

4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

Las consecuencias de las crecidas que terminan en inundaciones es variable: ya sea en lesiones a personas, pérdidas masivas de cultivos o ganado, daños a infraestructuras o efectos ambientales a escala local o regional. Por tal motivo es vital aunar esfuerzos para monitorear y dar seguimiento al comportamiento del agua, de tal manera que los datos, la información y el conocimiento hidrológico, hidrogeológico y oceanológico, permitan obtener mejores estimaciones y pronósticos, y con soporte en indicadores del recurso hídrico se concrete una administración del agua y gestión del recurso hídrico con decisiones mucho más provechosas en el futuro cercano.

Para monitorear y dar seguimiento a los eventos hidrometeorológicos que afectan a la región XII, se cuenta con una red meteorológica compuesta por estaciones climatológicas: convencionales y automáticas; estaciones hidrométricas; observatorios meteorológicos; radares y estaciones de radiosondeo, en las siguientes secciones se presenta la situación actual en la que se encuentran.

4.1.1 Estaciones convencionales

La red de estaciones convencionales que se ubican en el estado de Campeche se detecta que carecen de equipo actualizado, debido a que los que utilizan son antiguos, con más de 20 años de uso. De manera general en la región se identifica la problemática siguiente:

- Los recursos que se asignan para mantenimiento y rehabilitación de

las estaciones climatológicas son insuficientes, irregulares y no se cuenta con una adecuada programación.

- La asignación de equipo para las estaciones convencionales es irregular e insuficiente, ya que no atienden las demandas solicitadas.
- El personal que supervisa la operación de las redes convencionales es insuficiente y con sobrecarga de trabajo por atender otras actividades.
- La generación de información no es totalmente confiable debido a falta de interés del personal que la opera por pagos insuficientes, así como a la escasa supervisión.
- El esquema de gratificados presenta dificultades administrativas, jurídicas y técnicas, ya que el monto de gratificación no se ha actualizado y desde el punto de vista jurídico los equipos están instalados en terrenos particulares, sin ningún sustento legal, y técnicamente no existe un mecanismo que garantice la calidad y continuidad de los datos.
- Insuficiente asignación de vehículos apropiados para la supervisión.
- Los equipos de radiocomunicación son objeto de vandalismo, robos, por tal motivo existe carencia de información en tiempo real.

4.1.2 Estaciones hidrométricas

De las 9 estaciones que conforman la red hidrométrica de la región, 4 de ellas no cuentan con equipo actualizado (tienen más de 20 años de uso), estas estaciones están a cargo de la dirección local de Campeche (ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Estaciones que presentan problemas en Campeche

No	Nombre	Municipio	Estado	Problema detectado	Causas
1	Palizada	Palizada	Campeche	El equipo no está actualizado	Falta de recurso para la actualización del equipo
2	Candelaria	Candelaria			
3	Canasayab	Champotón			
4	Mamantel	Carmen			

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

La problemática general de la red se resume en que el equipo no está operando al 100 %

Tabla 4.2 Estaciones que presentan problemas en la región

No	Nombre	Municipio	Estado	Operador/ Estación	Causas
1	Palizada	Palizada	Campeche	CONAGUA /DLCAMP	Falta de personal operativo (Candelaria, Champotón) por jubilación del personal existente.- Suspensión de aforos por beneficios sindicales.- Comunicación inadecuada por Falta de equipo de radiocomunicación.- No hay infraestructura apropiada para realizar los aforos.
2	Candelaria	Candelaria	Campeche	CONAGUA /DLCAMP	
3	Canasayab	Champoton	Campeche	CONAGUA /DLCAMP	
4	Mamantel	Carmen	Campeche	CONAGUA /DLCAMP	
5	Huay-Pix	Othón P. Blanco	Quintana Roo	CONAGUA	
6	Juan Sarabia	Othón P. Blanco	Quintana Roo	CONAGUA	
7	Ucum	Othón P. Blanco	Quintana Roo	CONAGUA	
8	Agua Dulce	Othón P. Blanco	Quintana Roo	CONAGUA	
9	La Unión	Othón P. Blanco	Quintana Roo	CONAGUA	

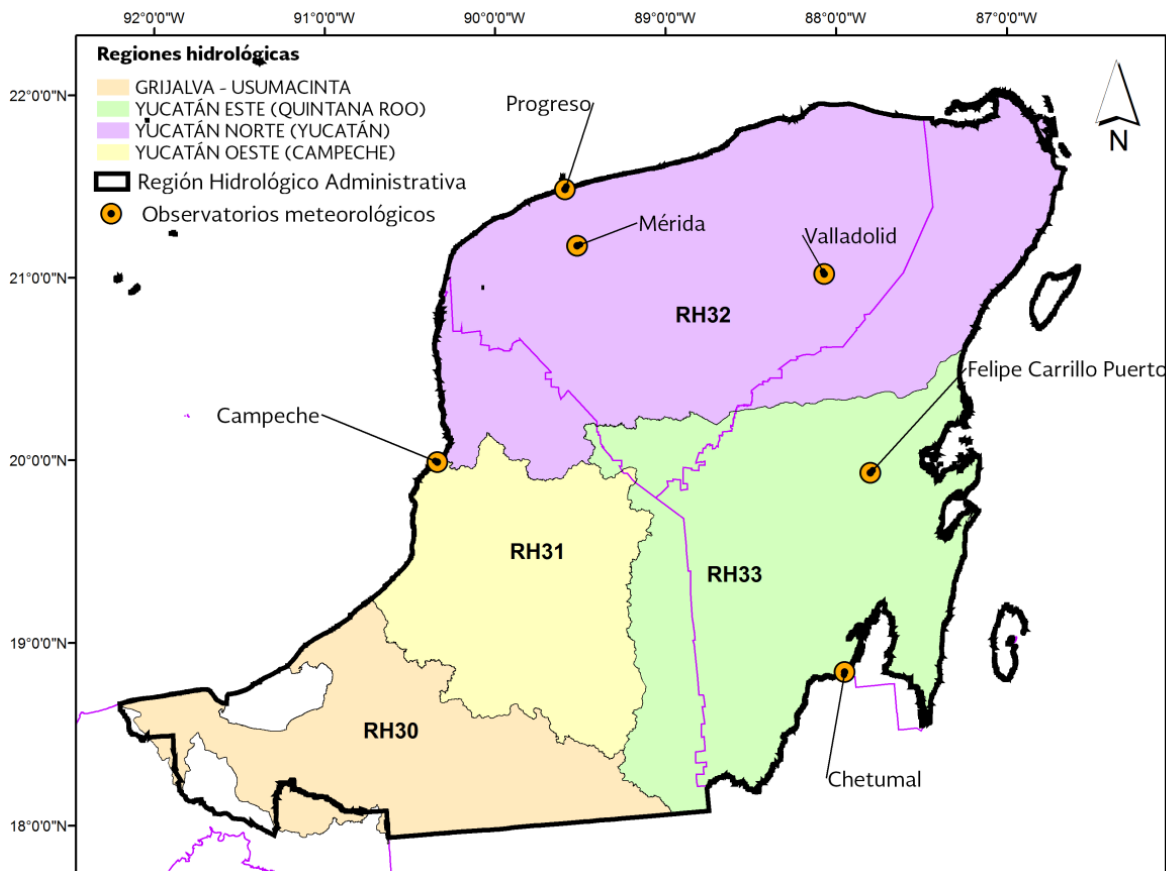
Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

4.1.3 Observatorios meteorológicos

La región cuenta con seis observatorios que tienen una operación deficiente debido a las

causas que se muestran en la Tabla 4.3

Figura. 4.2 Observatorios meteorológicos con problemas de operación



Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

Tabla 4.3 Observatorios meteorológicos que presentan problemas en la región

Nombre	Estado	Problema detectado	Causas
Mérida	Yucatán	Deficiente operación	Falta personal técnico para emitir datos en forma continua durante las 24 h. Equipos e instrumental obsoletos. Falta de mantenimiento para el inmueble y la sustitución de los equipos e instrumental. Insuficiencia e irregularidad de recursos para la adquisición de equipo y modernización de los mismos.
Progreso	Yucatán		
Valladolid	Yucatán		
San Francisco de Campeche	Campeche		
Chetumal	Quintana Roo		
Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo		

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

4.1.4 Radares

Aun cuando la región cuenta con dos radares que cubren la mayor parte de la zona, falta cubrir parte de los municipios de Progreso, Mérida, Telchac Puerto, Sisal, Celestún.

De manera general los problemas para los dos radares son los siguientes:

- Falta de presupuesto para el mantenimiento del inmueble
- Falta de presupuesto para mantenimientos preventivos y correctivo del inmueble y dispositivos.

- Falta de comunicación alterna que garantice el servicio continuo para transmisión de datos
- Falta de vehículos que operen en condiciones adecuadas.
- Falta de personal técnico que reporte errores o que los corrija.
- Falta de capacitación para el personal.

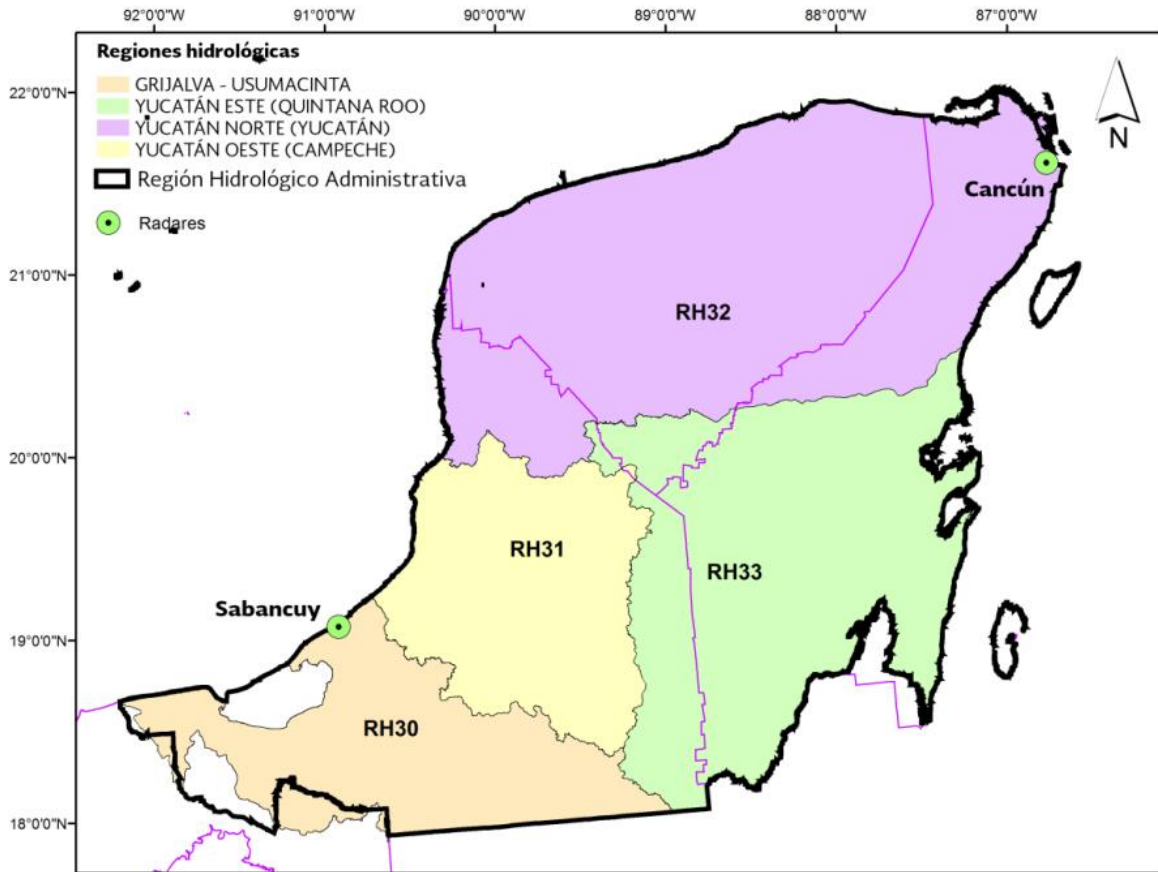
De los radares existentes se detectaron los siguientes problemas:

Tabla 4.4 Radares que presentan problemas en la región

Nombre	Municipio	Estado	Problema detectado	Causas
Campeche	Campeche	Campeche	Deficiente operación	No existe un responsable que lleve el control de la estación sobre todo en caso de falla se vuelve un problema para hacer valer la garantía del equipo.
Cancún	Cancún	Quintana Roo	Operación intermitente	El terreno donde se ubica es una zona inundable

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

Figura. 4.3 Radares con deficiente operación



Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

4.1.5 Estaciones automáticas

La red de estaciones automáticas existentes, además de no transmitir los datos en tiempo real, no cubren toda la región y no

cuentan con un programa de mantenimiento preventivo.

