

ATLAS DE PELIGROS NATURALES

CIUDAD DE CHAMPOTÓN

Champotón, Campeche
Diciembre 2010

Tabla de contenido

Introducción	4
Antecedentes	6
Sistema Estatal de Protección Civil	9
Sistema Municipal de Protección Civil.....	14
Marco Teórico	15
Definición de Términos	15
Diseño del Estudio	25
Aspectos Metodológicos y Técnicos	26
Cartografías Básica y Temática	27
Mapa Base.....	28
Zona Urbana.....	30
Área de Influencia	32
Imagen Satelital y Ortofoto.....	33
Topografía Básica	38
<i>Modelo Digital de Elevación (MDE).....</i>	<i>39</i>
<i>Hidrología</i>	<i>42</i>
<i>Vías de Comunicación Terrestre.....</i>	<i>47</i>
<i>Altimetría (mapa de pendientes)</i>	<i>49</i>
<i>Curvas de Nivel.....</i>	<i>50</i>
<i>Geología.....</i>	<i>53</i>
<i>Edafología.....</i>	<i>55</i>
<i>Divergencias Territoriales (disección vertical).....</i>	<i>57</i>
Identificación de Peligros Naturales.....	60
Patrones de vientos y corrientes dominantes	63
Vientos	63
Corrientes.....	64
Dicotomías a Considerar//La Naturaleza del Peligro	66
<i>Comienzo/Desarrollo súbito vs. Comienzo/Desarrollo lento</i>	<i>66</i>
<i>Eventos controlables vs. Eventos inmutables.....</i>	<i>66</i>
<i>Frecuencia vs. Severidad</i>	<i>66</i>
<i>Local/Fijo vs. Zonal/Móvil</i>	<i>67</i>
<i>Medidas de mitigación para resistir el impacto vs. Medidas de mitigación para evitar el impacto.</i>	<i>67</i>
<i>Encadenamiento de Riesgos/Peligros Naturales.....</i>	<i>67</i>
Revisión Histórica de Riesgos/Peligros Naturales	69
<i>Consulta Hemerográfica/Documental</i>	<i>69</i>

<i>Antecedente Histórico General (niveles Región y Entidad)</i>	70
<i>Nivel Localidad</i>	72
<i>Revisión Hemerográfica 1980-2010</i>	74
<i>Década 1981-1990</i>	75
<i>Década 1991-2000</i>	76
<i>Década 2001-2010</i>	79
Cartografía y Zonificación de Peligros Naturales	82
Inundaciones	91
Patrón de Escurrimiento	94
Nivel de Peligro por Inundación	95
Polígono Hábitat (4026)	101
Condición de Mitigabilidad	103
Recomendaciones	105
Control en el Uso de Suelo	105
Ampliación de Conocimiento	105
Infraestructura	105
Manejo de Cuencas	106
Reducción de Vulnerabilidad	106
Bibliografía	107
ANEXOS	109
ANEXO 1) Equipo de trabajo	110
ANEXO 2) Anexo Metodológico	111

Introducción

En los últimos años, la frecuencia e intensidad de los fenómenos naturales, sobre todo de aquellos que poseen una base climática, han experimentado asombrosas variaciones y sus efectos, la mayoría de las veces destructivos, han obligado a la sociedad y a los gobiernos a incluir cada vez con mayor puntualidad y atingencia aspectos relacionados con la prevención y la atención de situaciones de emergencia derivadas de peligros o riesgos naturales.

Es en los ayuntamientos municipales donde la proximidad de la autoridad con la ciudadanía impone a la primera la necesidad de contar, en casos de emergencia, con una capacidad de respuesta institucional que garantice la salvaguarda de la seguridad e integridad de la población, su patrimonio, así como de la infraestructura básica de servicios al igual que la productiva.

En el caso de la ciudad de Champotón, su doble condición portuaria: fluvial y marítima, le otorgan, aparte de indiscutibles beneficios, una significativa exposición a determinados eventos de carácter natural, particularmente los que genéricamente se denominan fenómenos hidrometeorológicos y de los cuales los huracanes/ciclones tropicales constituyen tanto exponentes típicos como considerables amenazas, tal como la experiencia se ha encargado de mostrar.

El debate contemporáneo sobre los potenciales efectos del cambio climático es, por sí mismo, una razón de peso para profundizar en la mejora y el perfeccionamiento de los sistemas y mecanismos municipales instituidos para la prevención, atención y mitigación de peligros naturales. Este trabajo se inscribe, precisamente, en esa dirección.

Este propósito se halla explícitamente consignado en el *Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012*, en el Eje 5 *Champotón Seguro, Responsable y Moderno*, donde se asienta:

Así también, resulta necesario garantizar seguridad, en su vida y patrimonio, a la población ante la presencia de fenómenos naturales o provocados por el hombre.

Y en el apartado correspondiente a *Líneas de Acción*, establece:

- Promover el establecimiento de una cultura de prevención
- Actualizar nuestro marco normativo municipal, en materia de seguridad pública y protección a la comunidad.
- Coordinar acciones con organismos gubernamentales y no gubernamentales, de forma tal que se asegure la vida y el patrimonio de los champotoneros, ante la presencia de contingencias naturales y/o provocadas por el hombre.

Por otra parte, la Ley de Protección Civil del Estado de Campeche (LPCEC) asienta con claridad en las fracciones III, IV y V de su Art 6 y en los Arts. 30-33, la participación de la autoridad municipal en las responsabilidades del Sistema Estatal de Protección Civil.

Lo antes expuesto constituye *grosso modo*, el marco de política municipal que, en acto y ejercicio soberano de gobierno, funda y da soporte a la formulación del presente estudio.

Es un firme compromiso del Ayuntamiento de Champotón, auspiciar y promover la modernización del Sistema Municipal de Protección Civil. En este objetivo, el Atlas de Peligros Naturales constituirá una herramienta de primer orden cuyo valor se revelará paulatinamente, conforme sus directrices se articulen con otros instrumentos normativos (reglamentos municipales) y de planificación (Plan Municipal de Contingencias), en el contexto general de la política municipal de desarrollo.

(Nota: Aunque titulado “Introducción”, este texto podría red denominarse “Presentación” e incorporar, si el Ayuntamiento lo dispone, la rúbrica del Alcalde al calce. Esto sería una opción a considerar si el presente documento se destina a impresión)

Antecedentes

En el estado de Campeche la protección civil como responsabilidad gubernamental institucionalizada se registra desde el último tercio de la década de los 90 del siglo XX. Ello no significa que dicha función de la gestión pública no fuese desarrollada¹. Es preciso señalar que el enfoque que por entonces regía estas acciones era reactivo, en otras palabras, la orientación de estas acciones se daba, de manera prioritaria, en las tareas de reconstrucción de daños y la atención de damnificados una vez que el punto cúspide de la emergencia había pasado.

A resultas del impacto del huracán Gilberto en Campeche (septiembre de 1988), *se hizo patente la necesidad de diseñar e implementar una política pública específicamente abocada a la atención de estas situaciones*, lo cual no pudo concretarse a causa de factores diversos entre los que destacaban la insuficiencia de fondos, por una parte, y el escaso interés de las autoridades, por la otra. Fue hasta noviembre de 1995, cuando las severas y extensas afectaciones tanto a la infraestructura como a las actividades productivas y al patrimonio familiar de muchos campechanos, provocadas por los impactos sucesivos de la *tormenta tropical Ópalo* primero (entre el 28 de septiembre y el 2 de octubre), y el *huracán Roxana* poco después (10-16 octubre), condujeron a la administración pública estatal a tomar la decisión de crear una institución responsable de diseñar, coordinar y operar las tareas de protección civil en la entidad.

De esta manera, para ello se formularon dos proyectos: Uno de carácter normativo-legal para la creación de la *Ley Estatal de Protección Civil (LEPC)*², lo cual se concretó en julio de 1996 (decreto 172 del Ejecutivo del estado) y ubicó a Campeche como entidad vanguardista en esta materia en todo el país —la *Ley General de Protección Civil (LGPC)* se publicó hasta mayo de 2000— El otro proyecto fue de carácter técnico para crear la institución del Centro Estatal de Emergencias de Campeche (CENECAM). Éste, fue un proyecto conjunto y multipartita que recibió financiamiento tanto del propio gobierno de la entidad como de la Organización de Estados de Americanos (OEA) y asesoramiento técnico por parte del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Centro Nacional

¹ Existen, de hecho, antecedentes debidamente consignados desde a década de los 70 (y algunos todavía más antiguos) en lo relativo a la atención de emergencias derivadas, sobre todo, del impacto de fenómenos hidrometeorológicos, en particular huracanes y tormentas tropicales.

² El nombre del ordenamiento en realidad es Ley de Protección Civil del Estado de Campeche (LPCEC). El término Ley Estatal de Protección Civil y su acrónimo (LEPC) se emplean únicamente por comodidad.

para la Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Centro Estatal de Operaciones de Emergencia del estado de Florida (E.E.U.U). En 1997 se reforma la Ley Estatal de Protección Civil para estructurar el Sistema Estatal de Protección Civil y dar sustento legal a la creación del CENECAM. El artículo 4 del citado ordenamiento establecía:

El Sistema Estatal de Protección Civil forma parte del Sistema Nacional de Protección Civil y es coordinado por el Ejecutivo del Estado. Es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos, procedimientos y programas, que establecen y concertan el gobierno del Estado y los Ayuntamientos con las autoridades federales y organizaciones de los diversos grupos sociales y privados a fin de efectuar acciones corresponsables en cuanto a la prevención, mitigación, preparación, auxilio, restablecimiento, rehabilitación y reconstrucción en caso de riesgo, emergencia, siniestro o desastre.

La expedición de la *Ley General de Protección Civil* en mayo de 2000, implicó la necesidad de adecuar el contenido de la correspondiente ley estatal que, como se ha dicho, precedía en varios años al ordenamiento federal. En busca de la compatibilidad de ambos ordenamientos jurídicos, en 2002 se modificó el Art. 4 de la LEPC en el sentido que se muestra a continuación:

Art. 4º.- El Sistema Estatal de Protección Civil, como parte integrante del Sistema Nacional, será organizado por el Ejecutivo del Estado y tiene como fin prevenir, proteger y salvaguardar a las personas, a los bienes públicos y privados, y al entorno ante la posibilidad de un desastre producido por causas de origen natural o humano.

Como puede observarse, el artículo reconoce la *preeminencia* del Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC) sobre su contraparte estatal (Sistema Estatal de Protección Civil, SEPC) y define la subordinación de éste respecto de aquél. Quizá sea el cambio más notorio, pues en su versión original, el mencionado artículo ya establecía al SEPC como parte del SNPC.

La siguiente adecuación se dio en la conformación del SEPC el cual, al ser un organismo de coordinación, aglutina en su seno diversas estructuras tanto administrativas como funcionales. El Art. 6 de la LEPC establece con precisión este conjunto de estructuras y el Art 7 consigna los documentos rectores en la operación del SEPC.

Art. 6°.- El Sistema Estatal de Protección Civil estará integrado por las siguientes estructuras:

- I. El Consejo Estatal de Protección Civil;
- II. El Centro Estatal de Emergencias (CENECAM);
- III. Los Sistemas Municipales de Protección Civil;
- IV. Los Consejos Municipales de Protección Civil;
- V. Los Centros Municipales de Emergencias; y
- VI. Los grupos voluntarios, los representantes de los sectores social y privado, las instituciones educativas y los expertos en diferentes áreas relacionadas con la protección civil.

