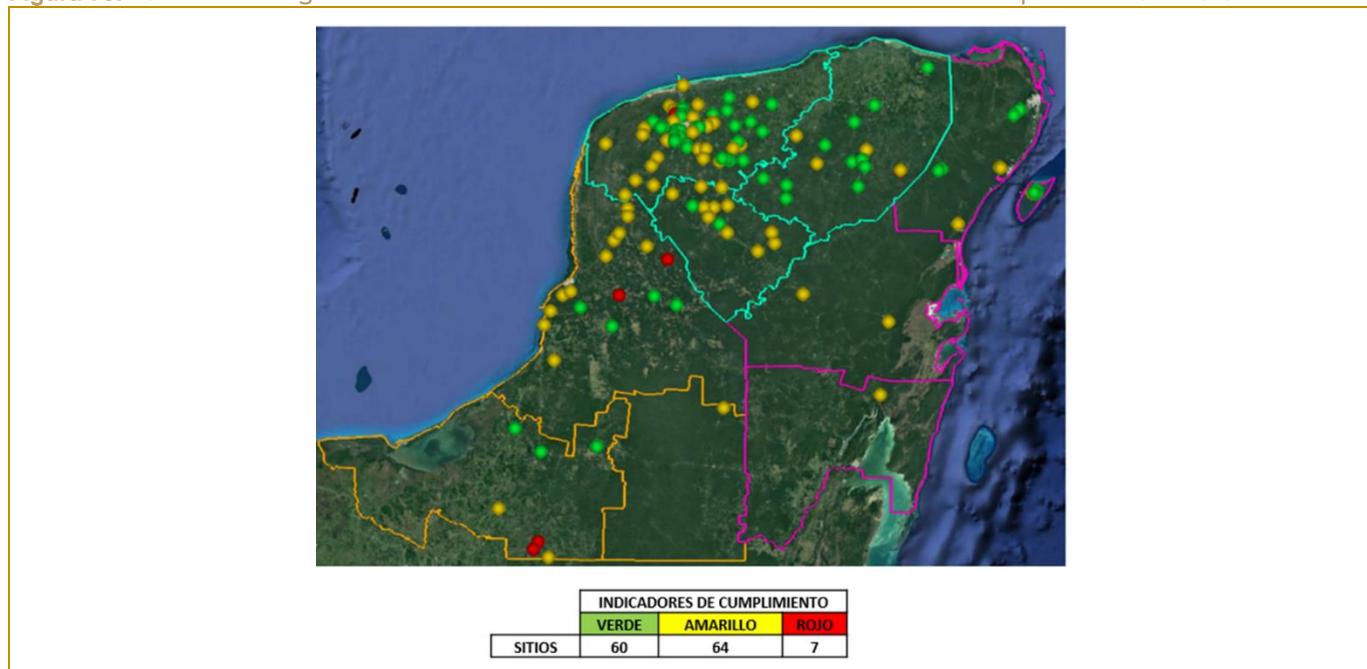
Para el acuífero de la Península de Yucatán, se tiene como promedio del periodo 2012-2019, los siguientes resultados (Figura 72 y Figura 73): del total de 331 sitios, 60 (46%) presentan una calidad excelente, 64 sitios (49%) presentan una calidad aceptable, prestándose valores significativos en los parámetros de SDT, Conductividad y Dureza, que son producto de las condiciones geohidrológicas y que limitarían algunos usos, por último 7 sitios (5%) presentan una calidad limitada, ya que se presentan valores significativos de Nitratos, Dureza, Arsénico, Fierro, Coliformes Fecales y Plomo (Derivado de descargas de aguas residuales, actividades industriales y agropecuarias).

Figura 72. Total de sitios de monitoreo de calidad del agua subterránea



Fuente: RENAMECA, <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>

Figura 73. Calidad del agua subterránea en la Península de Yucatán. Promedio del período 2012-2019



Fuente: RENAMECA, <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>