Las estaciones que actualmente requieren de instrumentos y/o equipo se muestran en la

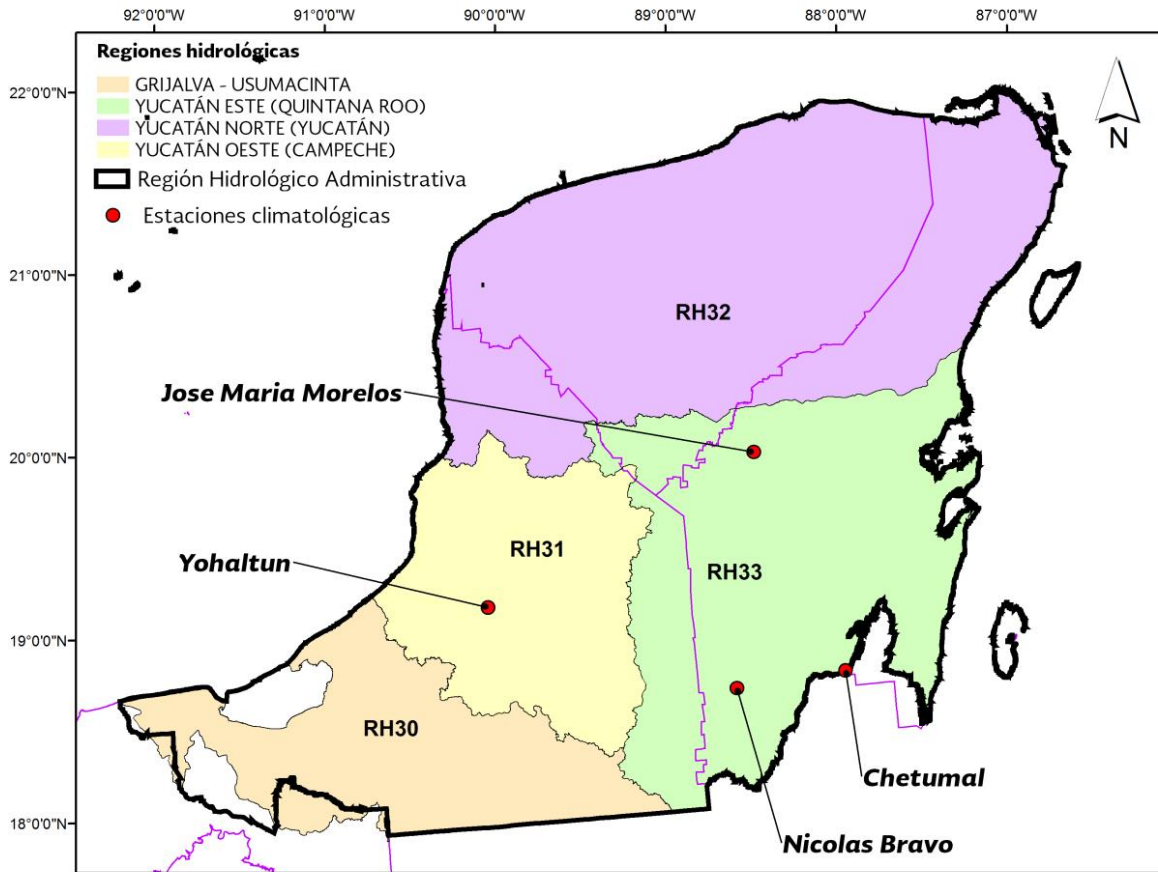
Tabla 4.5

Tabla 4.5 Estaciones automáticas que presentan problemas en la región

Nombre	Municipio	Estado	Operador/Estación	Problema detectado	Causas
Yohaltum	Champotón	Campeche	CONAGUA/ SMNSE-MAR/CONANP	No operan	El equipo está dañado
Chetumal	Othón Blanco P.	Quintana Roo	CONAGUA		La batería no funciona.
Nicolás Bravo	Othón Blanco P.				
José María Morelos	José María Morelos				

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

Figura. 4.4 Estaciones climatológicas que presentan problemas



Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

4.1.6 Estaciones de radiosondeo

Como puede observarse en la Tabla 4.6, la región cuenta con dos estaciones de radio

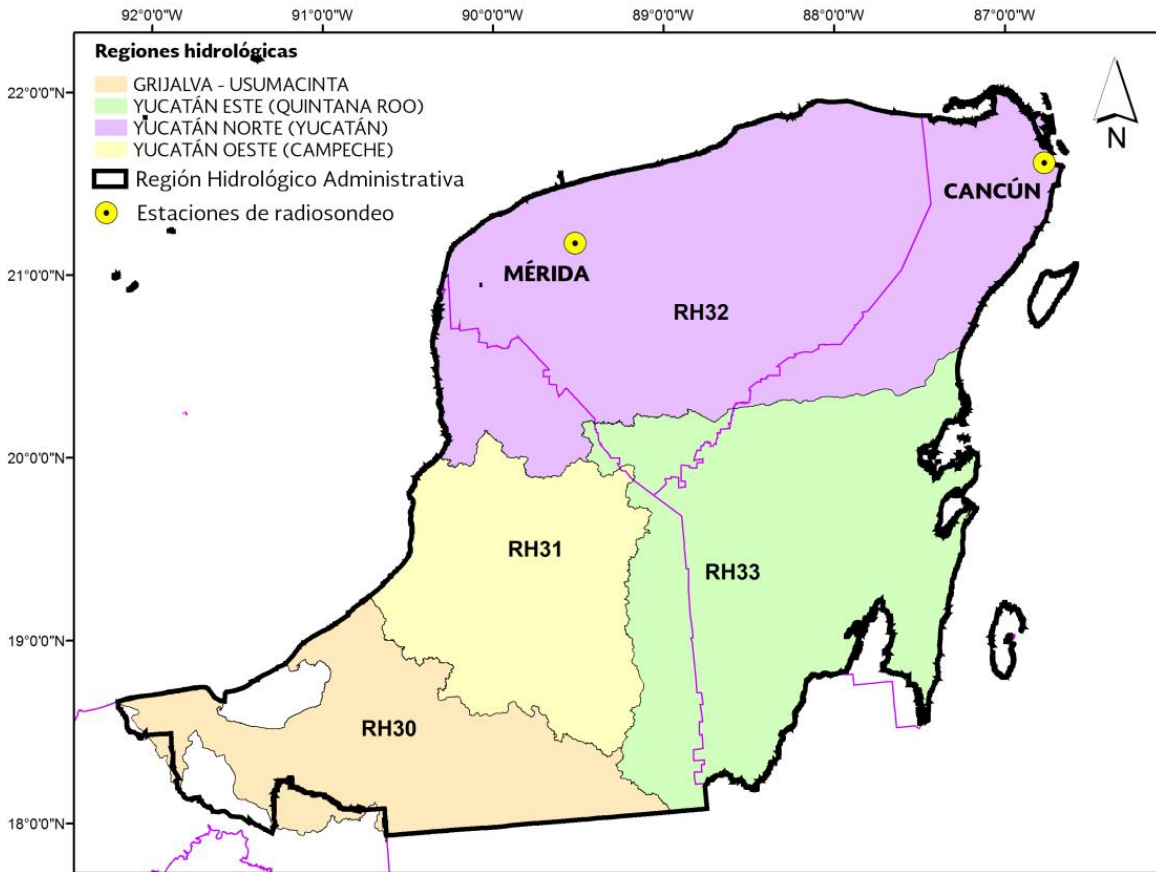
sondeo que requieren recursos para mantenimiento y capacitación.

Tabla 4.6 Estaciones de radiosondeo que presentan problemas en la región

Nombre	Municipio	Estado	Problema detectado	Causas
Radiosondeo – viento	Mérida	Yucatán	No operaran eficientemente	-No cuentan con recursos para el mantenimiento del inmueble - Falta capacitación al personal para operar y dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo
Radiosondeo	Cancún	Quintana Roo		- No cuentan con recursos para el mantenimiento del inmueble - Falta capacitación al personal para operar y dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo - Se requiere cambiar la planta generadora de hidrógeno.

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

Figura. 4.5 Estaciones de radiosondeo con problemas en la operación



Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013

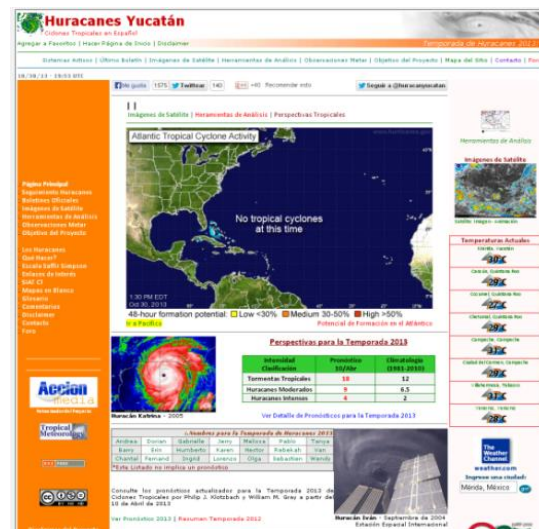
4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

En los tres estados que componen la Región Hidrológica Administrativa de Península de Yucatán se llevan diferentes acciones para atender el pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana.

En el estado de Yucatán existe un “Manual de Administración de Emergencias Meteorológicas para la Península de Yucatán” (MAEMPY), en el que se especifican las actividades que cada una de las áreas del Organismo de Cuenca que deben realizar en las distintas etapas de alertamiento por ciclón tropical.

Además cuenta con un Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales el cual entra en funcionamiento cuando el ciclón

se encuentra aproximándose o alejándose del territorio nacional o acercándose a un Área afectable. Funciona por medio de 5 fases en 2 etapas.



La Dirección General de Protección Civil (DGPC) es la única instancia que determine la etapa que corresponda y lo hará a través de

los "Boletines de Alertamiento de Protección Civil", mismos que contendrán la información que la DGPC Considere pertinente, así como las etapas de alertamiento que correspondan a las áreas afectables. Esta información sirve como base para la operación y desarrollo de las medidas a tomar correspondientes.

El nivel de alerta de cada fase es:

- Azul. Peligro mínimo
- Verde. Peligro bajo
- Amarilla. Peligro moderado
- Naranja. Peligro alto
- Roja. Peligro alto

Tabla 4.7 Fase de acercamiento - Parte delantera del Ciclón

	Detección o más de 72 horas	72 a 60 horas	60 a 48 horas	48 a 36 horas	36 a 24 horas	24 a 18 horas	18 a 12 horas	12 a 6 horas	menor a 6 horas
Tormenta Tropical	Azul	Verde	Verde	Verde	Amarilla	Amarilla	Naranja	Naranja	Rojo
Huracán Cat. 1	Azul	Verde	Verde	Amarilla	Amarilla	Naranja	Naranja	Naranja	Rojo
Huracán Cat. 2	Azul	Verde	Verde	Amarilla	Amarilla	Naranja	Naranja	Naranja	Rojo
Huracán Cat. 3	Azul	Verde	Verde	Amarilla	Amarilla	Naranja	Naranja	Naranja	Rojo
Huracán Cat. 4	Azul	Verde	Amarilla	Amarilla	Naranja	Naranja	Naranja	Rojo	Rojo
Huracán Cat. 5 +	Azul	Verde	Amarilla	Amarilla	Naranja	Naranja	Rojo	Rojo	Rojo
Etapa ->	Aviso	Prevención	Preparación		Alarma		Afectación		

Fuente: Protección Civil Yucatán, Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales.2013

Tabla 4.8 Fase de alejamiento - parte trasera del Ciclón

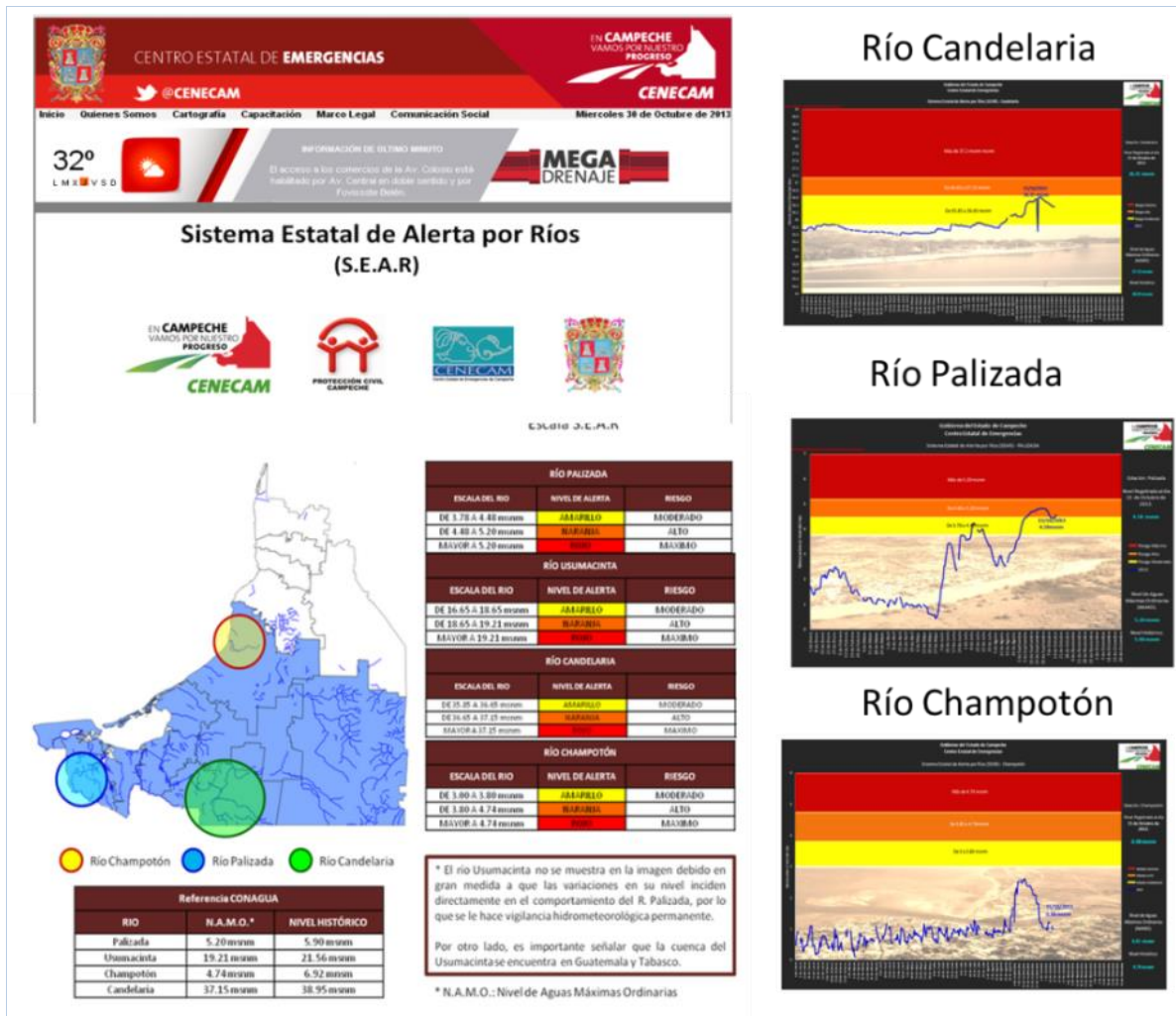
	0 a 100 km.	100 a 150 km.	150 a 200 km.	200 a 250 km.	250 a 300 km.	300 a 350 km.	350 a 400 km.	400 a 500 km.	500 a 750 km.	Mayor a 750 km.
Tormenta Tropical	Rojo	Naranja	Naranja	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Verde	Verde	Verde	Verde
Huracán Cat. 1	Rojo	Naranja	Naranja	Naranja	Amarilla	Amarilla	Verde	Verde	Verde	Verde
Huracán Cat. 2	Rojo	Rojo	Naranja	Naranja	Amarilla	Amarilla	Verde	Verde	Verde	Verde
Huracán Cat. 3	Rojo	Rojo	Naranja	Naranja	Amarilla	Amarilla	Verde	Verde	Verde	Verde
Huracán Cat. 4	Rojo	Rojo	Rojo	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde
Huracán Cat. 5 +	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde
Etapa ->	Afectación			Alarma			Seguimiento	Vigilancia	Monitoreo	