Las estructuras previstas en las fracciones I a V del presente artículo tendrán el carácter de permanentes y como integrantes de las mismas no podrán participar los directivos de partidos políticos y agrupaciones políticas para evitar que las acciones de protección civil se politicen.

Art. 7°.- El Sistema Estatal contará, para su adecuado funcionamiento, con los siguientes documentos:

- I. Los Programas Estatal, Municipales, Internos y Especiales de Protección Civil;
- II. El Atlas de Riesgos;
- III. Los inventarios y directorios de recursos humanos y materiales; y
- IV. Los documentos oficiales en los que se hagan constar las Normas Técnicas y la Normatividad sobre protección civil.

Es adecuado destacar la fracción II del artículo en comentario, pues en ella se asienta al Atlas de Riesgos (otra denominación del Atlas de Peligros Naturales) como uno de los documentos con que el SEPC debe contar para su *adecuado funcionamiento*. En tanto que el SEPC es componente del SNPC, el propio SEPC se integra, a su vez y según el Art 6 de la LEPC, por diversas estructuras entre las que es necesario señalar por su pertinencia a los *Sistemas Municipales de Protección Civil (SMPC)*.

Es evidente que siendo el SEPC una estructura de alcance estatal, el Atlas de Riesgos al que alude el Art 7 de la LEPC sea un documento de cobertura y enfoque igualmente *estatal*. De ahí que sea *válido suponer que los SMPC requieran entre otros documentos rectores, para su adecuado funcionamiento, un Atlas de Riesgos específicamente desarrollado para ese nivel territorial. Ello constituye una razón más a favor de la realización del presente estudio.*

Sistema Estatal de Protección Civil

El SEPC, tal como está concebido en la LEPC, se apoya operativamente en un órgano de carácter colegiado que se denomina Consejo Estatal de Protección Civil (CEPC), el cual se integra por diversas instituciones privadas, dependencias públicas de los tres órdenes de gobierno, así como organizaciones de la sociedad civil. El CEPC contempla, para su desempeño, un grupo de cuatro comités especializados, cada uno de los cuales se ocupa de tareas específicas y bien definidas durante una situación de emergencia.

El soporte legal del CEPC se encuentra en el Art 8 de la LEPC:

Art. 8º.- El Consejo Estatal de Protección Civil es el órgano consultivo para la planeación de la protección en el Estado, y el conducto formal para convocar a los sectores de la sociedad para su integración al Sistema Estatal. El Consejo se reunirá en sesiones ordinarias y extraordinarias, por Comités o en pleno, a convocatoria de su presidente, en los plazos y formas que el propio Consejo y la presente ley establezcan. Las sesiones del Consejo las conducirá su presidente o, en ausencia de éste, el secretario ejecutivo.

Los comités especializados (o grupos de tarea) que integran el CEPC y que poseen carácter *permanente* (pues la LEPC contempla la creación de grupos de trabajo o comités con carácter eventual/temporal) son los siguientes:

Comité de Servicios de Emergencia: Conformado por las instancias encargadas de los aspectos urgentes de una emergencia, tales como combate de fuegos e incendios, unidades de rescate, grupos de evacuación, equipos de manejo de materiales riesgosos, asuntos de seguridad estatal, regional o nacional y mantenimiento del orden.

Comité de Infraestructura: Formado por las instancias encargadas de aspectos relacionados con el mantenimiento, rehabilitación o recuperación de transportes, comunicaciones, otros servicios y energía.

Comité de Servicios Asistenciales: Instituciones encargadas de aspectos relacionados con salud pública, atención a refugiados, coordinación de albergues, acopio, suministro y distribución de ropa, medicinas, alimentos y agua, control de ayuda y donativos, así como su repartición. Se apoya en dos subcomités: De Refugios Temporales y de Manejo de Insumos y Suministros.

Comité de Enlace: Integrado por el Director del Centro Estatal de Emergencias (CENECAM) y un representante de cada uno de los Centros Municipales de Emergencias (CENEMUN's) y de los otros Comités. La función principal de este Comité consistirá en regular, administrar, coordinar y distribuir adecuadamente el flujo de información que la atención de la emergencia requiera.

La estructura operativa de estos comités, así como las responsabilidades específicas de cada componente se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 1) Estructura del Comité de Emergencias

Comité de Servicios de Emergencia del CEPC	
INSTITUCIÓN	RESPONSABILIDAD
Coordinación General de Seguridad Pública, Vialidad y Transporte del Estado.	Tareas de Rescate terrestre y marítimo y Evacuación, combate de fuegos e incendios, apoyo de transporte, mantenimiento del orden público, patrullaje y vigilancia.
Procuraduría General de Justicia del Estado.	Mantenimiento de la Ley y el orden público.
Secretaría de Finanzas.	Apoyo Financiero en la emergencia.
Centro Estatal de Emergencias de Campeche y los Centros Municipales de Emergencias.	Coordinación operativa-logística de la emergencia.
Centro de Control, Comando, Comunicación y Cómputo (C4).	Apoyo en comunicaciones en la emergencia
Secretaría de la Defensa Nacional (XXXIII Zona Militar).	Apoyos en: Tareas de rescate y evacuación terrestres, mantenimiento del Orden Constitucional, asuntos de seguridad nacional.
Secretaría de Marina (3ª Región Naval Militar).	Apoyos en: Tareas de evacuación y rescate terrestre y marítimo, mantenimiento del Orden Constitucional, asuntos de seguridad nacional.
Policía Federal Preventiva.	Apoyo en tareas de rescate en carreteras federales, evacuación y mantenimiento del orden público
Procuraduría General de la República.	Apoyo en el mantenimiento de la Ley y el orden público.
Capitanía de Puerto.	Apoyo en búsqueda y rescate marítimo.
Cruz Roja.	Apoyo en búsqueda y rescate
Grupos Voluntarios.	Apoyo en búsqueda, rescate y salvamento.

Tabla 1) Estructura del Comité de Emergencias

Comité de Servicios de Emergencia del CEPC	
INSTITUCIÓN	RESPONSABILIDAD
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado.	Mantenimiento y rehabilitación de obras de infraestructura de suministro y desinfección de agua, mantenimiento y rehabilitación de sistemas de drenaje. Apoyo de transporte, remoción de escombros.

Tabla 2) Estructura del Comité de Infraestructura

Comité de Infraestructura del CEPC	
INSTITUCIÓN	RESPONSABILIDAD
Secretaría de Obras Públicas y Comunicaciones.	Mantenimiento y rehabilitación de vías de comunicación y sistemas de telecomunicaciones, mantenimiento y rehabilitación de obras públicas, apoyos en materia de transporte y/o equipo pesado, remoción de escombros.
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado.	Mantenimiento y rehabilitación de obras de infraestructura de suministro y desinfección de agua, mantenimiento y rehabilitación de sistemas de drenaje. Apoyo de transporte, remoción de escombros.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	Apoyos en mantenimiento y rehabilitación de vías de comunicación y telecomunicaciones, mantenimiento y rehabilitación de obras públicas, apoyos en materia de transporte y/o equipo pesado, remoción de escombros.
Comisión Nacional del Agua.	Apoyos en mantenimiento y rehabilitación de obras de infraestructura de suministro y desinfección de agua, obras de protección e infraestructura hidráulica, mantenimiento y rehabilitación de sistemas de drenaje. Apoyo de transporte, remoción de escombros.
Comisión Federal de Electricidad.	Mantenimiento del servicio de suministro eléctrico, rehabilitación de obras e infraestructura conexa. Apoyos de transporte y maquinaria, remoción de escombros.
Petróleos Mexicanos.	Apoyos en materia de transporte, equipo y maquinaria, remoción de escombros. Apoyos en especie: tubería variada, combustible, lubricantes, etc.
Telecomunicaciones de México.	Apoyo en mantenimiento de servicios de Telecomunicación. Apoyos de transporte.
Teléfonos de México S.A. de C.V.	Mantenimiento del servicio telefónico doméstico, de larga distancia así como los enlaces a Internet.

Tabla 3) Estructura del Comité de Servicios Asistenciales

Comité de Servicios Asistenciales del CEPC	
INSTITUCIÓN	RESPONSABILIDAD
Secretaría Estatal de Salud.	Preservación de la salud pública de la población abierta y de la albergada, Tareas de Coordinación General de Refugios Temporales, acopio y distribución de medicamentos, coordinación de brigadas médicas, acciones de prevención y atención.
Secretaría de Educación, Cultura y Deporte.	Instalación y Mantenimiento de Refugios Temporales, apoyo de transporte.
Sistema Estatal para el Desarrollo Integral de la Familia.	Aprovisionamiento y distribución de agua, alimentos y ropa, gestión y admón. de donativos, organización y administración de comedores populares, apoyo en trabajo y asistencia sociales.
Secretaría de Desarrollo Social.	Apoyos en gestión de recursos, administración de recursos federales emergentes, apoyo en transporte.
Secretaría de Desarrollo Rural.	Apoyo de aprovisionamiento de alimentos y de transporte. Aspectos de sanidad vegetal y animal.
Secretaría de Ecología.	Apoyo de aprovisionamiento de agua, alimentos y de transporte. Apoyo y asesoría en el manejo de materiales riesgosos.
Secretaría de Pesca.	Apoyo de aprovisionamiento de agua, alimentos y de transporte. Apoyo y asesoría en el manejo de materiales riesgosos.
Secretaría de Turismo.	Apoyo en la difusión para turistas que se encuentren en el Estado, así como para el aprovisionamiento de agua, alimentos y transporte.
Instituto de Servicios Descentralizados de Salud Pública en el Estado.	Apoyos a las acciones de salud pública institucionalizada.
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Campeche	Apoyo en aprovisionamiento y distribución de agua y alimentos.
Instituto de Vivienda de Campeche	Apoyos en aprovisionamiento y distribución de materiales de construcción, y de transporte.
Diputados del H. Congreso del Estado	Gestión social y de recursos. Legislación emergente.
Secretaría de Desarrollo Social (Federal)	Apoyos en gestión de recursos, administración de recursos federales emergentes, apoyo en transporte.
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural y Pesca.	Apoyos en aprovisionamiento y distribución de agua y alimentos. Aspectos de sanidad vegetal y animal.
Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales	Apoyos en aprovisionamiento de agua y alimentos, y de transporte. Asesoría y apoyo en el manejo de materiales riesgosos.

Tabla 3) Estructura del Comité de Servicios Asistenciales

Comité de Servicios Asistenciales del CEPC	
INSTITUCIÓN	RESPONSABILIDAD
Comisión Nacional Forestal.	Apoyo en el transporte de víveres
Instituto Mexicano del Seguro Social.	Apoyos en materia de salud pública.
Representación de la Secretaría de Gobernación.	Apoyos en gestión de recursos
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.	Apoyos en materia de salud pública.
Cruz Roja Mexicana.	Apoyos en salud pública y asistencia social, gestión y acopio de apoyos y donativos. Apoyos en tareas de rescate y salvamento.
DICONSA.	Apoyos en Aprovechamiento, Acopio y Distribución de alimentos, agua y ropa.
Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.	Apoyo en la comunicación con el Sector Indigenista.
CONAPESCA.	Aprovechamiento de lanchas y motores fuera de borda, motosierras, transporte y gestión.