Fuente: Protección Civil Yucatán, Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales.2013

En Campeche, los sistemas de alertamiento existentes son prioritarios para efectuar los trabajos de mantenimiento, así como de cambio de instrumentos meteorológicos para su correcta operación. El estado cuenta con un Sistema Estatal de Alerta por Ríos (S.E.A.R) el cual está accesible a

través de CENECAMP, consiste en la emisión de alertas en base al nivel de peligro que represente el comportamiento en la escala diaria de los principales ríos del estado cuando se encuentren en su nivel de aguas Máximas ordinarias.

Figura. 4.6 Interfaz del Sistema Estatal de alerta por Ríos, Campeche



En el estado de Quintana Roo, se hace uso del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT CT) que es un sistema que reúne información que permite advertir sobre situaciones de riesgo a la población, permite la elección de respuestas apropiadas. Se compone de dos tablas de alertamiento, una de acercamiento y otra de alejamiento, que indican en qué

etapa se encuentra el ciclón tropical. Sin embargo, aun cuando se tiene toda esta infraestructura a disposición de la ciudadanía, no es suficiente; la población reclama más eficiencia para atender las contingencias, y que se implementen los mecanismos necesarios para la interacción entre la CONAGUA, el gobierno del Estado y la ciudadanía.

Figura. 4.7 Interfaz del Sistema Estatal, Quintana Roo



4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes

Por la alta vulnerabilidad que presenta la región ante fenómenos hidrometeorológicos, se requiere contar con una adecuada infraestructura con el objetivo de proteger a centros de población y áreas productivas, sin perder de vista el mantenimiento que se debe dar a las mismas.

En general el Centro Regional de Atención a Emergencias del Organismo de Cuenca Península de Yucatán opera de manera aceptable, sin embargo, en ocasiones no se cumplen las expectativas que demanda la población, porque aun cuando se atienden las situaciones de emergencia, no se atienden de manera expedita, debido a la distancia y tiempo de traslado. Por otra parte es necesaria la actualización de los diagnósticos de la infraestructura vigente para la elaboración de un adecuado pro-

grama de mantenimiento de dicha infraestructura.

A continuación se presentan las obras de infraestructura existentes en la región que presentan daños o ineficiencias que impiden su correcto funcionamiento, dicha información se muestra por estado.

4.3.1 Equipos para atención de emergencias

Actualmente se cuenta con equipo especializado para la atención de emergencias, sin embargo es necesaria la actualización y ampliación del mismo, esto con el fin de apoyar más a la población en caso de un siniestro.

Equipos para atención de emergencias

Actualmente en la región se cuenta con equipo especializado para la atención de emergencias el cual se describe en la siguiente tabla, indicando la cantidad en cada estado.

Tabla 4.9 Equipo existente para la atención d emergencias

Equipo	Quintana Roo	Campeche	Yucatán	Total
Generadores de energía eléctrica	1	3	8	12
Generadores portátil e/eléctrica (gasolina)	6			6
Planta Potabilizadora Portátil		4	17	21
Motobomba 3"	3	1		4
motobomba charquera de 2"		2		2
Motobomba Autocebante de 3" Ø			16	16
Motobomba Autocebante de 4" Ø		1	1	2
Motobomba Autocebante de 6" Ø		3	4	7
Motobomba Autocebante de 8" Ø		3	1	4
Estación de Bombeo Hydrflo de 18"Ø		4	2	6
Tracto-camión 5a. Rueda y cama baja			1	1
Torre de Iluminación		1	2	3
Tanque de combustible de 3,000 l			1	1
Camión Pipa 10,000 l		1		1
Camión Pipa 20,000 l		1		1
Retroexcavadora			1	1
Camión plataforma con grua hiab		2	1	3
Camión plataforma			1	1
Camión Aquatech			1	1
Polipasto para 6 ton		1	1	2
Lancha		2	3	5
Motor fuera de borda		2 (20 y 65 hp)	1 (25 hp)	3
Remolque		1		1
Camión 3 ton		1	1	2
Total	10	30	62	104
Personal				
Personal Chetumal	7			7
Personal Cancún	4			4
Personal Mérida			26	26
Personal Campeche		11		11
Total	11	11	26	48

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2012.

4.3.2 Yucatán

Tabla 4.10 Infraestructura que presentan problemas en el estado de Yucatán

Municipio	Localidad	Obra de protección o drenaje pluvial	Clasificación	Problema detectado	Causas
Tzucacab y Tekax	Cono sur	Dren parcelario del Cono Sur (9 Km), Desemboca en dos sumideros naturales	Dren parcelario	Infraestructura en malas condiciones de operación	Falta mantenimiento.
San Felipe	San Felipe	Muro de protección de 2 m y 2400 m de longitud	Obra de protección	Opera sin problemas	
San Felipe	San Felipe	Drenaje pluvial de San Felipe	Drenaje pluvial	Opera sin problemas	
Río Lagartos	Río Lagartos	Muro de protección de 2100 m de longitud y 2 m	Obra de protección	Opera sin problemas	

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2012

4.3.3 Campeche

Tabla 4.11 Infraestructura que presentan problemas en el estado de Campeche

Municipio	Localidad	Obra de protección	Clasificación	Problema detectado	Causas
Campeche	San Francisco de Campeche	Red de drenaje de canales: ría Universidad y Plan Chac	Red de drenaje	Operación deficiente	La capacidad para desalojar aguas pluviales es insuficiente
Campeche	San Francisco de Campeche	Red de drenajes centro, Lázaro Cárdenas, sistema Centro, Patricio Trueba	Red de drenaje	Operación deficiente	La capacidad del sistema pluvial es insuficiente
Campeche	San Francisco de Campeche	Red de drenaje Presidentes de México	Red de drenaje	Fuera de operación	No está funcionando por estar en construcción
Champotón	Champotón	Red de drenaje costero (tres canales 1 a cielo abierto 2 entubados)	Red de drenaje	Operación deficiente	Falta mantenimiento
Carmen	Carmen	Red de drenaje de canales: Av. Contadores, Tierra y Libertad	Red de drenaje	Operación deficiente	La red requiere limpieza
-	-	Arroyo la caleta (drenaje natural)	Red de drenaje	Operación deficiente	Requiere limpieza y desazolve
Palizada	Palizada	Reconstrucción de bordos en palizada	Bordo		Requiere reconstrucción
Palizada	Palizada	Desazolve arroyo viejo	Desazolve		Requiere excavaciones en dren
Palizada	Palizada	Reconstrucción de muro de contención	Muro de contención		Requiere reconstrucción
Candelaria	Candelaria	Desazolve del arroyo efluente al río candelaria	Desazolve		Requiere excavaciones en dren
Palizada	Palizada	Bordos del río palizada dañados	Mantenimiento de bordo		Requiere reconstrucción
Tenabo, Campeche y Hopelchén	Tenabo, Campeche y Hopelchén	Dren principal DTT Río Verde	Canalización	Opera sin problemas	
Champotón	Champotón	Tajo de Alivio	Canalización	Opera regularmente	
Campeche	San Francisco de Campeche	Encauzamiento Ría de San Francisco	Encauzamiento		

Fuente: Conagua. Dirección Local Campeche, 2013

4.3.4 Quintana Roo

Tabla 4.12 Infraestructura que presentan problemas en el estado de Quintana Roo

Municipio	Localidad	Obra de protección	Clasificación	Problema detectado	Causa
Othón Pompeyo Blanco	Chetumal	Bahía-Río Hondo	Protección de zona urbana y vialidades		
	Unión	Arroyo Azul			
	Sarabia	Río Hondo			
	Sacxan				
	Palmar				
	Ramonal				
	Allende				
	Cacao				
	Cocoyol				
	Botes				

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2012. Compendio de identificación de asentamientos humanos en cauces federales

4.4 Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas

Los actores sociales que intervienen, antes, durante y después de un evento de inundación pueden ser organizaciones civiles, asociaciones de productores, asociaciones vecinales, personas que habitan en zonas de riesgo de inundación, etc. Para esta Región no se cuenta con información para identificar

las formas de participación de estas asociaciones.

4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones

De acuerdo al Mapa Nacional de Índice de Inundación en la RHA XII existe una extensa superficie de aproximadamente 21,018.50 km² de zonas potencialmente inundables, aproximadamente 15 % de la superficie de la RHA.

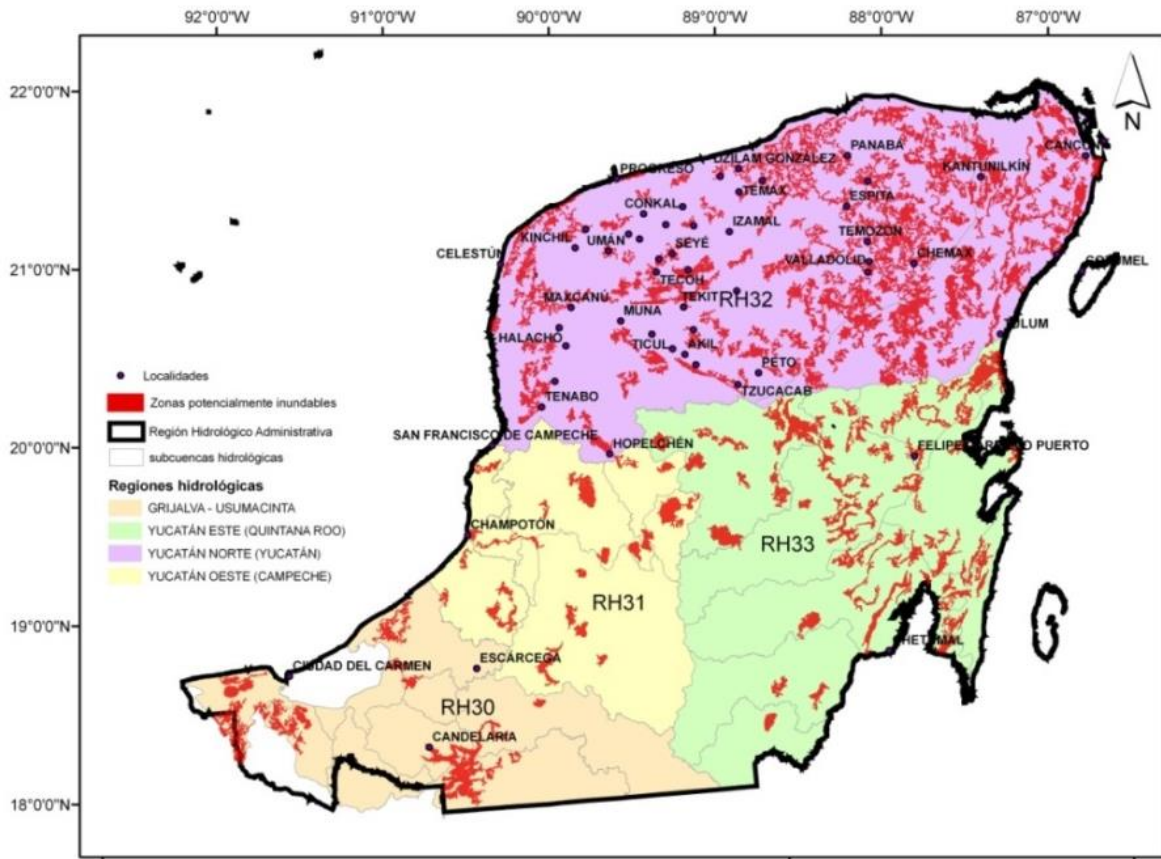
Tabla 4.13. Áreas potencialmente inundables de las regiones hidrológicas

Región hidrológica	Cuenca hidrológica	Área de la cuenca (Km ²)	Área potencialmente inundable (Km ²)	%
Grijalva - Usumacinta	L. de Términos	21,022.25	1,878.12	1.61
Yucatán Norte (Yucatán)	Quintana Roo	14,252.39	4,355.74	3.74
	Yucatán	41,900.06	8,909.45	7.66
	Sub-total	56,152.45	13,265.19	11.40
Yucatán Este (Quintana Roo)	Cuencas Cerradas	18,170.81	2,729.30	2.35
	Bahía de Chetumal y Otras	20,727.60	1,748.83	1.50
	Sub-total	38,898.41	4,478.12	3.85
Yucatán Oeste (Campeche)	Cuencas Cerradas	10,709.30	533.82	0.46
	R. Champotón y Otros	10,615.96	863.24	0.74
	Sub-total	21,325.26	1,397.06	1.20
Total general		116,376.12	21,018.49	18.06

Fuente: Agroasemex S. A. 2010



Figura. 4.8 Zonas potencialmente inundables



Fuente: Agroasemex S. A, 2010

4.5.1 Índice de vulnerabilidad

Desde el punto de vista hídrico, la península de Yucatán tiene una vulnerabilidad alta debido a que se encuentra expuesta al embate periódico de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Debido a lo anterior es importante tener una idea sobre la respuesta que podría tener la población ante dichos eventos, considerando la condición socioeconómica en la que se encuentra (la que la hace más o menos vulnerable), por lo que se debe estimar un índice de vulnerabilidad que permita, con base en ello, establecer los planes de emergencia, sistemas de alerta temprana y medidas necesarias para proteger en primera instancia a los más desprotegidos.

Para calcular la vulnerabilidad de la población ante el fenómeno de inundación se deben considerar diversos factores económicos,

sociales, el grado de conectividad de la zona y las condiciones materiales del lugar que se habita.

$$\begin{aligned}
 I_{Vul} = & I_{Pei}_i + I_{Vph_S_Serv}_i \\
 & + I_{Vph_PisoTi}_i \\
 & + I_{P_0a5_60yMa}_i \\
 & + I_{GraProNoEs}_i \\
 & + I_{PSinDer}_i \\
 & + I_{Vph_SinBien}_i \\
 & + I_{PCon_Lim}_i
 \end{aligned}$$

Donde:

I_{VUL} = índice de vulnerabilidad

I_{PEI} = índice de población económicamente inactiva.

$I_{VPH_S_SERV}$ = Índice de viviendas particulares habitadas que no tienen luz eléctrica, agua entubada dentro o fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, así como drenaje.

I_{VPH_PISOTI} = Índice de viviendas particulares habitadas con piso de tierra.

I_P_OA4_60YMAS = Índice de población menor a 5 años y mayor a 60 años.

I_GRADOPRONOES = Índice del grado promedio de no escolaridad en un rango de 0 a 1.

I_VPH_SINBIEN = Índice de viviendas particulares habitadas que no disponen de radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular ni internet.

I_PCON_LIM = Índice de personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana.

Nota: el índice de cada variable se divide entre nueve por ser este el número de variables y asignarles el mismo peso a cada una. Los índices oscilan en un rango de 0 a 1.

Para equilibrar el grado de importancia de cada una de las variables que determinan el índice de vulnerabilidad con respecto a las otras, se les asigna un valor que de más peso a las condiciones físicas o limitaciones que pueden existir en la población, para ello se utilizaron los valores mostrados en la tabla.



Tabla 4.14 Asignación de pesos a los índices para el cálculo de la vulnerabilidad

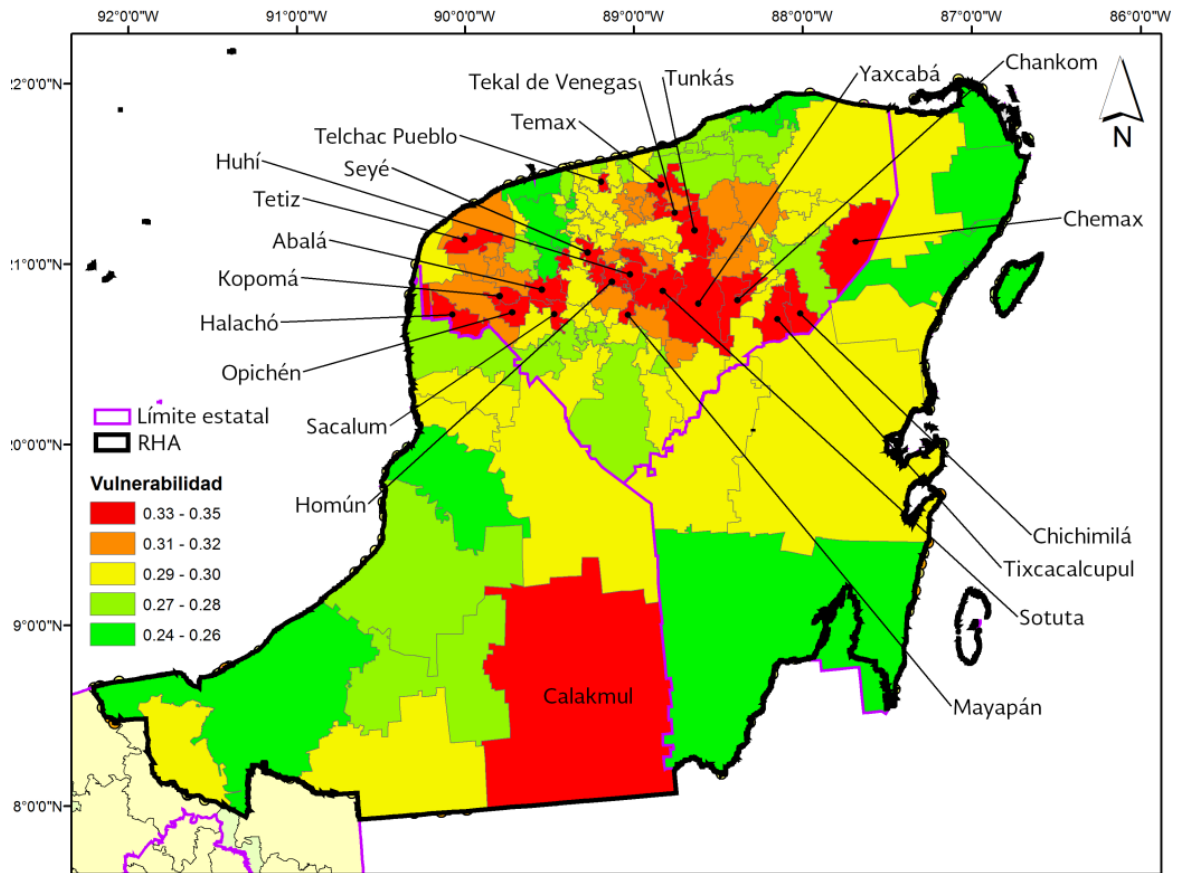
Índice	Peso asignando
I_P_OA4_60YMAS	0.18
I_PCON_LIM	0.2
I_GRADOPRONOES	0.09
I_PEI	0.14
I_PSINDER	0.14
I_VPH_PISOTI	0.08
I_VPH_S_SERV	0.08
I_VPH_SNBIEN	0.09

Fuente: IMTA, 2013.

Índice de vulnerabilidad social

Haciendo un análisis nacional se definieron los niveles de vulnerabilidad en bajos (0-0.25), media (>0.25 y <=0.35), alta (>0.35 y <=0.45) y muy alta (>0.45); la RHA 12 presenta vulnerabilidad social media y baja, debido a que el índice estimado a nivel municipal no rebasa los 0.35. Los municipios que presentan un mayor índice de vulnerabilidad con respecto a la región, en su mayoría están ubicados en el estado de Yucatán.

Figura. 4.9 Municipios que presentan mayor vulnerabilidad social, análisis regional

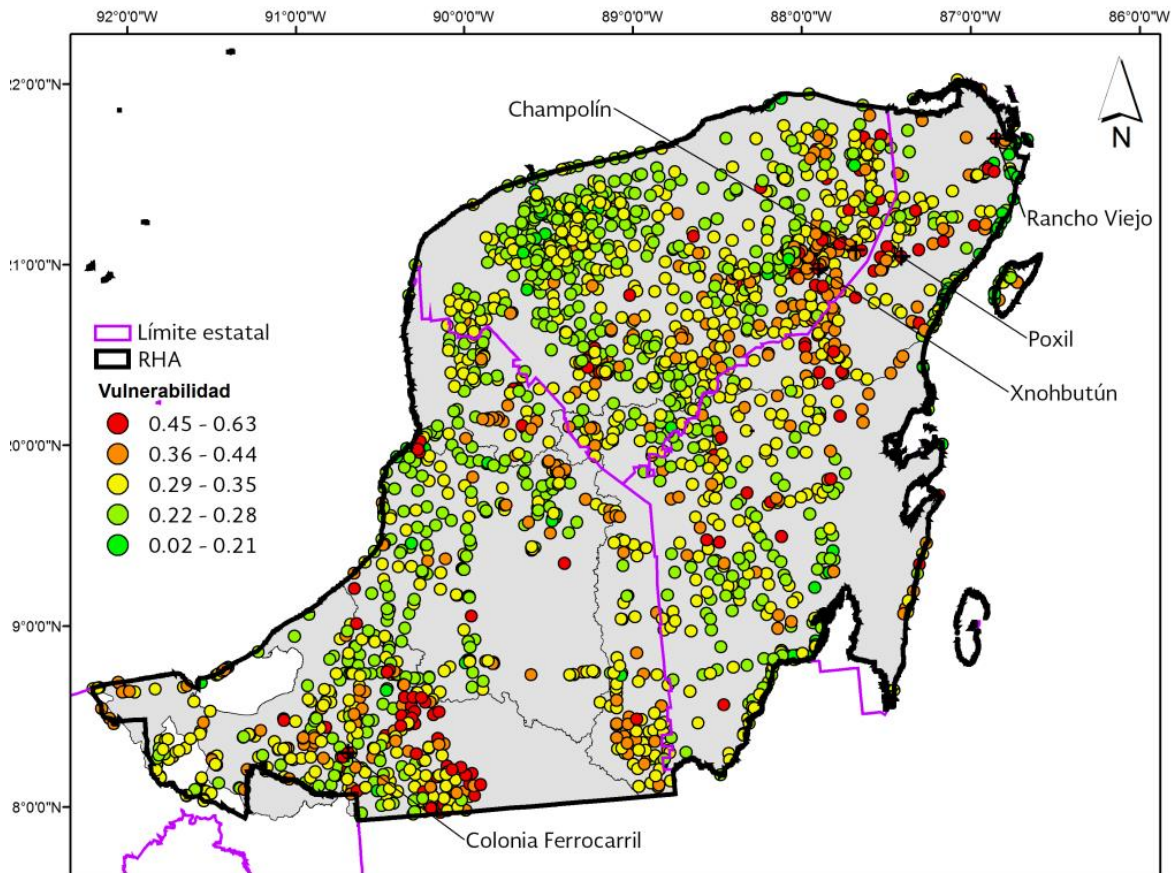


Fuente: IMTA, 2013. Elaborado con información de INEGI 2010 e INE 2010

A nivel localidad, la vulnerabilidad social se encuentra en un rango de 0.02 a 0.63, la población más vulnerable en caso de que se presente este fenómeno está ubicada al sur de Campeche y al norte de Yucatán, siendo 5 localidades las que presentan una vulnerabilidad muy alta con respecto al rango nacional.

Como puede observarse en el mapa, existen pocas localidades altamente vulnerables socialmente a fenómenos hidrometeorológicos, sin embargo, existe un nivel de vulnerabilidad que hay que considerar en el momento de identificar y/o proponer las medidas.

Figura. 4.10 Índice de vulnerabilidad a nivel localidad



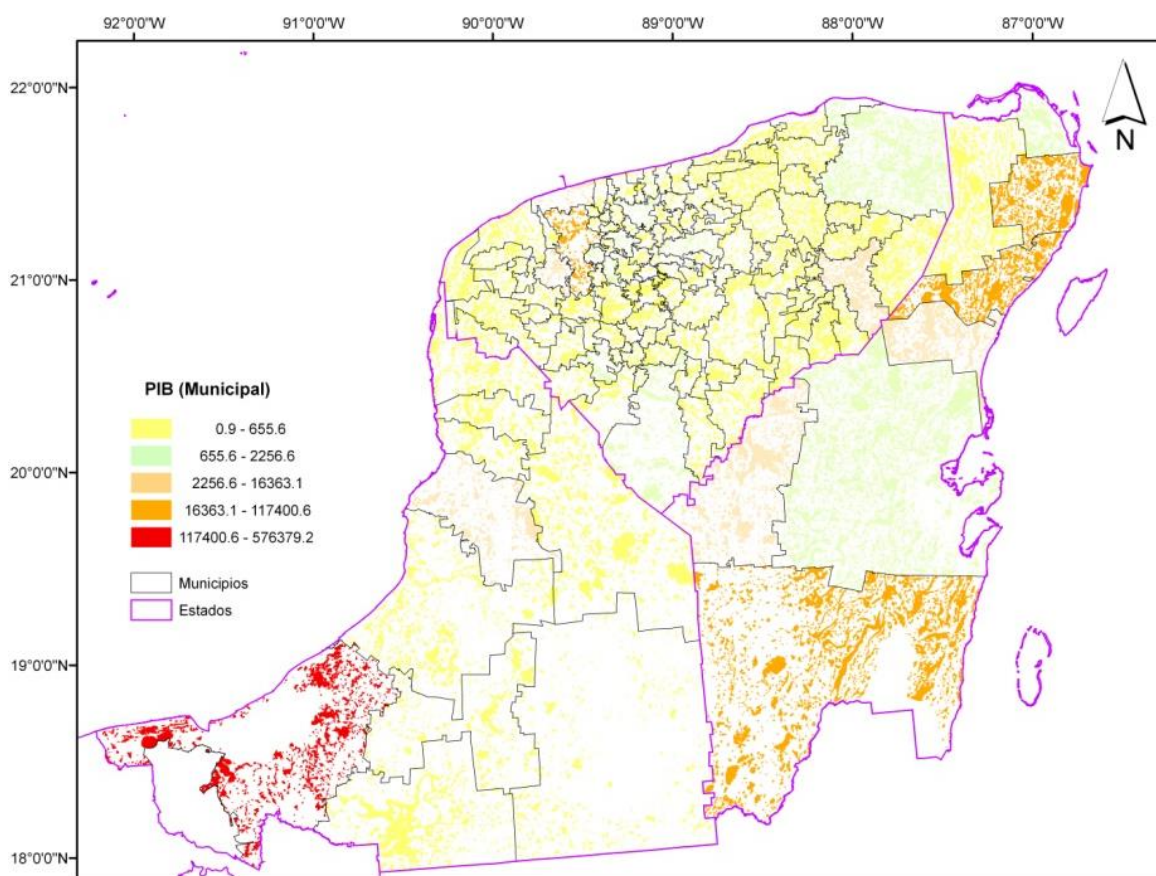
Fuente: Elaborado con información de INEGI 2010 e INE 2010. IMTA 2013

4.5.2 Valor del Producto Interno Bruto (PIB) en zonas inundables

El producto interno bruto (PIB) es una medida económica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un periodo de tiempo, generalmente un año.