Tabla 4) Estructura del Comité de Enlace

Comité de Enlace del CEPC	
INSTITUCIÓN	RESPONSABILIDAD
Centro Estatal de Emergencias (CENECAM).	Administración y operación de los sistemas de rastreo y monitoreo, de modelado y pronóstico y del Centro de Mensajes.
Comité de Servicios de Emergencia.	Alimentación y suministro de información al Centro de Operaciones del Consejo Estatal de Protección Civil (CENECAM) y al Sistema de Administración de Emergencias.
Comité de Infraestructura.	Alimentación y suministro de información al Centro de Operaciones del Consejo Estatal de Protección Civil (CENECAM) y al Sistema de Administración de Emergencias.
Comité de Servicios Asistenciales.	Alimentación y suministro de información al Centro de Operaciones del Consejo Estatal de Protección Civil (CENECAM) y al Sistema de Administración de Emergencias.
Centros Municipales de Emergencias.	Administración y operación de sus propios Centros de Operación del Consejo Municipal de Protección Civil y de sus Sistemas de Administración de Emergencias. Alimentación y suministro de información al Centro de Operaciones del Consejo Estatal de Protección Civil (CENECAM) y al Sistema de Administración de Emergencias.

Sistema Municipal de Protección Civil

Así como la contraparte estatal del SNPC es el SEPC, éste tiene sus contrapartes en el orden municipal de gobierno en los SMPC. Réplicas a escala del SEPC, los SMPC se apoyan en los Consejos Municipales de Protección Civil (CMPC), los cuales a su vez fundan su operatividad en los Centros Municipales de Emergencias (CENEMUN), instituciones que, como puede suponerse, son también réplicas escalares del CENECAM estatal.

En el caso de la administración municipal actual, la instalación del CMPC para el periodo 2009-2012 tuvo efecto en octubre de 2009. Es adecuado destacar que, aun cuando la estructura del CMPC se basa en la del CEPC, en el municipio de Champotón se ha realizado una división más fina de las responsabilidades asignadas a cada comité o grupo de trabajo. Así, el CMPC vigente para el municipio de Champotón cuenta con la siguiente estructura operativa:

- Presidencia (a cargo del Alcalde).
- Secretaría Ejecutiva.
- Secretaría Técnica.
- Comité de Comunicación Social y Emergencias.
- Comité de Seguridad, Salvamento y Rescate.
- Comité de Aprovisionamiento de Recursos Económicos.
- Comité de Salud y Asistencia Social.
- Comité de Aprovisionamiento de Transporte.
- Comité de Reconstrucción y Vuelta a la Normalidad.
- Comité de Gestoría y Capacitación Ciudadana.
- Comité de Seguridad Pública.
- Comité de Evaluación de Daños y Reconstrucción de la Infraestructura Municipal.
- Comité de Refugios Temporales.

Un comentario obligado al revisar la estructura anterior es que la subdivisión de responsabilidades es una decisión que, en materia de Protección Civil, debe efectuarse con extraordinaria precisión. El *balance entre concentración y delegación de autoridad/responsabilidad resulta crucial* en esta materia.

Marco Teórico

Si bien es menester aceptar que un Atlas de Peligros Naturales debe ser un *documento para la acción más que un estudio académico*, es preciso reconocer de igual forma la necesidad de que su diseño y formulación, así como su empleo, se realicen con escrupuloso apego a lineamientos y directrices metodológicos que aseguren la fiabilidad de su contenido. Esto es particularmente destacable por el hecho de que, en muchos casos, los fenómenos naturales poseen un *fuerte componente aleatorio*, lo cual equivale, en términos de política pública/estrategia a decir que contienen *altos márgenes de incertidumbre*. En tanto que la atención de situaciones de emergencia derivadas de peligros naturales reside primordialmente en la adecuada y oportuna toma de decisiones (muchas de las cuales pueden involucrar elevadísimos costos sociales, económicos y políticos), es fácil comprender la pertinencia del soporte metodológico al que se ha hecho mención líneas arriba.

Definición de Términos

Usualmente se acepta que los peligros (o riesgos) naturales son *aquellos elementos del ambiente o del entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él* (Burton, 1978). En el presente trabajo el término *peligro natural* se empleará para referirse a *todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos o pirogénicos que, por razón del sitio de ocurrencia, intensidad o frecuencia, pueden afectar de manera significativa y adversa a los seres humanos, su patrimonio y actividades*.³

³ *Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado* (Departamento de Desarrollo Regional y Medio de la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, OEA), 1993.

La Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros Naturales a nivel ciudad (Identificación y Zonificación)(GMEAPN), desarrollada por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en 2003, y que es la base y referencia metodológica de este trabajo, respalda el concepto manejado por el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (UNDHA, 1993): Peligro es el suceso amenazador o probabilidad de que se produzca un fenómeno (en el presente caso, natural) potencialmente dañino en un tiempo y lugar concretos. La posibilidad de ocurrencia de estos eventos en cierto sitio o zona constituye una amenaza potencial, es decir, una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

En nuestro país, tanto el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) como el Instituto de Geofísica de la UNAM (2001), conciben al peligro como *la probabilidad de ocurrencia de un evento que se presenta en la naturaleza o que tiene un origen antropogénico, que por su energía y persistencia puede ocasionar un desastre.* Es de hacer notar que el origen natural/antropogénico del peligro no es relevante en este caso.

*Por riesgo (y es aquí donde se equiparan los términos riesgo $\approx$ peligro) se entiende la posibilidad de ocurrencia de daños o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia de eventos o fenómenos perturbadores, los que pueden ser de origen natural o resultar de acciones humanas. Los sistemas que pueden sufrir daños ante la acción de los agentes perturbadores se designan como sistemas expuestos. El concepto a destacar aquí es el de *exposición al daño*, el cual resulta de capital importancia en temas como evaluación de riesgo, determinaciones de vulnerabilidad y otros más que confluyen en el amplio y complejo ámbito de la protección civil. Acorde con las condiciones particulares del medio de un sistema, éste puede encontrarse expuesto a variados tipos de riesgos vinculados con diversas fuentes potenciales de amenaza.*

El desastre es considerado como la *interrupción brusca de la vida cotidiana, causante de pérdidas generalizadas de vidas humanas, y de recursos materiales y ambientales, que superan la competencia de la comunidad afectada para sobreponerse exclusivamente a través de sus propios*

medios. En esta definición debe hacerse notar la condición de incapacidad comunitaria para superar las pérdidas con sus propios recursos. La comprensión de este aspecto es indispensable para la efectiva gestión de una situación de emergencia.

La vulnerabilidad se define como el grado de pérdida que un determinado elemento o conjunto de elementos que una sociedad experimenta como consecuencia de un fenómeno natural de cierta magnitud (Maskrey, 1993). La vulnerabilidad social está definida en términos de la fragilidad o debilidad para perder, total o parcialmente la vida, los bienes y los servicios de una parte de la población o varios sectores de una sociedad (CONAPO, 2000).

Estos conceptos se interrelacionan estrechamente, como se puede apreciar:

Riesgo de desastre es la magnitud probable de daño de un ecosistema específico o en algunos de sus componentes, en un período determinado, ante la presencia de una específica actividad con potencial peligroso. Al poder o energía que puede desencadenarse se le llama amenaza y a la predisposición para sufrir daño se la denomina vulnerabilidad. Así entonces, el riesgo de desastre tiene dos componentes:

La amenaza potencial y la vulnerabilidad del sistema y sus elementos a esa amenaza. Expresado matemáticamente esto significa que el Riesgo de Desastre es una función de la Amenaza y la Vulnerabilidad:

$$\text{Riesgo de Desastre} = f(\text{Amenaza, Vulnerabilidad})^4$$

En el caso de riesgo de desastre por deslizamiento para una localidad urbana, éste depende de dos factores: La masa de tierra que eventualmente pueda desprenderse (amenaza) y las características que tenga esa localidad que posibiliten que se vea afectada por el deslizamiento, tales como: localización en área peligrosa, falta de protecciones y desconocimiento de la gente de qué hacer en caso de peligro (vulnerabilidad).

⁴ VARGAS, Jorge Enrique; *Políticas Públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a desastres naturales y socio naturales*; ONU/CEPAL/ECLAC, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, Santiago de Chile, 2002

El concepto de *Amenaza* puede examinarse con mayor detalle. La amenaza es el fenómeno peligroso. Se define como la magnitud y duración de una fuerza o energía potencialmente peligrosa por su capacidad de destruir o desestabilizar un ecosistema o los elementos que los componen, y la probabilidad de que esa energía se desencadene.

Consta de tres componentes:

- **Energía Potencial:** magnitud de la actividad o cadena de actividades que podrían desencadenarse.
- **Susceptibilidad:** predisposición de un sistema para generar o liberar la energía potencialmente peligrosa, ante la presencia de detonadores.
- **Detonador o Desencadenante:** Evento externo con capacidad para liberar la Energía Potencial.

De lo antes expuesto puede deducirse que el detonador adecuado para un determinado nivel de susceptibilidad desencadena la energía potencial. Considérese, a manera de ejemplo, la amenaza de deslizamiento en determinada zona urbanizada de la periferia urbana. Ésta proviene de: Las miles de toneladas de tierra que al perder cohesión podrían desplazarse por la ladera de una montaña, colina o talud (Energía Potencial), la fuerte pendiente de la montaña y la baja compactación que tiene la tierra en la parte alta debido a su composición particular y la deforestación de que fue víctima, de modo que es propensa a deslizarse (Susceptibilidad) y, finalmente, el hecho circunstancial de que, para llevar agua a su casa, una familia hizo un canal rudimentario en la parte alta de la montaña y éste produce filtraciones continuas hacia la tierra de baja compactación (Detonante).

La amenaza surge entonces de una fuerza potencialmente peligrosa, la predisposición de esa fuerza a desencadenarse y un evento que la desencadena. Matemáticamente, es función de sus tres componentes:

$$\text{Amenaza} = f(\text{Energía Potencial, Susceptibilidad, Detonador})^5$$

Asimismo, la noción de Vulnerabilidad, puede abordarse con mayor detalle: *La vulnerabilidad es la disposición interna a ser afectado por una amenaza*. Si no hay vulnerabilidad, no hay destrucción o pérdida. Se define como la *propensión interna de un ecosistema o de algunos de sus componentes a sufrir daño ante la presencia de determinada fuerza o energía potencialmente destructiva*. Como se describe a continuación, existen tres categorías de vulnerabilidad:

- La exposición destructiva ante una determinada amenaza,
- La incapacidad de respuesta adecuada cuando la amenaza se presenta y
- La incompetencia para lograr la recuperación de las condiciones normales de vida, tras el paso de la amenaza.

Esto determina que la Vulnerabilidad depende de:

Grado de exposición: El tiempo y el modo de sometimiento de un ecosistema (o sus componentes) a los efectos de una actividad o energía potencialmente peligrosa (cuánta energía potencialmente destructiva recibe y por cuánto tiempo).

Protección: Son las defensas del ecosistema (y de sus elementos) que reducen o eliminan la afectación que puede causar una actividad con potencial destructivo. Pueden ser permanentes, habituales y estables u ocasionales, pero *en todo caso deben estar activas en el momento de exposición la fuerza desestabilizadora*.

Reacción inmediata: Es la capacidad del ecosistema (y de sus elementos) para reaccionar, protegerse y evitar el daño en el momento en que se desencadena la energía con potencial destructivo o desestabilizador.

⁵ Ibid.

Recuperación básica: Restablecimiento de las condiciones esenciales de subsistencia de todos los componentes de un ecosistema, evitando su muerte o deterioro con posterioridad al evento destructivo. También se le llama rehabilitación.

Reconstrucción: Recuperación del equilibrio y las condiciones normales de vida de un ecosistema, por su retorno a la condición previa o, más frecuentemente, a una nueva condición más evolucionada y menos vulnerable.

La protección y la facultad de reacción inmediata constituyen la *Homeostasis*, que es la capacidad del ecosistema (y de sus elementos) para mantenerse en equilibrio, es decir, para preservar sus características básicas, la vida de sus componentes y sus condiciones de subsistencia, cuando se presenta una actividad potencialmente destructiva o desestabilizadora. La capacidad de recuperación básica y de reconstrucción constituyen la *Resiliencia*, o capacidad del ecosistema para reponerse después de haber sido alterado por una actividad destructiva o desestabilizadora.

La Homeostasis (protección permanente y la capacidad de reacción inmediata) junto con la Resiliencia (recuperación básica y reconstrucción), constituyen la *Resistencia*, que es la capacidad del ecosistema (o de sus componentes) para evitar, amortiguar o reponerse de los efectos de la actividad con potencial para producir daño o desestabilización. Matemáticamente, esto es:

Vulnerabilidad = f (Grado de Exposición, Protección, Reacción Inmediata., Recuperación Básica, Reconstrucción), y considerando que:

Homeostasis = f (Protección, Reacción inmediata)

Resiliencia = f (Recuperación básica, Reconstrucción) y

Resistencia: f (Homeostasis, Resiliencia), puede concluirse que:

$$\underline{Vulnerabilidad = f (Grado de Exposición, Resistencia)^6}$$

⁶ Ibid.

La comprensión de esta interrelación funcional es de enorme importancia para el análisis de riesgos y el diseño de políticas de protección civil y patrimonial.

Algunas otras definiciones útiles, son las siguientes:

Evento Físico: Un fenómeno natural que, de hecho, no afecta a los seres humanos porque sus efectos no tienen contacto con aquéllos. No se considera como riesgo natural. *En áreas donde no existen intereses humanos a vulnerar, los fenómenos naturales no constituyen riesgo ni ocasionan desastres.* Este enfoque busca centrar el peso de la problemática de daños en la concurrencia de actividades humanas y fenómenos naturales.

Riesgo Natural: Fenómeno natural cuya ocurrencia se da en una zona habitada y/o con infraestructura susceptible de daño.

Desastre Natural: Riesgo natural cuyo impacto genera un número inaceptable de víctimas, daños patrimoniales, o de ambos.

Probabilidad: Referida al grado de certeza de ocurrencia de un evento en particular. Usualmente se basa en una frecuencia histórica⁷.

Riesgo: Definido en términos amplios como probabilidad de pérdida o daño.

Aversión al Riesgo: Actitud individual hacia el riesgo. La mayoría de la gente es contraria al riesgo. En otras palabras, muestra disposición para aceptar algún costo a cambio de evitar el riesgo. Dado que los grados de aversión son múltiples y muy diversos (Binswanger, 1980 y Young, 1979) esto significa que, para evitar un cierto nivel de riesgo, algunas personas pagarán más que otras. Este concepto resulta vital en los procesos transaccionales que suele acarrear la ejecución de obras de protección o mitigación de financiamiento multipartita.

⁷ Es necesario señalar que para efectos de toma de decisiones, las probabilidades no siempre se consideran estrictamente sobre una base histórica, sino que se ajustan a información de coyuntura (probabilidad subjetiva).

Valuación de Riesgo: Cuantificación de un riesgo. Requiere tanto la determinación de las consecuencias de un evento como el conocimiento de la probabilidad de que ocurra.

Manejo de Riesgo: Acciones tomadas para reducir las consecuencias o la probabilidad de ocurrencia de eventos desfavorables.

Instalaciones Críticas: Aquellas estructuras, edificaciones u otras construcciones que en razón de su función, tamaño, área de servicio o singularidad, tienen el potencial de causar daño corporal, extensos daños a la propiedad o perturbar las actividades socioeconómicas vitales si son destruidas, dañadas o si sus servicios son prolongada o repetidamente interrumpidos.

Clasificación de Riesgos

En algunos países se utiliza el término “amenaza natural” con preferencia sobre el de “riesgo natural”. El adjetivo *natural* se emplea para excluir del concepto los peligros derivados de la actividad humana (antropogénicos) tales como las guerras y la contaminación, o peligros no vinculados necesariamente con el entorno físico, como las enfermedades infecciosas. En México se clasifican los riesgos de acuerdo con el tipo de agente que los genera, identificándolos según la siguiente tipología⁸ aceptada:

Geológicos: Avalanchas por derrubio, Suelos expansivos, Deslizamientos de tierra, Caída de rocas, Deslizamientos submarinos, Tsunamis, Seiches, Hundimiento, Ruptura de fallas, Sacudimiento del terreno (Sismos), Esparcimiento lateral, Licuefacción, Flujos de lodo, Vulcanismo.

Hidrometeorológicos: Tempestades de granizo, Huracanes/Ciclones, Tormentas Eléctricas/Rayos, Tornados/Vientos, Tormentas tropicales, Heladas/Nevadas, Inundaciones costeras, Inundaciones de ríos, Tempestades marinas y marejadas, Sequía, Temperaturas Extremas.

⁸ Existen otras clasificaciones cuyas diferencias estriban en el grado de mayor o menor agregación que se da a las categorías. Un ejemplo es la existencia de la categoría Hidrogeológicos, en la cual se incluyen los fenómenos de Desertificación, Salinización, y Erosión y Sedimentación. Otros ejemplos serían el fenómeno de la solifluxión, observable únicamente en suelos árticos o semiárticos, o la categoría Incendios en la que se ubican los forestales y los asociados con otros tipos de riesgo, como los químicos.

Químicos: Contaminación de aire, agua o suelo por derrames/emanaciones de sustancias peligrosas (según código CRETIB: Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Inflamables, Biológico-infecciosas)

Sanitarios: Plagas, Epidemias, Emergencias sanitarias (productos de consumo público contaminados), y

Socio-organizativos: Guerras, accidentes catastróficos (naufragios, colapso estructural repentino de edificios, colisiones grandes o múltiples), desórdenes multitudinarios/turbamultas, etc.

El desarrollo del contenido en la GMEAPN se focaliza en los de origen geológico (incluye geomorfológicos) e hidrometeorológicos. No obstante la denominación de *naturales*, estos riesgos incluyen algunos componentes antropogénicos. Esta aparente oposición, se comentará el siguiente apartado.

Natural vs. Antropogénico

Se ha establecido con anterioridad que la ocurrencia de un fenómeno natural en un área despoblada o carente de infraestructura no se estima como riesgo/peligro. Una fuerte lluvia sobre una sabana es ciertamente menos peligrosa que sobre una populosa ciudad de complicadas geología y topografía, con deficiencias en drenaje pluvial. El anterior ejemplo, aunque extremo, contiene algunos aspectos que es necesario abordar. El primero de ellos se relaciona con las inevitables alteraciones que el desarrollo urbano impone sobre el entorno: Reducción de superficies verdes y sustitución de áreas permeables por pavimento impermeable, modificación de drenes y cursos naturales, usos de suelo inadecuados, por citar solamente los más evidentes.

Es pues, la intervención humana, expresada a través de la modificación no siempre racional de las condiciones de su entorno, la que da lugar al tránsito de *Evento Físico* a *Riesgo Natural*, en otras

palabras, a la aparición del peligro. Con respecto a la intervención humana es igualmente necesario comprender que puede:

a) Favorecer el incremento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos naturales. P. ej: La extracción de tierra en las partes inferiores de derrumbes para ubicar asentamientos humanos, puede generar deslizamientos y nuevos derrumbes que amenacen el asentamiento.

b) Dar lugar a riesgos naturales donde antes no existían. P.ej: La obstrucción de cauces naturales de drenaje por obras mal ubicadas, puede producir inundaciones en zonas que no las padecen normalmente.

c) Reducir el efecto de mitigación de importantes ecosistemas naturales: P.ej: La destrucción de arrecifes coralinos, de manglares o dunas costeras elimina las líneas de defensa naturales de la costa contra los efectos de corrientes y tormentas.

Con todo, se hace claro que si las actividades humanas, deficientemente planificadas o pobremente ejecutadas, pueden causar o agravar los efectos dañinos de los fenómenos naturales, también pueden, con una orientación efectiva, reducirlos de manera significativa o eliminarlos por completo.

Este enfoque de base antropogénica permite establecer una taxonomía adicional, de gran valor en materia de planificación y política pública. Dicha aproximación se funda en la noción de *Mitigabilidad de Riesgo*, entendida como la *factibilidad de reducir la exposición al riesgo, disminuir/contener el impacto/daño o favorecer la recuperación tras éste*. Al incorporar esta noción en los procesos de zonificación surgen los conceptos de Zonas de Riesgo Mitigable (ZRM) y Zonas de Riesgo No Mitigable (ZRNМ).

Diseño del Estudio

El desarrollo del presente estudio ha buscado, en todo momento, cubrir y satisfacer los requerimientos metodológicos y temáticos establecidos en la GMEAPN. Sin embargo, como también se ha mencionado, la GMEAPN enfoca de manera preponderante sus lineamientos y procedimientos para dos grandes categorías de peligros naturales (Geológicos e Hidrometeorológicos). Ambas categorías contienen una extensa variedad de fenómenos y, a causa de ello, algunos de los procedimientos metodológicos para identificación, evaluación/análisis, zonificación y cartografía, se encuentran notablemente condensados. Ello obedece, sin duda alguna, a necesidades del formato de la obra pero en términos prácticos hace necesario complementar aquellos aspectos que el tratamiento sintético de la GMEAPN parece no haber incluido. En los casos en que así se ha requerido, las referencias metodológicas, bibliográficas o de cualquier otra índole pertinente que amparen y justifiquen su utilización en este trabajo están incluidas como notas a pie de página o en la sección de bibliografía.

Entre las fuentes metodológicas complementarias de consulta, destaca la *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*, publicación del CENAPRED (2006), y que está desarrollada, como su nombre lo indica, conteniendo diversas herramientas metodológicas para orientar y ayudar a evaluar los peligros y riesgos en materia de protección civil. La primera publicación de la Guía, *Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica*, resultó ser un auxiliar valioso en el desarrollo de este trabajo.

En términos generales, este trabajo se desarrolló cubriendo dos ámbitos de labor: El Trabajo de Gabinete y la Investigación de Campo. El primero incluye la recopilación y ordenación/clasificación de materiales e información, el análisis cartográfico y de riesgos, así como el diseño y construcción del Sistema de Información Geográfica, el diseño de instrumentos y reactivos para captación de información, el diseño de muestras estadísticas, el procesamiento de datos, además de la integración, edición/formación e impresión de documentos. El segundo cubre los levantamientos fotográficos, la toma de puntos de georreferencia, y la aplicación de encuestas y realización de entrevistas.

Aspectos Metodológicos y Técnicos

Las técnicas y métodos de investigación y análisis documental empleados cuentan con el respaldo académico y la solidez de un uso ampliamente establecido y probado. Mención particular requiere el componente cartográfico del estudio. En este aspecto, el fundamento teórico se remite a la técnica de superposición de mapas temáticos transparentes propuesta hace ya casi dos décadas por Ian L. McHarg⁹.