El PIB es usado como una medida del bienestar material de una sociedad y es objeto de estudio de la economía. El PIB más alto está en la zona suroeste de la Península de Yucatán, que se refiere a la zona aledaña a la Laguna de Términos y en Ciudad del Carmen. Otros valores altos del PIB se ven reflejados en las zonas turísticas de la región.

Figura. 4.11 Zonas inundables con su respectivo valor de PIB



Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua 2012 e INEGI 2010

Tabla 4.15. Valor del PIB en municipios con áreas de más del 30% de inundación

Municipio	Población	Estado	PIB (millones de pesos)	% de zona inundable
Benito Juárez	661176	Quintana Roo	82,425.18	0.36
Solidaridad	159310	Quintana Roo	27,828.83	0.36
Tulum	28263	Quintana Roo	5,305.81	0.36
Valladolid	74217	Yucatán	3,218.59	0.51
Tizimín	73138	Yucatán	2,256.63	0.33
Isla Mujeres	16203	Quintana Roo	1,787.15	0.33
Ticul	37685	Yucatán	1,544.53	0.32
Acanceh	15337	Yucatán	1,497.36	0.38
Maxcanú	21704	Yucatán	515.02	0.31
Celestún	6831	Yucatán	485.04	0.48
Baca	5701	Yucatán	444.41	0.31
Centla	102110	Tabasco	437.01	0.48
Dzilam de Bravo	2463	Yucatán	309.70	0.32
Lázaro Cárdenas	25333	Quintana Roo	296.66	0.31
Temozón	14801	Yucatán	267.57	0.51
Tekit	9884	Yucatán	264.49	0.37
Muna	12336	Yucatán	216.51	0.31
Tinum	11421	Yucatán	208.90	0.37
Akil	10362	Yucatán	192.65	0.34
Chemax	33490	Yucatán	115.25	0.43

Municipio	Población	Estado	PIB (millones de pesos)	% de zona inundable
Espita	15571	Yucatán	111.90	0.39
Conkal	9143	Yucatán	110.26	0.33
Tecoh	16200	Yucatán	108.35	0.52
Buctzotz	8637	Yucatán	105.80	0.51
Abalá	6356	Yucatán	64.84	0.46
Seyé	9276	Yucatán	64.24	0.33
Sucilá	3930	Yucatán	60.74	0.46
Dzilam González	5905	Yucatán	55.48	0.52
Dzán	4941	Yucatán	52.79	0.36
Homún	7257	Yucatán	52.77	0.52
Teabo	6205	Yucatán	50.57	0.43
Panabá	7461	Yucatán	50.54	0.38
Maní	5250	Yucatán	47.20	0.33
Telchac Pueblo	3557	Yucatán	47.04	0.39
Huhí	4841	Yucatán	44.95	0.34
Tekantó	3683	Yucatán	39.41	0.34
Calotmul	4095	Yucatán	29.63	0.55
Tetiz	4725	Yucatán	28.15	0.32
Cenotillo	3701	Yucatán	27.92	0.32
Tekom	3100	Yucatán	26.98	0.49
Mayapán	3269	Yucatán	25.59	0.42
Kantunil	5502	Yucatán	23.79	0.31
Cuzamá	4966	Yucatán	22.89	0.56
Uayma	3782	Yucatán	22.12	0.46
Tahmek	3609	Yucatán	21.61	0.36
Dzitás	3540	Yucatán	21.01	0.42
Tahdziú	4447	Yucatán	20.40	0.45
Palizada	8352	Campeche	18.23	0.36
Chicxulub Pueblo	4113	Yucatán	17.12	0.35
Chichimilá	7952	Yucatán	15.97	0.40
Cuncunul	1595	Yucatán	14.90	0.37
Tekal de Venegas	2606	Yucatán	13.02	0.34
Chacsinkín	2818	Yucatán	10.50	0.39
Chapab	3035	Yucatán	9.60	0.38
Kaua	2761	Yucatán	8.50	0.45
Timucuy	6833	Yucatán	7.80	0.32
Tixcacalcupul	6665	Yucatán	7.21	0.61
Teya	1977	Yucatán	5.21	0.32
Chikindzonot	4162	Yucatán	4.90	0.43
Sanahcat	1619	Yucatán	3.93	0.67
Chankom	4464	Yucatán	0.86	0.35

Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua 2012 e INEGI 2010

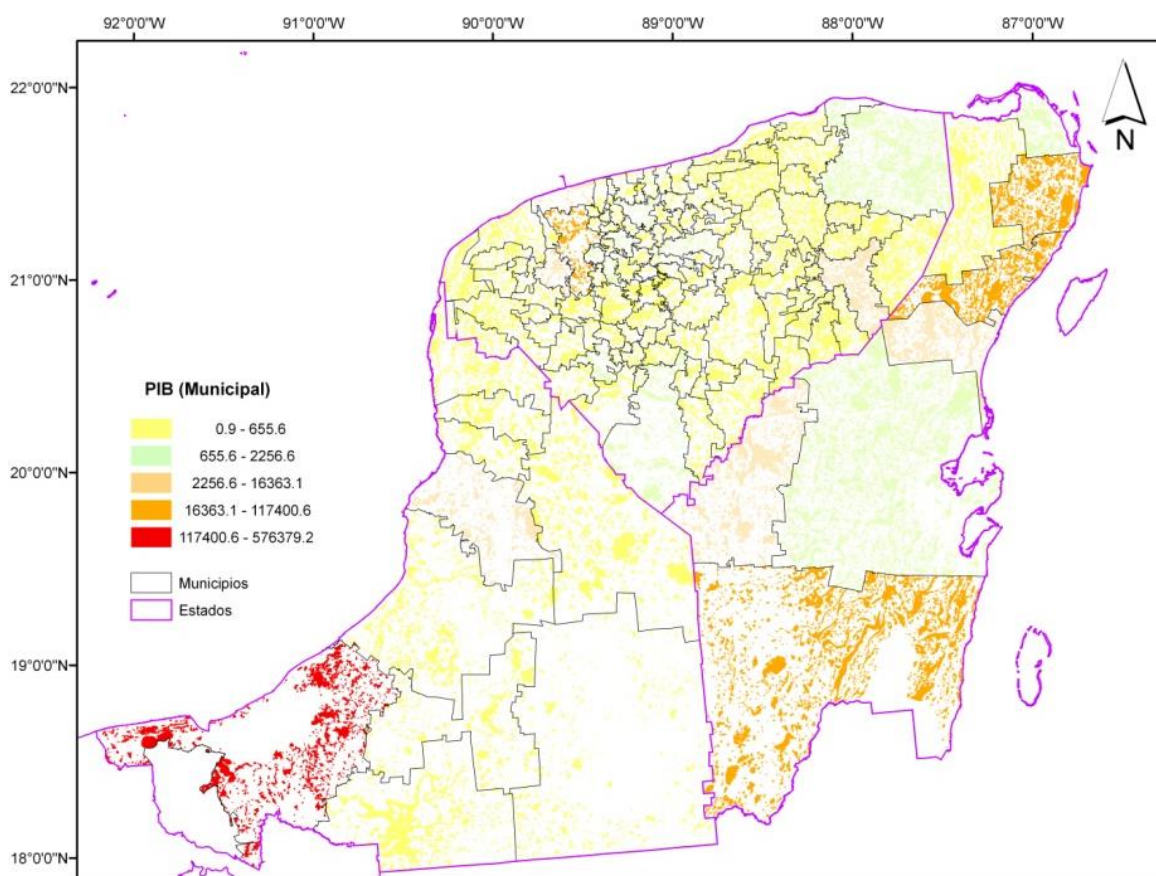
4.5.3 Zonas inundables con su respectivo valor de PIB

Por otro lado, es importante tomar en cuenta la actividad productiva de la región, esto con el objetivo de realizar un análisis de las afectaciones que pueden darse a la economía de la zona en caso de que se presente

una inundación en alguna que genere un valor agregado a la economía de la región.

Como puede observarse en la imagen y en la tabla, en la región se ubican 61 municipios que presentan más del 30 % de área inundable y que tienen alta productividad para la región.

Figura. 4.12 Zonas inundables con su respectivo valor de PIB



Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua 2012 e INEGI 2010

Tabla 4.16. Valor del PIB en municipios con áreas de más del 30% de inundación, Yucatán

No.	Municipio	Población	PIB	% de zona inundable
1	Valladolid	74,217	3,218.59	0.51
2	Tizimín	73,138	2,256.63	0.33
3	Ticul	37,685	1,544.53	0.32
4	Acanceh	15,337	1,497.36	0.38
5	Maxcanú	21,704	515.02	0.31
6	Celestún	6,831	485.04	0.48
7	Baca	5,701	444.41	0.31
8	Dzilam de Bravo	2,463	309.70	0.32
9	Temozón	14,801	267.57	0.51
10	Tekit	9,884	264.49	0.37
11	Muna	12,336	216.51	0.31
12	Tinum	11,421	208.90	0.37
13	Akil	10,362	192.65	0.34
14	Chemax	33,490	115.25	0.43
15	Éspita	15,571	111.90	0.39
16	Conkal	9,143	110.26	0.33
17	Tecoh	16,200	108.35	0.52
18	Buctzotz	8,637	105.80	0.51
19	Abalá	6,356	64.84	0.46

No.	Municipio	Población	PIB	% de zona inundable
20	Seyé	9,276	64.24	0.33
21	Sucilá	3,930	60.74	0.46
22	Dzilam González	5,905	55.48	0.52
23	Dzán	4,941	52.79	0.36
24	Homún	7,257	52.77	0.52
25	Teabo	6,205	50.57	0.43
26	Panabá	7,461	50.54	0.38
27	Maní	5,250	47.20	0.33
28	Telchac Pueblo	3,557	47.04	0.39
29	Huhí	4,841	44.95	0.34
30	Tekantó	3,683	39.41	0.34
31	Calotmul	4,095	29.63	0.55
32	Tetiz	4,725	28.15	0.32
33	Cenotillo	3,701	27.92	0.32
34	Tekom	3,100	26.98	0.49
35	Mayapán	3,269	25.59	0.42
36	Kantunil	5,502	23.79	0.31
37	Cuzamá	4,966	22.89	0.56
38	Jayma	3,782	22.12	0.46
39	Tahmek	3,609	21.61	0.36
40	Dzitás	3,540	21.01	0.42
41	Tahdziú	4,447	20.40	0.45
42	Chicxulub Pueblo	4,113	17.12	0.35
43	Chichimilá	7,952	15.97	0.4
44	Cuncunul	1,595	14.90	0.37
45	Tekal de Venegas	2,606	13.02	0.34
46	Chacsinkín	2,818	10.50	0.39
47	Chapab	3,035	9.60	0.38
48	Kaua	2,761	8.50	0.45
49	Timucuy	6,833	7.80	0.32
50	Tixcacalcupul	6,665	7.21	0.61
51	Teya	1,977	5.21	0.32
52	Chikindzonot	4,162	4.90	0.43
53	Sanahcat	1,619	3.93	0.67
54	Chankom	4,464	0.86	0.35

Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua 2012 e INEGI 2010

4.6 Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la atención de emergencias por fenómenos hidrometeorológicos.

La adopción de un enfoque que enfatiza la prevención, la mitigación del riesgo y reducción de daños, exige la participación de una amplitud de actores en el proceso de la comunicación. En el caso de la región se cuenta con diferentes actores organizados en niveles:

- Organismos gubernamentales
- Instituciones científicas y académicas
- Medios de comunicación
- Organizaciones civiles
- Sector privado
- Población

Organismos gubernamentales

Bajo la óptica del manejo integral de riesgos se identificaron los organismos gubernamentales de los diferentes órdenes de gobierno que están involucrados o pueden jugar un papel en el proceso de comunicación. La importancia de los diferentes actores puede

variar en las diversas fases del manejo integral del riesgo hídrico (MIRH) de acuerdo a sus responsabilidades, atribuciones y capacidades.

Estas instituciones cuentan con el equipo, la tecnología y los recursos humanos, financieros y materiales para generar información crucial para prevenir y disminuir los riesgos por contingencias hídricas. Son, además, los principales responsables del manejo integral de riesgos en los diversos órdenes de gobierno.

A nivel federal las principales instituciones son las siguientes:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Es la cabeza de sector en materia ambiental incluyendo el manejo y administración de los recursos hídricos a nivel federal. Las instancias más relevantes relacionadas con el MIRH son:

- ✓ *Comisión Nacional del Agua.* Órgano desconcentrado de la SEMARNAT con importantes responsabilidades en materia de riesgos hidrometeorológicos.
- ✓ *Unidad de Servicio Meteorológico Nacional (USMN).* Depende de la Conagua, a cargo del Servicio Meteorológico Nacional responsable de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local. Mantiene informado al Sistema de Protección Civil de las condiciones meteorológicas que pueden afectar a la población y sus actividades económicas. Realiza estudios climatológicos y es responsable del Banco Nacional de Datos Climatológicos.
- ✓ *Organismos de Cuenca de la Península de Yucatán.* Los organismos de cuenca y las direcciones locales son los responsables de administrar y preservar las aguas nacionales en sus regiones hidrológicas-administrativas, cuenta cada uno con un Director General, un Consejo Consultivo y un Consejo de Cuenca. Los organismos de cuenca serán los responsables de la instrumentación de los Programas Re-

gionales de Prevención de Contingencia Hídrica.