La recopilación de información histórica se efectuó en dos modalidades: Consulta hemerográfica y aplicación directa de cuestionarios y entrevistas. Esta segunda modalidad (encuesta/entrevista) se efectuó mediante el diseño de un cuestionario con 32 reactivos y una muestra cuya determinación se realizó con el método de muestreo no probabilístico en su variante *Bola de Nieve*. La figura básica en esta variante en cadena es el denominado informante clave o estratégico, individuo que, a juicio del investigador, posee los conocimientos y la aptitud sobre la materia o tema específicos que él precisa obtener. Es por ello que, a veces esta modalidad de muestreo se denomina también intencional. Esta técnica muestral al no apoyarse, por lo menos inicialmente, en los métodos estadísticos probabilísticos cuantitativos, exige una cuidadosa preparación y un controlado desarrollo que pueda asegurar en grado aceptable la fiabilidad de la información obtenida¹⁰.

El criterio adoptado para el cierre del muestreo fue el secuencial. Para los detalles sobre heurística y saturación muestral, se sugiere remitirse al Anexo Metodológico.

En cuanto a los procesos cartográficos es necesario referir que se emplearon para ello diversos paquetes de software especializado para la integración del SIG (ArcGis/ArcMap), así como para la gestión y rectificación de imágenes satelitales (ERDAS), además de diversos programas de manejo, edición de gráficos y ofimática. El software empleado facilitó y agilizó los numerosos procesos que el análisis requiere: fusiones, superposiciones, disoluciones, intersecciones y uniones, definición de áreas de influencia, y otros más, gracias a sus capacidades automatizadas.

⁹ McHARG, Ian L.; *Design with nature*. John Wiley & Sons, New York, 1992.

¹⁰ Véase CASANOVA L. Hugo D. (2008) *Muestreo no Probabilístico y Subjetividad*. Versión 6, noviembre 2008. Knol de Google. En <http://knol.google.com/k/hugo-casanova/muestreo-no-probabilistico-y-subjetividad/vfs2e66lv947/8#view>

Cartografías Básica y Temática

En tanto que los riesgos y peligros naturales se expresan en el territorio, toda estrategia o esfuerzo en materia de prevención y mitigación debe respaldarse, necesariamente, en elementos capaces de representar dichos riesgos de manera gráfica, evidente y comprensible. Es ahí donde la cartografía impresa o digital incorporada en un SIG, adquiere su justa dimensión.

Este Atlas contempla un componente cartográfico intensivo estructurado en dos grandes apartados: Cartografía Básica/Temática, que como su nombre indica, provee la información necesaria e indispensable sobre el territorio en cuestión, vale decir, el Área de Estudio, y que se emplea como insumo del segundo apartado: la Cartografía de Riesgos, la cual se obtiene, por una parte, al adicionar a la básica la información sobre riesgos y, por otra, al generar nuevos productos mediante análisis cartográfico y espacial.

La cartografía básica/temática incluye información del medio físico natural (fisiografía, morfopedología, topografía y relieve, altimetría y planimetría, vegetación, geología/edafología, hidrología superficial y subterránea, entre otros temas), del patrimonio construido (traza urbana, vías de comunicación, infraestructura, etc.), y está vinculada a información estadística sociodemográfica, de origen censal, en algunos tópicos.

Mapa Base

El instrumento fundamental para todo el desarrollo cartográfico lo constituye el mapa base, de ahí la relevancia de su adecuada construcción. El mapa base, en el caso de este trabajo, se referirá a la ciudad de Champotón aunque la evaluación de cierto tipo de riesgos de origen hidrometeorológico, como las inundaciones, exige la consideración de regiones allende el objeto formal de estudio (ciudad de Champotón) en virtud del papel que desempeñan en la mecánica particular de esa clase de riesgos. Esta situación impondrá la necesidad de establecer un área circundante a la ciudad, en la cual se pueda extender el análisis de riesgos como los antes mencionados. Los criterios para la definición de esa área (a la que suele identificarse como Área de Influencia) en el presente caso derivan de los siguientes factores:

- La topografía particular de la región perimetral de la zona urbana.
- La permeabilidad de los suelos en dicha zona.
- La cobertura vegetal en las áreas aledañas a la zona urbana.
- El río Champotón cuyo curso antecede el asentamiento de la ciudad y cuya desembocadura al mar se realiza dentro de la zona urbana de ésta.¹¹
- Las condiciones batimétricas en el frente costero de la ciudad.
- El patrón de la dinámica hidrológica en la región del frente costero y especialmente en las zonas de desembocadura y adyacentes.

Aun cuando el Mapa Base constituye el insumo cartográfico central, su construcción implica la utilización de otros insumos entre los cuales pueden citarse: Los Marcos Geoestadísticos Nacional, Estatal y Municipales, generados por INEGI y los gobiernos estatales y municipales, las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB's) tanto urbanas como rurales, el Catálogo de Integración General de Localidades (CIGEL) de INEGI, así como otros materiales provenientes de planes, programas, estudios e investigaciones desarrollados por las autoridades estatal y municipal, entre éstos pueden mencionarse Los Programas Directores Urbanos (PDU's), los Programas de Ordenación

¹¹ En este sentido es importante considerar la cuenca del río y su relación con el área de estudio.

Territorial de nivel estatal, municipal o local y, desde luego, de programas especializados en materia de protección civil.

De especial complejidad resulta la adquisición de información para la porción marina del frente costero, aunque es posible solventar razonablemente esta cuestión mediante la información de instituciones públicas y académicas especializadas como la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, la Secretaría de Marina, el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Ecología, Pesquería y Oceanografía de Golfo de México (EPOMEX) de la Universidad Autónoma de Campeche, por mencionar solamente algunas.

Asimismo, la doble condición portuaria de Champotón (fluvial y marina) agrega una importante carga de complejidad en el análisis cartográfico de riesgos por inundación, pues implica, por un lado, la evaluación del peligro de mareas de tormenta (y la consecuente incorporación de consideraciones de cambio climático y elevación del nivel medio del mar) así como el riesgo debido a inundaciones por desborde del río homónimo.

Es necesario comentar que las imágenes cartográficas que acompañarán este apartado son exclusivamente imágenes (en formato JPEG) de baja resolución con meros fines ilustrativos, las cuales fueron extraídas del SIG en el cual se encuentran con los formatos apropiados para alta resolución gráfica. Adicionalmente, el Anexo Cartográfico contiene toda la cartografía (básica y de riesgos) en formato de imagen (bmp) de alta resolución, editada especialmente para impresión a todo color en formato de 90 x 60 cm. En caso de requerirse impresiones de mayores dimensiones (y resolución aún más elevada), éstas podrán realizarse desde el propio SIG.

Zona Urbana



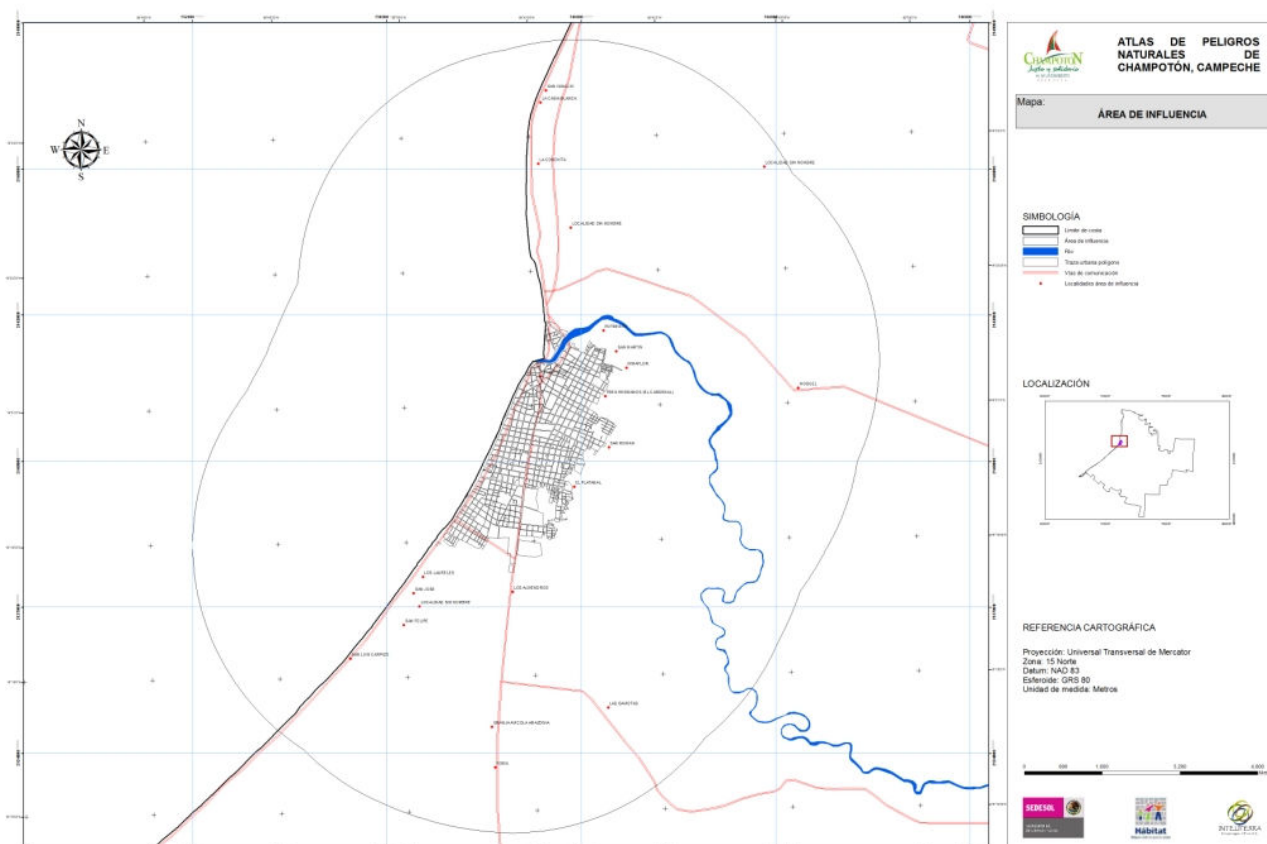
Mapa CBT1) Ciudad de Champotón: Zona Urbana (ZU)

La ciudad de Champotón (cabecera municipal), identificada como Zona Urbana (ZU) en el presente estudio, es el asentamiento donde se concentra la mayor parte de la población, así como del equipamiento, la infraestructura y dotación de servicios. En 1990, su población era de 18,505 habitantes (cerca de 25.8% del total municipal). Para el año 2000, contaba con una población de 23,035 habitantes (32.65% del total municipal) como resultado de una dinámica de crecimiento media anual de 2.01% entre 1990 y 2000. Cabe destacar el comportamiento divergente que en términos demográficos tuvieron el municipio y su cabecera en este periodo (1990-2000). Así, mientras que el primero experimentó un decrecimiento del orden de (-)0.16% anual, la cabecera creció a 2.01%, afianzándose como punto de concentración poblacional.

La población de la ciudad creció a 27,235 en 2005, como resultado de una tasa media de crecimiento anual de 2.83% entre 2000 y 2005, ritmo muy superior al correspondiente municipal que en el mismo lapso fue de 1.27%. El XIII Censo General de Población y Vivienda (2010) establece, en sus resultados definitivos, una población total municipal de 83,021 habitantes, y la población de la cabecera es de 30,881 habitantes (37.2% del total municipal). Ello determinaría que, entre 2000 y 2010, la ciudad creció a un ritmo promedio anual de 2.7%, mientras que el municipio lo hizo a 1.49% anual.

La ZU ocupa actualmente una superficie de 999.26 has. Es necesario destacar que en el cuerpo de texto del documento Programa Director Urbano (PDU) de la ciudad de Champotón (versión actualizada 2009), se asienta como superficie de la ZU 681.72 has, aunque en el Sistema de Información Geográfica (SIG) del mismo documento, la superficie de la ZU es de 844.869 has., valor más próximo al calculado para este trabajo, lo que hace suponer que el valor de 681.72 has puede corresponder a versiones previas del PDU y cuya permanencia sea atribuible a un simple gazapo.

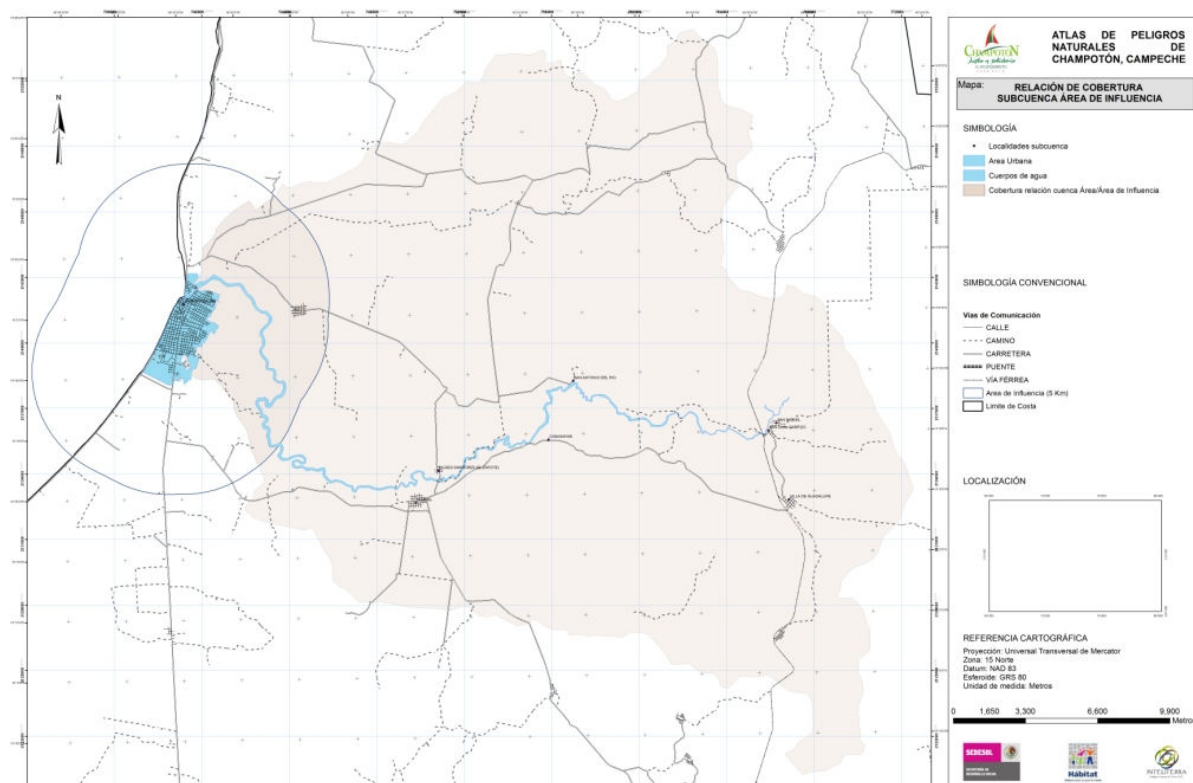
Área de Influencia



Mapa CBT2) Ciudad de Champotón: Área de Influencia (AI)

El Área de Influencia (AI) de la ciudad de Champotón, se estableció definiendo un perímetro de 5 kilómetros de radio en todas direcciones, a partir de los límites de la ZU. Esto define un superficie total del AI de 16,961.264 has de las cuales 11,085.976 (65.36% del total) corresponden a porción terrestre y 5,875.288 (34.64%) a la porción marina. El AI, contiene, aparte de la cabecera, 21 localidades de las cuales 20 son menores a 20 habitantes y entre todas ellas totalizan 70 personas. La localidad restante es Moquel, con una población para 2010¹² de 695 habitantes (contaba con 638 en 2005). Ello determina que el AI contiene una población total de: 31,646 habitantes, de los cuales, la cabecera concentra 97.6%, Moquel 2.2% y las restantes 20 localidades 0.2%.

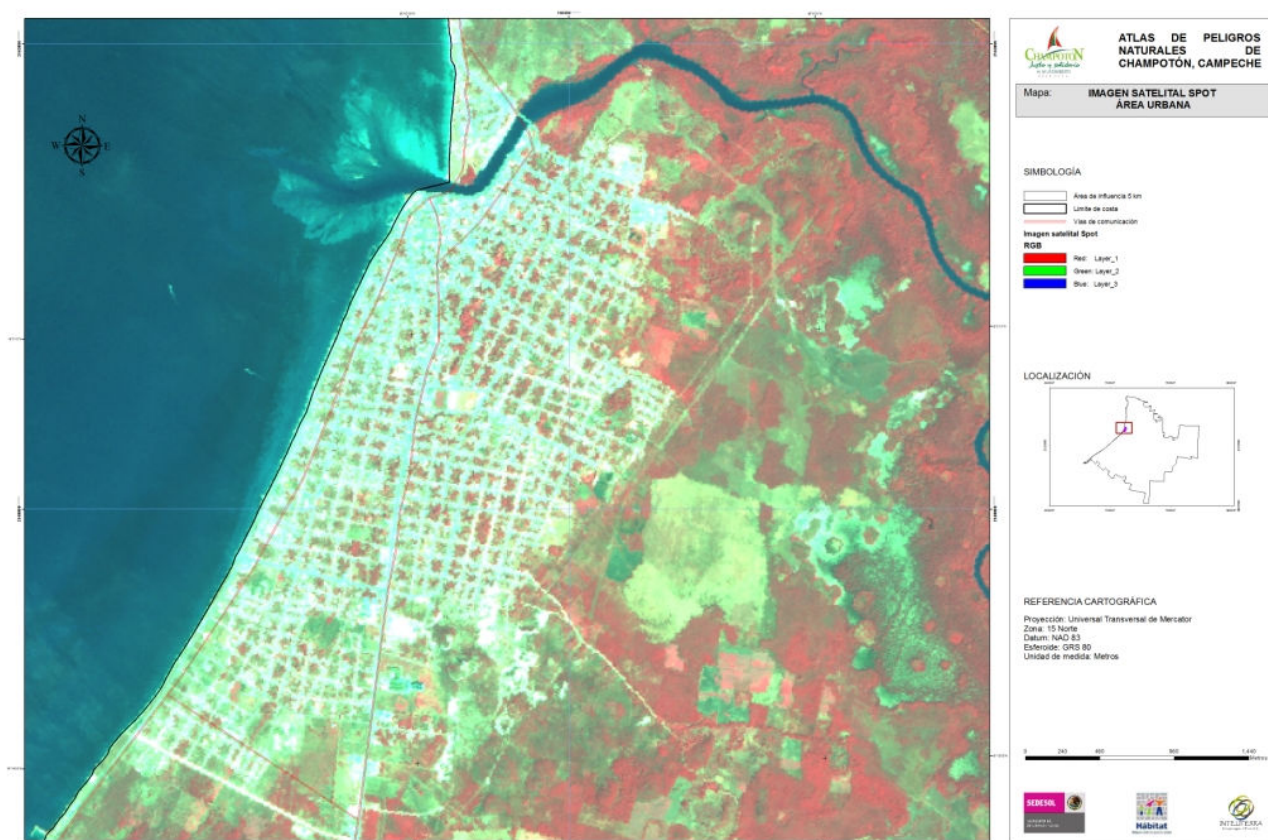
¹² XIII Censo General de Población y Vivienda, 2010-INEGI. Resultados definitivos.



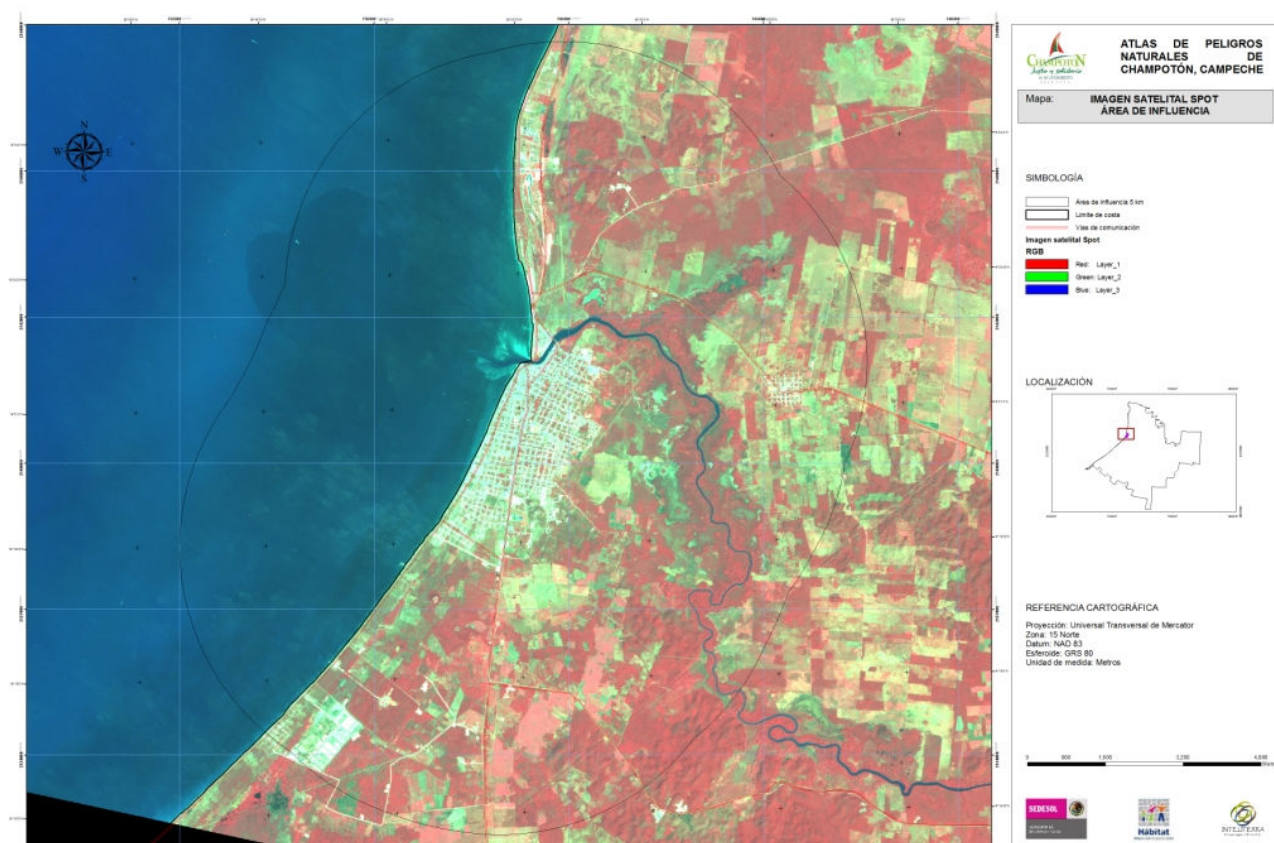
Mapa CBT2a) Relación cuenca río Champotón/AI

Imagen Satelital y Ortofoto

El empleo de imágenes de satélite aplicado a las técnicas de Percepción Remota (PR), así como el de material aerofotogramétrico rectificado (ortofotos) ha probado ser un poderoso auxiliar en las tareas de análisis y cartografía de riesgos. Las ortofotos empleadas fueron la E15B37F para la ZU y un mosaico de cinco para el AI: E15B38A, E15B38D, E15B37C, E15B37E y E15B37F, provenientes del set de ortofotos digitales del INEGI (2000). Las imágenes satelitales fueron Imágenes SPOT 5, una multiespectral (2006/08/07-17:40:36) K-J: 605-311, con cuatro bandas espectrales, resolución espacial de 10 m y Nivel de procesamiento 1A, la otra es una pancromática (2006/08/17-20:19:43) K-J: 605-311, con una banda espectral, resolución espacial de 2.5 m y Nivel de procesamiento 1A.