- ✓ *El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.* El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) es un organismo público descentralizado de la SEMARNAT que enfrenta los retos nacionales y regionales asociados con el manejo del agua, y perfila nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo tecnológicos para proteger el recurso y asignarlo de manera eficiente y equitativa entre los distintos usuarios.

Secretaría de Gobernación. Es la cabeza de sector en materia de protección civil. Coordina las acciones de las instituciones públicas que integran el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). El Secretario de la SEGOB, junto con el Presidente, está por ley autorizado para determinar si una situación puede ser considerada como emergencia o desastre:

- ✓ *Coordinación General de Protección Civil (CGPC).* Es la oficina que coordina el SINAPROC. Es responsable de la elaboración de programas de protección civil a nivel federal, estatal y municipal y de la coordinación interinstitucional de respuestas en caso de emergencia y desastre.
- ✓ *El Fondo Nacional de Desastres (FONDEN).* Canaliza recursos necesarios a las zonas y poblaciones afectadas durante la etapa de emergencia y después de ocurrido el desastre, siempre y cuando el estado afectado no tenga la capacidad financiera ni operativa para responder de manera adecuada. El FONDEN analiza y evalúa las solicitudes de declaratoria de emergencia y de desastre emitidas por los gobiernos de los estados y determina la distribución de fondos a los sectores más afectados de acuerdo a las reglas de operación de dicho fondo.
- ✓ *El Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEM).* Tiene

como finalidad financiar proyectos preventivos enfocados a la reducción de riesgos hídricos. Los fondos se operan a través de sub-cuentas específicas mediante un *Fideicomiso Preventivo de Desastres Naturales (FIPREDEM)*

- ✓ *Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)*. Es un centro de investigación científica y tecnológica. Contribuye a la prevención de los desastres a través de la producción de conocimiento científico y técnico; asimismo, realiza tareas de alertamiento y fomento de una cultura de autoprotección.

La Secretaría de la Defensa Nacional. Es parte del SINAPROC y tiene un papel importante en casos de desastre a través de:

- ✓ *Fuerza de Apoyo para Casos de Desastre*. Opera el Plan DNIII-E que consiste en actividades de preparación para reaccionar en forma oportuna y controlar el riesgo de desastres, apoya en el alertamiento a la población, contribuye en tareas de evacuación, rescate, refugios temporales, aprovisionamiento y en la rehabilitación de los caminos y recuperación de los servicios básicos de salud, luz y agua.

El Sistema Nacional de Protección Civil. Es una figura de coordinación interinstitucional con la concurrencia de los tres órdenes de gobierno, la sociedad civil y las comunidades. La organización de este Sistema está basada en un Consejo Nacional de Protección Civil que integran el Presidente de la República, los representantes de las dependencias, organismos e instituciones de la Administración Pública Federal, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, y los grupos voluntarios, así como los sistemas de protección civil de las entidades federativas, el Distrito Federal, los municipios y las delegaciones políticas.

Gobiernos Estatales y Municipales. A nivel de los estados y municipios existen también un conjunto de instituciones responsables de la

gestión de los recursos hídricos, incluyendo el manejo integral de riesgos con instancias estatales responsables de la protección civil. Destacan:

- ✓ Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil
- ✓ Coordinaciones Estatales y Coordinaciones Municipales de Protección Civil con formas de organización y coordinación similar a las nacionales.
- ✓ Sistemas Estatales de Protección Civil (integrados de manera interinstitucional).

Otras instituciones gubernamentales. Hay instituciones de gobierno que cuentan con instancias y programas para prevenir, reducir y/o mitigar los riesgos y contingencias hídricas, muchas de ellas integradas en el SINAPROC. Sus acciones van desde el monitoreo del clima, la formulación de mapas de riesgo para zonas y sectores específicos, hasta programas para la recuperación productiva, medidas estructurales en la gestión de cuencas, el aseguramiento de cosechas y la remodelación y reubicación de viviendas y asentamientos humanos, atención a problemas sanitarios, entre otras. Entre las instituciones que cuentan con áreas o programas específicos en materia de gestión integral de riesgos hídricos se encuentran:

- ✓ Secretaría de Desarrollo Social
- ✓ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- ✓ Comisión Nacional Forestal de la SEMARNAT
- ✓ Secretaría de Salud
- ✓ Secretaría de Economía
- ✓ Nacional Financiera
- ✓ Instituto Mexicano del Transporte (dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes).

Grupos de trabajo o subprogramas estatales

En caso de una situación de emergencia ocasionada por un ente perturbador, las demás instancias de gobierno estatal y municipal, deberán cumplir con las disposi-

ciones ordenadas por el Centro Estatal de Emergencias para la atención de la contingencia y auxilio a la población. El Titular del Consejo Estatal de Emergencias será designado por el Gobernador del Estado.

Existen grupos de trabajo o programas que actúan de acuerdo al evento y a la

alarma emitida. Para el caso de la Región de la Península de Yucatán, los grupos de trabajo así como los responsables de dirigir los mismos por estado se presentan en la Tabla 4.19.

Tabla 4.17 Grupos de trabajo por estado en caso de presentarse situaciones de emergencia

Grupos de trabajo o sub-programas estatales	Campeche	Yucatán	Quintana Roo
	Responsables	Responsables	Responsables
A. Coordinación General de Emergencias (Administración de la Emergencia)	CENECAM	Unidad estatal de protección civil	Dirección estatal de protección civil
B. Rescate y Salvamento (Auxilio)	Bomberos, Seguridad pública, Marina, Ejército	Bomberos, Seguridad pública, Marina, Ejército	Bomberos, Seguridad pública, Marina, Ejército
C. Atención hospitalaria y salud	Secretaría de Salud	Secretaría de Salud	Secretaría de Salud
D. Refugios temporales y servicios asistenciales	CENECAM, Secretaría de Educación (SE), Marina (apoyo)	Secretaría de Educación Estatal	Sistema Estatal de Protección Civil y 34 zona militar
E. Detección y evaluación de daños o pérdidas	Centro Estatal de Emergencias y representantes federales (Conagua y CAPAE, Secretaría Desarrollo Rural (SDR))	Representantes federales JAPAY, Conagua y SDR)	Representantes federales Conagua y CAPA y SEDARI (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural e indígena)
F. Rehabilitación y restablecimiento (Recuperación)	Centro Estatal de Emergencias y representantes federales (Conagua y CAPAE, Secretaría Desarrollo Rural (SDR))	Representantes federales JAPAY, Conagua y SDR)	Representantes federales Conagua y CAPA y SEDARI (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural e indígena)
G. Seguridad y vialidad	Secretaría de Seguridad pública (seguridad y vialidad) y policía estatal y federal (caminos), SEDENA y SEMAR	Secretaría de Seguridad pública (seguridad y vialidad) y policía estatal y federal (caminos), SEDENA y SEMAR	Secretaría de Seguridad pública (seguridad y vialidad) y policía estatal y federal (caminos), SEDENA y SEMAR
H. Adquisiciones de emergencia	Centro Estatal de Emergencias y representantes federales (Conagua y CAPAE, Secretaría Desarrollo Rural (SDR), CENECAM	Representantes federales JAPAY, Conagua y SDR), Todas las Secretarías	Representantes federales (Conagua y CAPA y SEDARI) Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural e indígena), Todas las Secretarías
I. Abasto	DIF, LICONSA	DIF, LICONSA	DIF, LICONSA
J. Donaciones	Cruz Roja y Asociaciones Civiles (ONG)	Cruz Roja y Asociaciones Civiles,	Cruz Roja y Asociaciones Civiles,
K. Comunicación Social	Área de Comunicación Social del Estado, CENECAM, Conagua	Área de Comunicación Social del Estado	Área de Comunicación Social del Estado

Grupos de trabajo o sub-programas estatales	Campeche	Yucatán	Quintana Roo
	Responsables	Responsables	Responsables
L. Apoyo Jurídico	Subdirección Jurídica de la Conagua, Área Jurídica del Gobierno del Estado	Dirección de Asuntos Jurídicos de la Conagua, Área Jurídica del Gobierno del Estado	Unidad Jurídica de la Conagua, Área Jurídica del Gobierno del Estado
M. Sistemas Informáticos	Gobierno en los tres niveles	Gobierno en los tres niveles	Gobierno en los tres niveles
N. De reconstrucción (Recuperación)	Centro Estatal de Emergencias y representantes federales (Conagua y CAPAE, Secretaría Desarrollo Rural (SDR)	Representantes federales JAPAY, Conagua y SDR)	Representantes federales (Conagua y CAPA y SEDARI) Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Rural e indígena)
O. Prevención y Gestión de riesgos	Municipios y Estado	Municipios y Estado	Municipios y Estado
P. Aprendizaje	Gobierno en los tres niveles y sociedad	Gobierno en los tres niveles y sociedad	Gobierno en los tres niveles y sociedad
Q. Investigación	Academia e Instituciones	Academia e Instituciones	Academia e Instituciones

Fuente: Conagua. Organismo de Cuenca Península de Yucatán, 2013.

Actualmente se tienen identificados algunos problemas en cuanto a la ejecución y seguimiento de dichos programas en las diferentes entidades:

- Falta de continuidad de los programas de capacitación y actualización por cambio total del personal cada tres años ante los cambios de autoridades municipales y cada seis años ante los cambios estatales y federales.
- Los municipios no cuentan con los recursos humanos ni materiales para responder ante eventos meteorológicos extremos.
- Escasa respuesta a la política de prevención y gestión de riesgo.
- Los recursos estatales son asignados preferentemente con criterios partidistas y no llegan oportunamente.

4.6.1 Programa de acción de urgencias epidemiológicas y desastres.

Ante urgencias epidemiológicas y de desastre, la SSA realiza acciones encaminadas a la protección de la salud de la población por medio de la activación social y la atención

coordinada, oportuna e integral; y toma las medidas preventivas y de control pertinentes, para reducir los riesgos a la salud de la población.

Para evitar y controlar la presencia de casos y brotes epidémicos en zonas desastre, realiza lo siguiente:

- Pone en marcha los planes de intervención.
- Garantiza la atención médica gratuita, oportuna y de calidad con personal capacitado y los insumos necesarios.
- Realiza una difusión oportuna de medidas para el autocuidado de la salud de acuerdo con el evento en estudio.
- Disminuye riesgos epidemiológicos mediante la participación oportuna de grupos como las brigadas de salud.
- Apoya en acciones específicas de atención psicológica.
- Construye una plataforma para generar un cambio de actitud y comportamiento, encaminado a una nueva cultura de prevención y protección de la salud.

La secretaría de salud tiene como reto el de proporcionar atención universal y gratuita a la población afectada en las unidades de salud, refugios temporales o módulos comu-

nitarios durante la fase aguda posterior a la presencia de un desastre provocado por un fenómeno natural u ocasionado por el hombre, así como proveer de medicamentos necesarios.

Los coordinadores técnicos son los responsables de dirigir, asesorar y apoyar técnicamente a los participantes, así como promover e integrar la planeación, operación y evaluación de las tareas que se efectúan, además de la consecución de las operaciones y actividades propias de su competencia.

Los coordinadores corresponsables aportan y apoyan, sus programas, planes de emergencia y los recursos humanos y materiales, además de desarrollar sus propias actividades.

Durante la etapa de auxilio, el sector salud toma el papel de coordinador técnico en el rubro de salud, y coordinador corresponsable en la evaluación de daños; planes de emergencia; coordinación de emergencia; bús-

queda, salvamento y asistencia; servicios estratégicos, equipamiento y bienes y aprovisionamiento.

Durante la recuperación actúa como coordinador corresponsable en el componente de reconstrucción y vuelta a la normalidad.

4.6.2 Corresponsabilidad interinstitucional en la atención de emergencias por fenómenos hidrometeorológicos.

Para cada una de las etapas de la atención de emergencias por fenómenos hidrometeorológicos las dependencias de gobierno, sociedad civil y universidades tienen un papel importante que desempeñar a veces como coordinadores ejecutivos o técnicos o de responsables y corresponsables. En la siguiente tabla se muestra el papel que juega cada uno de los actores en caso de presentarse un evento de contingencia por inundaciones.