Mapa CBT2b) Imagen Satelital SPOT (ZU)



Mapa CBT2c) Imagen Satelital SPOT (AI)



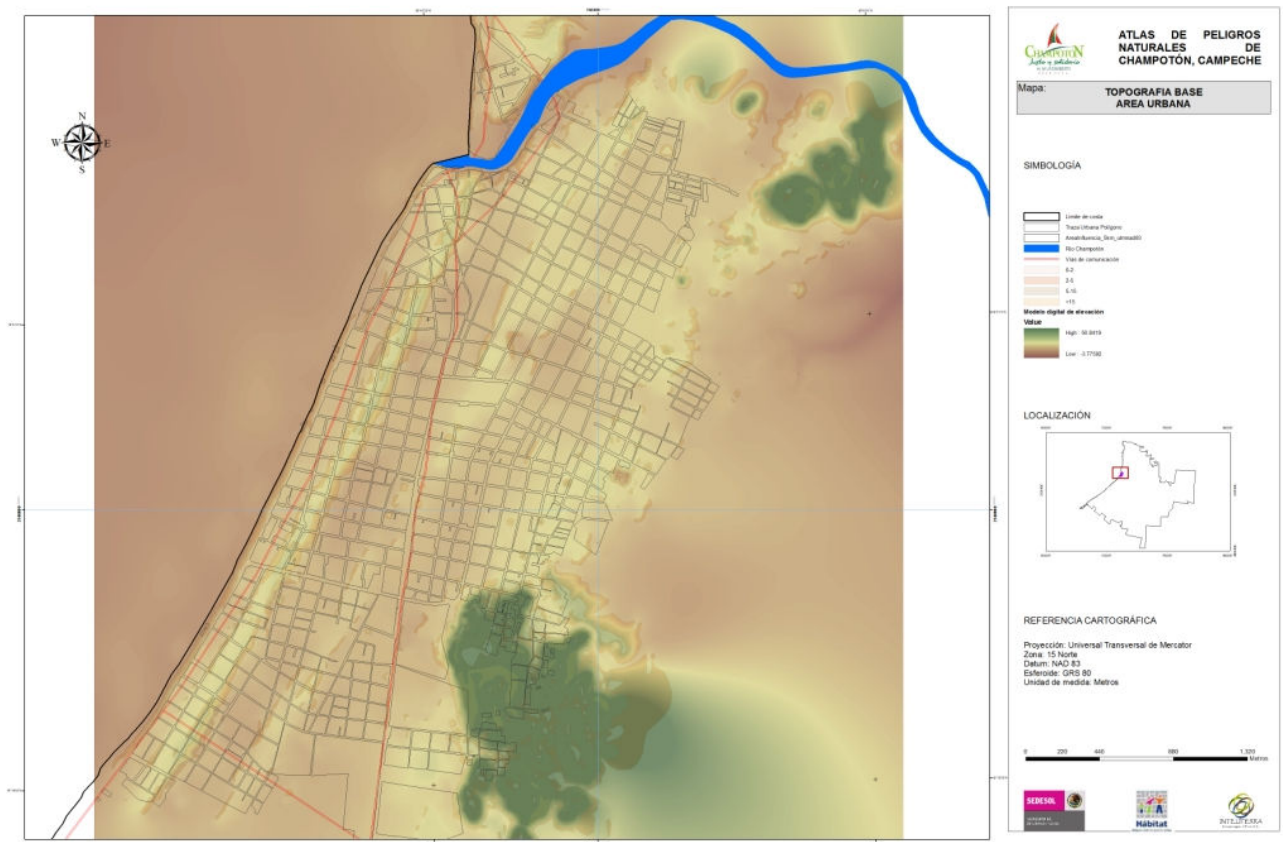
Mapa CBT2d) Ortofoto (ZU)



Mapa CBT2e) Ortofoto (AI)

Topografía Básica

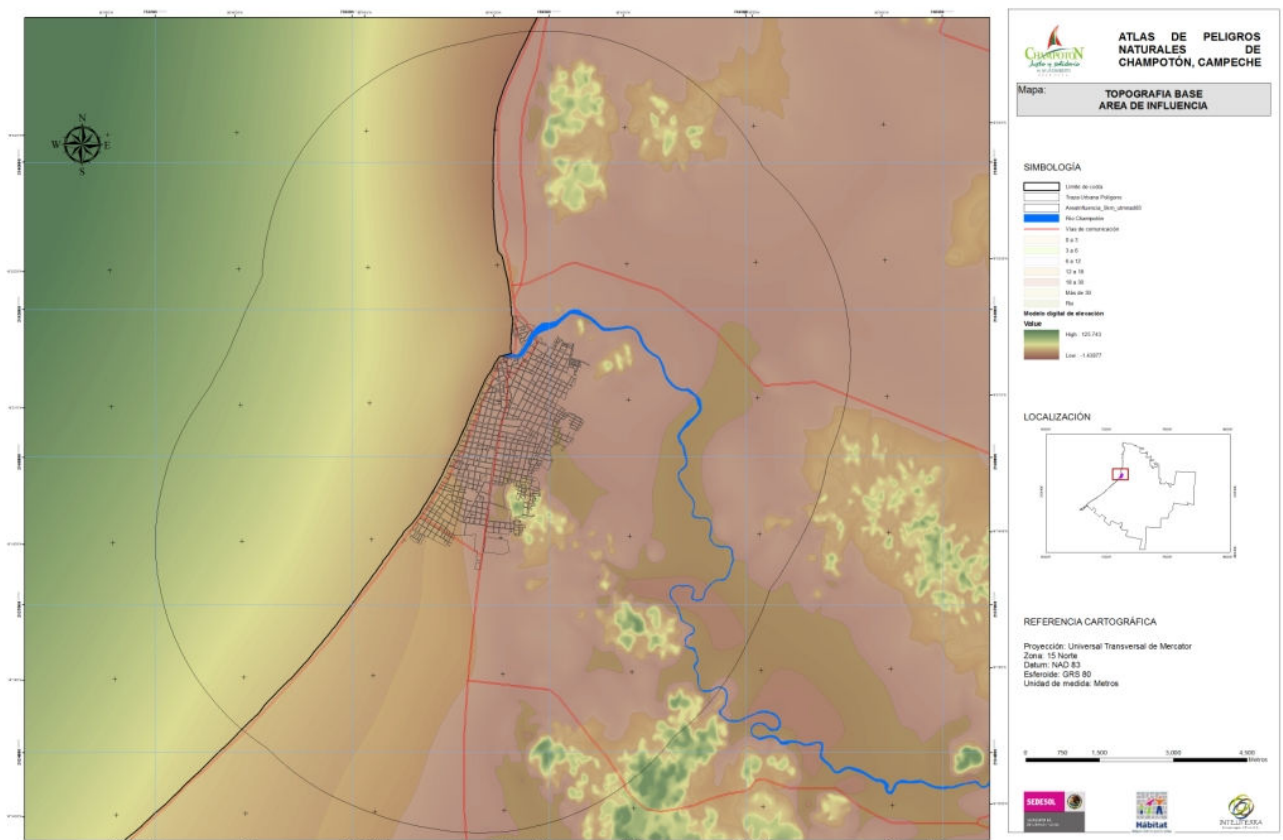
Para estas cartas se emplearon los respectivos MDE-ZU/MDE-AI y las curvas de nivel a 100 m para ZU y para AI, aunque se preparó también una carta de ZU con curvas de nivel a 1 m.



Mapa CBT3) Topografía base (ZU)

La ciudad de Champotón se asienta en una zona de planicie costera lo que determina, en primera instancia, una fisiografía más bien libre de grandes accidentes, con pendientes muy suaves (poco más de 93% de la ZU muestra pendientes entre 0 y 2%, estimadas con curvas de nivel a 100 m. Esta proporción disminuye a cerca de 85% cuando se emplean curvas de nivel a 1 m.) cerca del cordón litoral, seguidas de otras ligeramente mayores (2-5%) y presentando las pendientes más inclinadas (5-15% y 15-35%) en los dos núcleos “elevados” que se localizan en las zonas NE y S con respecto al centro del polígono de la ZU. Se detectan ondulaciones longitudinales que conectan en la llanura costera, la cual puede exhibir alturas de hasta 50 m. Esta pauta fisiográfica se repite de

manera muy similar en el AI, donde la proporción de superficie con pendientes entre 0 y 2% alcanza 88%.



Mapa CBT4) Topografía base (AI)

Modelo Digital de Elevación (MDE)

Un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Un MDE puede describirse de forma genérica del modo siguiente:

$$z = \zeta x, y$$

Donde z es la altitud del punto situado en las coordenadas x e y , y ζ la función que relaciona la variable con su localización geográfica. Los valores de x e y suelen corresponder con las abscisas y ordenadas de un sistema de coordenadas plano, habitualmente un sistema de proyección cartográfica. La ecuación anterior representa una superficie o campo escalar en la que la altitud es una variable continua. Dado que esta superficie está formada por un número infinito de puntos no

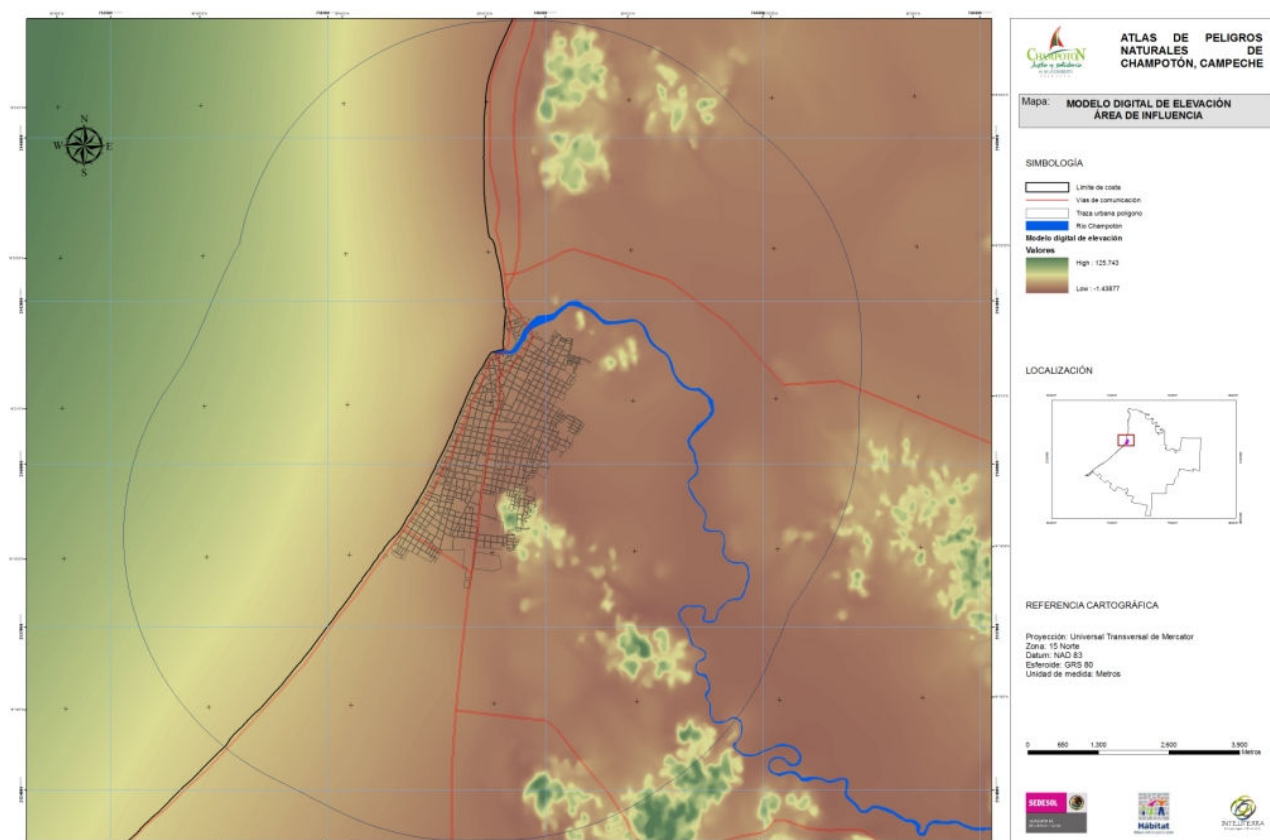
es posible su modelización sin cierta pérdida de información, proceso equivalente al de generalización cartográfica en los mapas convencionales.