Tabla 4.18. Corresponsabilidad interinstitucional

Funciones/Dependencias	Alertamiento	Comunicación social de la emergencia	Coordinación de la emergencia	Planes de emergencia	Evacuación, búsqueda y rescate	Seguridad pública	Asistencia social y albergues	Servicios estratégicos, equipamiento y bienes	Salud pública	Aprovisionamiento	Evaluación de daños
Centro Estatal de Operaciones			R								R
Secretaría General de Gobierno	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE	CE
Coor. Gral. De Protección Civil	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT
SEDENA	Cr		Cr	Cr	R	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
Secretaría de Marina	Cr		Cr	Cr	R	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
SAGARPA			Cr	Cr	Cr			Cr			Cr
S. C. T.	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr			Cr		Cr	Cr
Capitanías de Puerto	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr						
S. E. P.				Cr	Cr		Cr				Cr
SEDESOL			Cr	Cr	Cr		Cr	CT		Cr	Cr
S. S. A.			Cr	Cr			Cr	Cr	CT	Cr	Cr
Secretaría de Energía			Cr	Cr			Cr	Cr		Cr	Cr
SECTUR				Cr	Cr		Cr				
P. F.				Cr	Cr	Cr					

Funciones/Dependencias	Alertamiento	Comunicación social de la emergencia	Coordinación de la emergencia	Planes de emergencia	Evacuación, búsqueda y rescate	Seguridad pública	Asistencia social y albergues	Servicios estratégicos, equipamiento y bienes	Salud pública	Aprovisionamiento	Evaluación de daños
I.M.S.S.				Cr			Cr		Cr	Cr	Cr
I.S.S.S.T.E.				Cr			Cr		Cr	Cr	Cr
CONAGUA	R		Cr	Cr	Cr						Cr
C.I.L.A.	Cr			Cr							
DICONSA				Cr				Cr		Cr	
SEDESOL ESTATAL			Cr	Cr	Cr		Cr	R		Cr	Cr
Secretaría de Finanzas			Cr	Cr						Cr	Cr
Secretaría de Admón.			Cr	Cr						R	Cr
Secretaría de Desarrollo Rural	Cr		Cr	Cr	Cr			Cr			Cr
SECUDE				Cr			Cr				Cr
Secretaría de Salud			Cr	Cr				Cr	R		Cr
Secretaría de Seg Pub			Cr	Cr		R				Cr	Cr
Subsecretaría de Turismo				Cr							Cr
P. G. J. E.				Cr	Cr	Cr	Cr				Cr
Coord. Gral de Com Soc.		R	Cr	Cr							
DIF			Cr	Cr			R		Cr	Cr	
PEMEX				Cr	Cr			Cr		Cr	Cr
C. F. E.				Cr	Cr			Cr			Cr
ANIQ	Cr		Cr	Cr							
A.S.A.				Cr				Cr			Cr
TELMEX				Cr				Cr			Cr
FERROMEX				Cr				Cr			Cr
Universidad				Cr			Cr			Cr	Cr
DGETI				Cr			Cr				Cr
Radio Aficionados	Cr	Cr		Cr							
Cruz Roja				Cr	Cr				Cr	Cr	
Bomberos				Cr	Cr						
Club Social				Cr			Cr				
Grupos Voluntarios				Cr			Cr			Cr	

Fuente: Coordinación General de Protección Civil, Tamaulipas, 2011. Plan de Contingencias: Temporadas de ciclones tropicales 2011.

- CE Coordinador Ejecutivo
- CT Coordinador Técnico
- R Responsable
- Cr Corresponsable

5 Evaluación De Riesgos De Inundación

En las últimas décadas la vulnerabilidad de México frente a los desastres ha propiciado impactos humanos, económicos, sociales y ambientales de enorme trascendencia para los gobiernos y las poblaciones. El cambio climático, entre otros factores, ha actuado como acelerador y amplificador de vulnerabilidades, y ha influido en la intensidad e impacto de los fenómenos extremos. Es por ello que la GASIR elabora estudios a fin de reducir sus consecuencias sobre la población, y definir acciones de mitigación y respuesta, para la preparación, planificación a mediano y largo plazo en el manejo de emergencias, así como proponer políticas públicas al respecto.

5.1 Estimación del riesgo

El término “riesgo”¹ se utiliza coloquialmente de muchas maneras y no necesariamente con un significado formal uniforme. En este manual se maneja el concepto como lo hace el Sistema Nacional de Protección Civil de México. El riesgo es la probabilidad de que una cierta magnitud de daño ocurra bajo la presencia de un peligro (o amenaza) de cierta magnitud, dada una cierta vulnerabilidad y exposición de personas, infraestructura, bienes materiales hasta actividades humanas a dicho peligro o amenaza. La vulnerabilidad es una medida del grado de daño que puede ocurrir a una persona, edificación, obra, bien mueble o inmueble o actividad humana para diversas magnitudes del peligro. La exposición es una medida del grado en el que una cierta persona, edificación, obra, bien o actividad está sujeta a la acción del peligro en términos de su ubicación en el tiempo y el espacio. Así pues, una zona es más o menos riesgosa, no solamente en términos de la frecuencia e intensidad con la que se presenten el peligro, sino también por el grado de vulnerabilidad y exposición que

los habitantes, edificaciones, obras, bienes y actividades tengan en dicha zona.

De manera general el riesgo está en función del peligro, de la vulnerabilidad y de la exposición:

$$R = f(P, V, E)$$

Donde:

R = Riesgo, magnitud de daño bajo la presencia de un peligro

P = Certeza de un peligro (amenaza), valores de 0 a 1

V = Pérdida total del bien ante el peligro ocurrido, valores de 0 a 1

E = Exposición al peligro, valores de 0 a 1

El riesgo asumido en este Programa está representado de la siguiente manera, Escuder et al (2010):

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

En donde el peligro o amenaza está en función del tirante o altura de la inundación asociado a una probabilidad de ocurrencia (inverso del periodo de retorno) y la vulnerabilidad está dada por el tipo de vivienda (bienes expuestos) y el índice de marginación de la zona inundada.

El Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) cuenta con el Sistema de Análisis y Visualización de Escenarios de Riesgo (SAVER) publicado vía web, y uno de sus módulos es el Atlas Nacional de Riesgo por Inundación en México (ANRI).

El ANRI trasladado a una plataforma para Computadora Personal (ANRI-PC) se utiliza para estimar los daños en zonas habitacionales por evento de inundación en la zona de interés. El ANRI-PC evalúa daños en una mancha de inundación bajo el supuesto de que por cada celda (pixel) de una malla (archivo raster) se tiene un mismo tirante de inundación.

¹ Manual para el control de inundaciones. Conagua, febrero de 2011.

Metodología

El proceso a seguir durante el cálculo de los daños económicos por inundación puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Delimitación de la zona de inundación.
2. Definición de la probabilidad de ocurrencia del evento (inverso del periodo de retorno) para los cuales será evaluado el daño.
3. Cálculo de los tirantes de inundación y velocidad, con base en algún modelo hidrológico-hidráulico, para cada uno de los periodos de retorno seleccionados.
4. Selección de curvas de daño (urbanas, agrícolas, etc.) mismas que relacionan tirante o duración de la inundación con los daños económicos.
5. Con base en las curvas de daño, las características socioeconómicas en la zona de estudio y el tirante alcanzado en la inundación para cada evento, se calculan los daños económicos.
6. Determinación del Daño Anual Esperado (DAE).

La estimación del riesgo en términos de daños por año resulta importante en la toma de decisiones cuando se presenta la cantidad total del daño esperada considerando más de un evento de inundación, lo que permite construir curvas de daño-probabilidad para una zona o región. De tal manera que el área total bajo la curva representa el Daño promedio Anual Esperado (DAE) por año para todos los eventos considerados, Messner et al (2007). El DAE se calcula con la fórmula (Meyer et al, 2012):

$$\overline{DAE} = \sum_i^k D_i \cdot \Delta P_i$$
$$D_i = \frac{D(P_i - 1) + D(P_i)}{2}$$
$$\Delta P_i = |P_i - P_{i-1}|$$

Donde D_i es el daño promedio de dos eventos de probabilidad de excedencia i , ΔP_i es el intervalo de probabilidad entre las probabilidades de excedencia de ambos eventos.

5.1.1 Aplicación de la metodología a nivel nacional

Para aplicar la metodología, son necesarios los siguientes insumos:

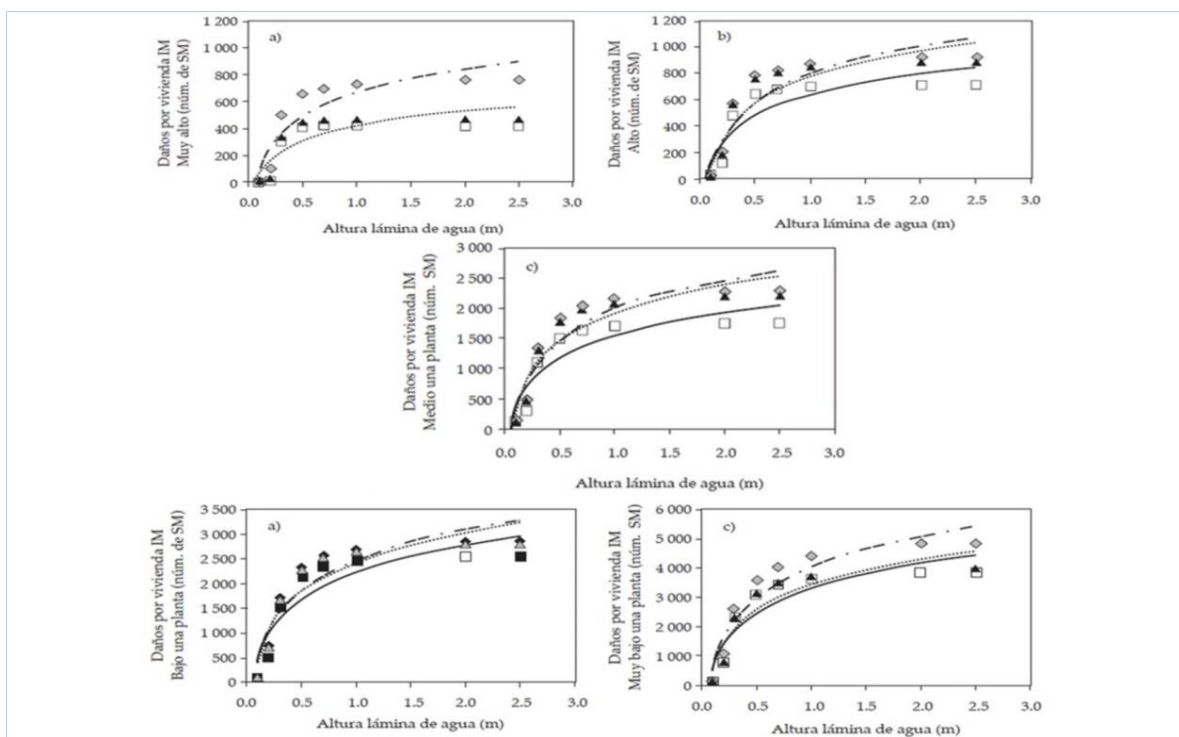
- a. Polígono que delimita la zona de inundación. Es el área donde se estimarán los daños.
- b. Modelo digital de elevaciones (MDE) usado por el ANRI-PC. Es el continuo de elevaciones escala 1:50,000 del INEGI con una resolución de 50 x 50 m y es utilizado para las zona piloto. El ANRI-PC tiene integrado el modelo SRTM (Shuttle Radar Topography) de cobertura mundial, publicado por el Instituto de Tecnología de California cuya resolución más aproximada es de 90 x 90 m y es usado para estimaciones de daños en viviendas para el modo de procesamiento por lotes.
- c. *Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB)*. Constituyen la unidad básica del Marco Geoestadístico Nacional. De las AGEB urbanas se obtiene el conjunto de índices de marginación existentes en la zona de inundación.
- d. *Tirante*, estimado con base en modelos hidrológicos-hidráulicos en formato raster para diferentes probabilidades. En particular para el nivel nacional, el tirante fue estimado a través de promedios móviles por el mismo ANRI-PC.
- e. *Curvas de daños*. Curvas que relacionan características de la inundación (por ejemplo tirante y duración) y los daños en pesos y pueden ser de tipo urbano y agrícola. En este Programa las curvas utilizadas corresponden a daños en viviendas, publicadas por Baró et al, 2007 y 2011 quien calculó el valor del daño con base en el costo de cada bien, obteniendo así el valor en pesos de los daños económicos para cada altura de lámina de agua alcanzada y para cada una de las AGEB presentes en la zona de inundación.

Estos daños totales se convirtieron en número de salarios mínimos, lo que permite que las curvas generadas no pierdan validez con

el tiempo, ya que al actualizar el salario mínimo, también se actualizan las curvas. Baró et al, 2007 y 2011, además generó ocho tipos de curvas en función del índice de marginación, donde el eje horizontal corresponde a valores de altura de lámina de agua (tirante) en metros y el eje vertical a los

daños económicos en unidades de número de salarios mínimos. El ANRI-PC maneja cinco de las ocho curvas tipo arriba citadas y corresponden a: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo nivel de marginación (Figura 5.1).

Figura. 5.1 Curvas tipo de daños en zonas habitacionales



Fuente: Baró et al, 2007

Cálculo de los daños económicos

Con base en la previa definición del riesgo, éste fue calculado a través del ANRI-PC con base en los insumos anteriores.

En el caso de las curvas de daño, estas pueden ser expresadas de manera matemática con la siguiente ecuación:

$$\text{No. SMG} = a \cdot \ln(h) + b$$

Donde:

- No. SMG Es el número de salarios mínimos generales
- h Es el valor de la lámina de agua (tirante)
- a y b Constantes que dependen del índice de marginación

De manera que el valor monetario o daño para cada una de las viviendas en la zona de inundación, es el número de salarios mínimos multiplicado por el valor actual del salario mínimo.

Para el cálculo de daños a nivel nacional se realizaron los siguientes procesos:

- De los polígonos de inundación asociados a un período de retorno de 40 años, procedentes de Agroasemex se llevó a cabo la selección de polígonos, descartando aquellos que no cruzaran con AGEBS ni con áreas agrícolas.
- Se estimó para cada polígono una altura de agua (tirante), utilizando el MDE del terreno y el método de pro-

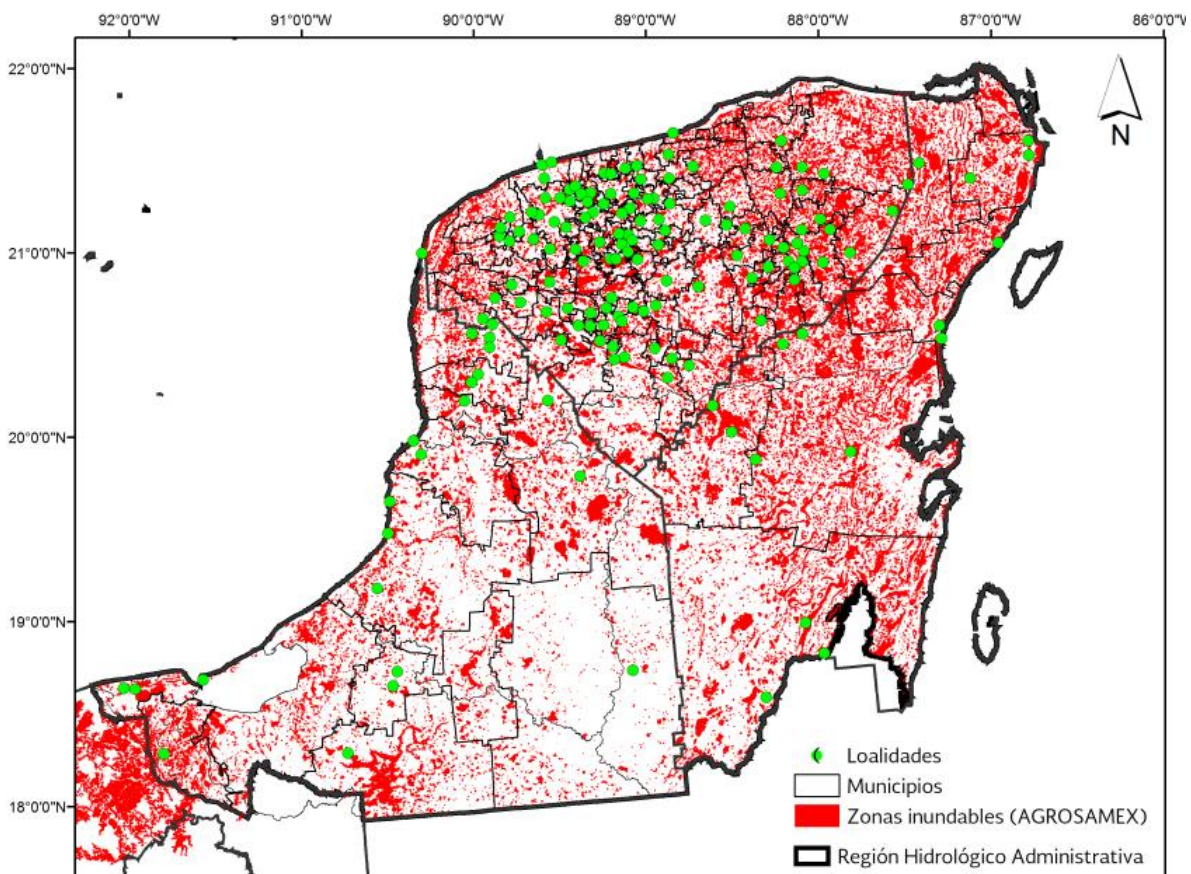
medios móviles para asignarle a cada celda del raster un valor de tirante, restando ambas cotas de elevación. Este proceso fue realizado en procesamiento "batch".

Del cálculo nacional se obtuvo el daño total para la República Mexicana por un monto de \$179,334 millones, del cual el daño total para la Península de Yucatán es de 6,800 millones de pesos.

Tabla 5.1. Daños económicos en la Península de Yucatán

Estado	Viviendas	Población	Costo Mínimo (\$)	Costo Máximo (\$)	Costo Probable (\$)
Campeche	12,593	50,143	458,718,117.08	563,085,722.23	523,802,597.48
Quintana Roo	66,813	262,799	2,877,988,359.86	3,534,097,184.85	3,219,247,500.87
Yucatán	65,729	278,088	2,805,448,123.04	3,538,474,606.19	3,057,508,086.79
Total general	145,135.49	591,030.86	6,142,154,599.98	7,635,657,513.28	6,800,558,185.14

Figura. 5.2 AGEB y Zona inundables de Agrosemex



A continuación se muestra la caracterización y diagnóstico de la zona piloto definida para la región así como la metodología seguida para estimar el daño en zonas habitacionales por período de retorno de una zona de inundación y su Daño Anual Esperado (DAE).

5.2 Cuenca piloto, Río Palizada

La cuenca del *Río Palizada* pertenece a la región hidrológica No. 30 Río Usumacinta y su caudal descarga en la cuenca Laguna del Este. Esta cuenca tiene una superficie de aportación de 1,272.683 kilómetros cua-

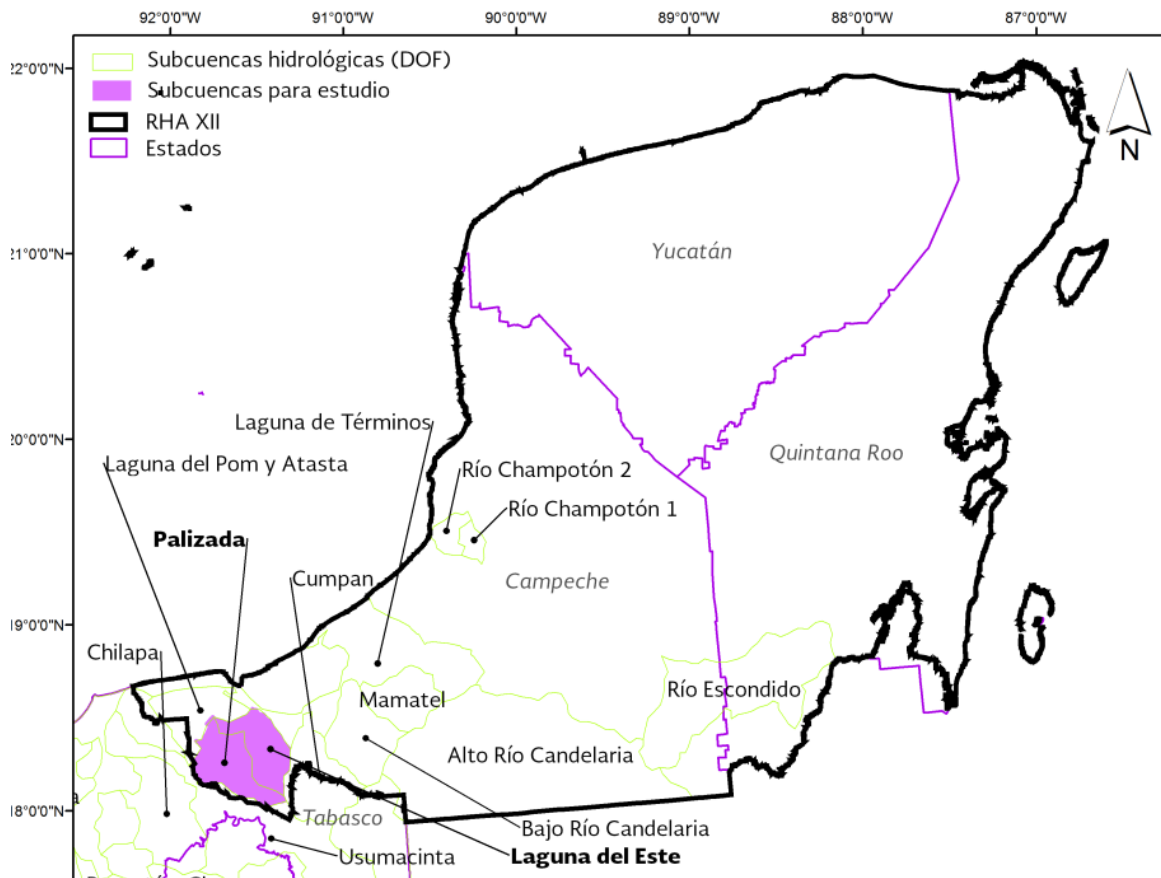
drados y se ubica al sureste del país, originándose en el estado de Campeche, siendo su afluente el Río Palizada y desembocando en la Laguna Las Cruces.

La cuenca *Laguna del Este* pertenece a la región hidrológica No. 30 Río Usumacinta y aporta su caudal al mar, tiene una superficie de aportación de 1,099.314 kilómetros

cuadrados y se ubica al sureste del país, originándose en la localidad de Huapanapa, Campeche, y desembocando en la Laguna del Este.

El polígono correspondiente a la zona piloto del Río Palizada tiene un área aproximada de 2,367.16 km² y queda comprendido en la cuenca hidrológica Laguna de Términos.

Figura. 5.3 Ubicación de la zona de estudio

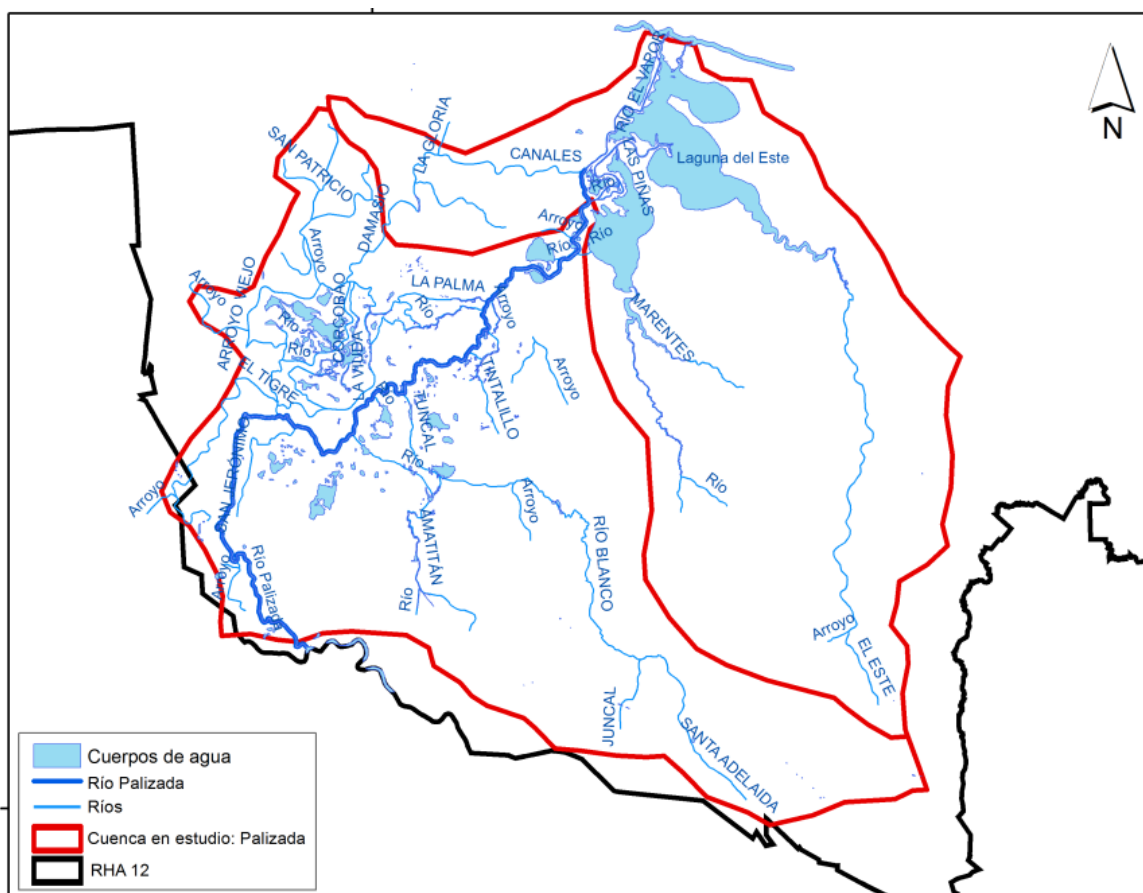


Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2009

El Río Palizada es el principal afluente de la zona, se origina en la Boca de Amatitán cerca de Jonuta en el estado de Tabasco, presenta un recorrido sinuoso; corre a través de un terreno aluvial arcillo-arenoso, bajo y pantanoso, cubierto de vegetación, su longitud aproximada es de 85 km, en promedio tiene una profundidad de 7 m y un ancho de 80 m aproximadamente. Los primeros 10 km de su trayectoria desde su origen hasta la comunidad de La Toza,

mantiene una dirección noroeste, en los siguientes 15 km mantiene su dirección nornoroeste hasta la comunidad de La Rebeza, en los siguientes 1.5 km hasta la ciudad de Palizada (donde se deriva el río Viejo) se mantiene en dirección este, cambiando al sureste en los siguientes 11.5 km hasta la Ribera Tila; posteriormente cambia hacia el noreste hasta su desembocadura directa en la Laguna del Este, Laguna del Vapor, Boca Chica y Laguna de Término.

Figura. 5.4 Ríos y cuerpos de agua



Fuente: Sistema de Información Nacional del Agua, 2012

Se han identificados asentamientos humanos en las riberas del río Palizada en donde las casas son de madera, láminas de cartón o zinc, lo que vuelve a la población más vulnerable al riesgo de inundación por el desbordamiento del mismo.

Históricamente se han reportado afectaciones por crecientes con mayor periodicidad debido a que sus escurrimientos se ven altamente influidos por la situación aguas arriba en la cuenca Grijalva-Usumacinta.

Por otro lado, las inundaciones ocurridas en la zona han incomunicado a las poblaciones, debido, principalmente, a que el drenaje de las carreteras es deficiente o a la construcción de puentes mal diseñados, lo que ocasiona cortes de la carretera que va de la ciudad de Palizada a Ribera Gómez, dando como consecuencia pérdidas económicas en la agricultura y ganadería.

La población considerada que se encuentra en riesgo de sufrir inundación asciende a 6,396 habitantes.

Tabla 5.2 Listado de municipios considerados en riesgo de inundación, Río Palizada

Localidad y/o municipio	Expectativa de daños					
	Casas (habitación)		Población (habitantes)		Superficie (m ²)	
	Total	En riesgo	Total	En riesgo	Total	En riesgo
Rancho San Román	1	1	25	25	12,000	2,400
Rancho San Francisco	1	1	5	5	2,500	500
Rancho San Bartolo	1	1	13	13	2,500	250