El MDE es un caso particular de los Modelos Digitales de Datos (MDD) en el que la variable a representar (cuantitativa y continua) es la cota o altura del terreno.

Cuando se desarrollan MDE's empleando un SIG, el formato raster suele ser el más adecuado para esta tarea. El método de generación de MDE más habitual y económico es la digitalización de curvas de nivel y, dado que se dispone de este insumo, es el que se utilizará en el presente trabajo.

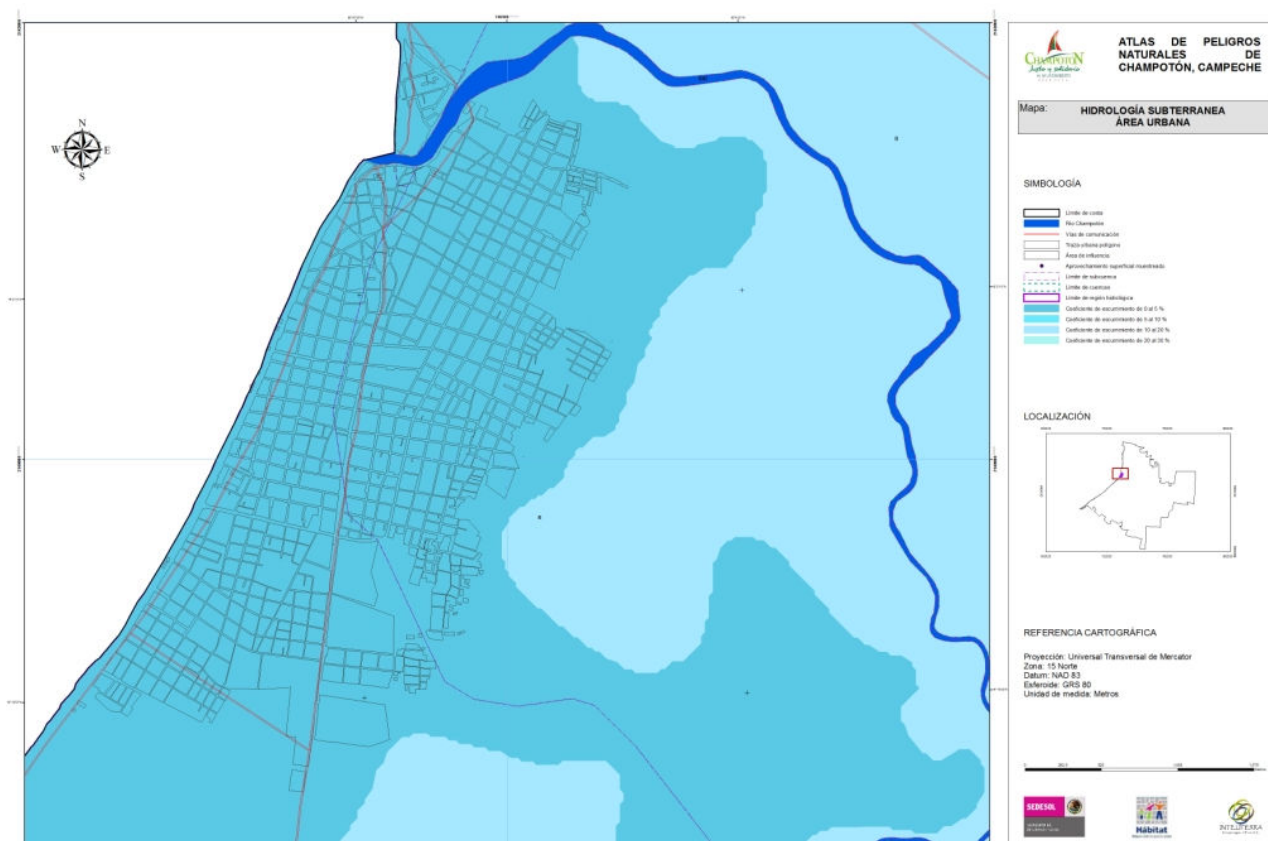
Como en el resto de la cartografía que se ha venido presentando, el MDE fue estructurado tanto para la ZU como para el AI. Ambos mapas se presentan a continuación:





Mapa CBT6) Modelo Digital de Elevación (AI)

Hidrología



Mapa CBT7) Hidrología Superficial (ZU)

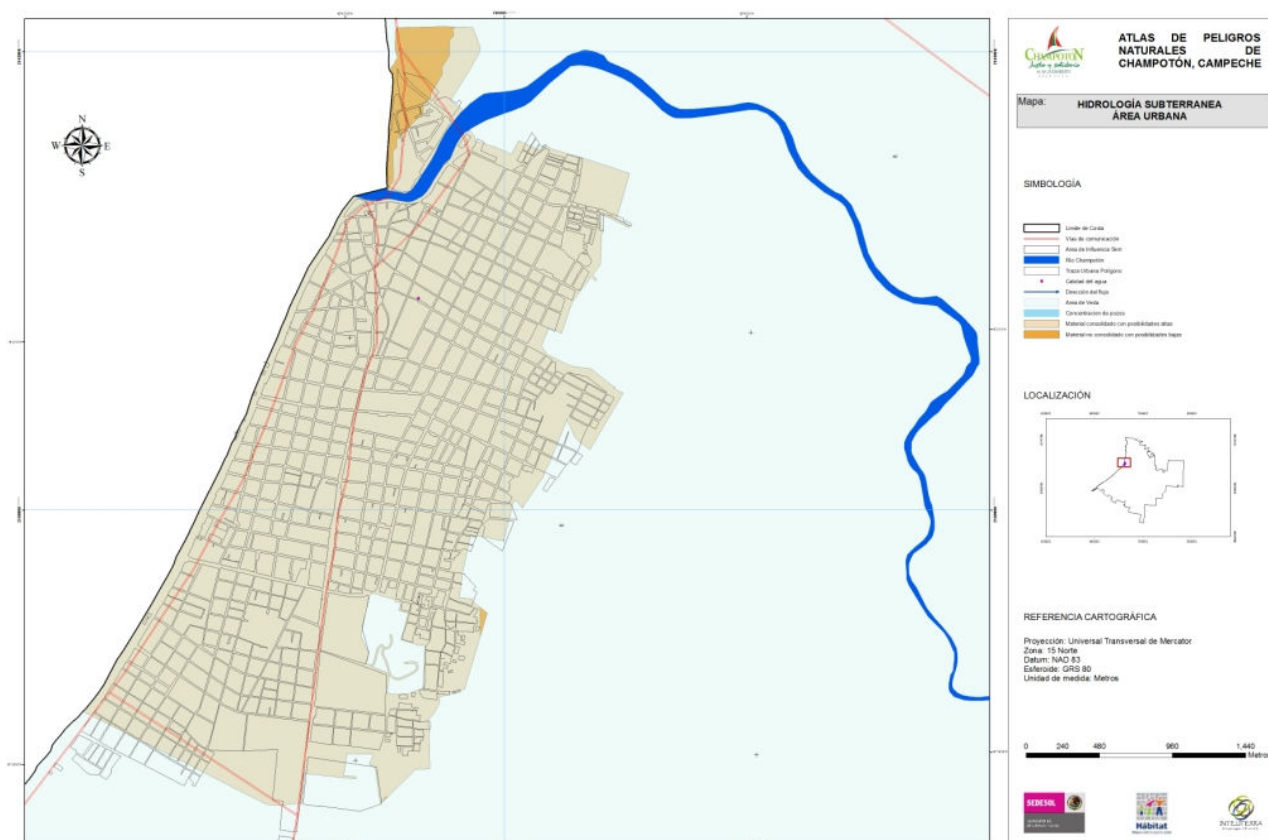
Sin lugar a duda, la corriente de aguas superficiales más relevante del municipio la constituye el Río Champotón. Éste se localiza a los 19°22'LN y 90°43'LO en un área subtropical. Es uno de los ríos importantes en la cuenca hidrográfica del sur del Golfo de México y su influencia sobre la ecología de la Sonda de Campeche puede llegar a ser notable. Posee una longitud aproximada de 58 km y su descarga se estima en $0.2 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{año}$. La amplitud de la desembocadura es de $\pm 85 \text{ m}$ y la profundidad en su zona media oscila entre 2.5 y 4.5 m dependiendo de las mareas. Lo circunscribe un complejo sistema de bosques de *Rhizophora mangle*. El sedimento de la boca es arena calcárea y arcillas; hojas de manglar en descomposición predominan hacia el interior del río. La ciudad de Champotón, cabecera del municipio, tiene asiento junto a su desembocadura. De acuerdo con la regionalización hidrológica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), se identifican dos cuencas hidrológicas (Río Champotón 1 y Río Champotón 2) que forman parte de la subregión

hidrológica denominada Río Champotón la cual a su vez se integra a la región hidrológica número 31 Yucatán Oeste.

Para los propósitos de este Atlas la existencia del río Champotón constituye un elemento de análisis de gran peso en materia de riesgo por inundación. Dado que los ríos suelen estar sujetos a variaciones de caudal anuales que, en muchos casos, se traducen en crecida y desborde/rebalse de sus aguas, las consideraciones al respecto tendrán que asumir estas condiciones periódicas y recurrentes.

De acuerdo con información del INEGI (carta topográfica esc 1:50,000, versión 4), la totalidad de la ZU de Champotón se asienta en terrenos con un Coeficiente de Escurrimiento¹³ que oscila entre 0 y 5%, aunque es factible encontrar coeficientes mucho mayores en el AI. Esto significa que dicha área, circundante a la ZU, puede constituir un elemento definitorio en el patrón general de escurrimiento, en combinación con sus características de relieve topográfico. Este aspecto será desarrollado en el apartado correspondiente al Análisis de Riesgos.

¹³ Definido como la relación entre el volumen de agua escurrida con relación al volumen precipitado en una superficie determinada durante un periodo igualmente establecido.

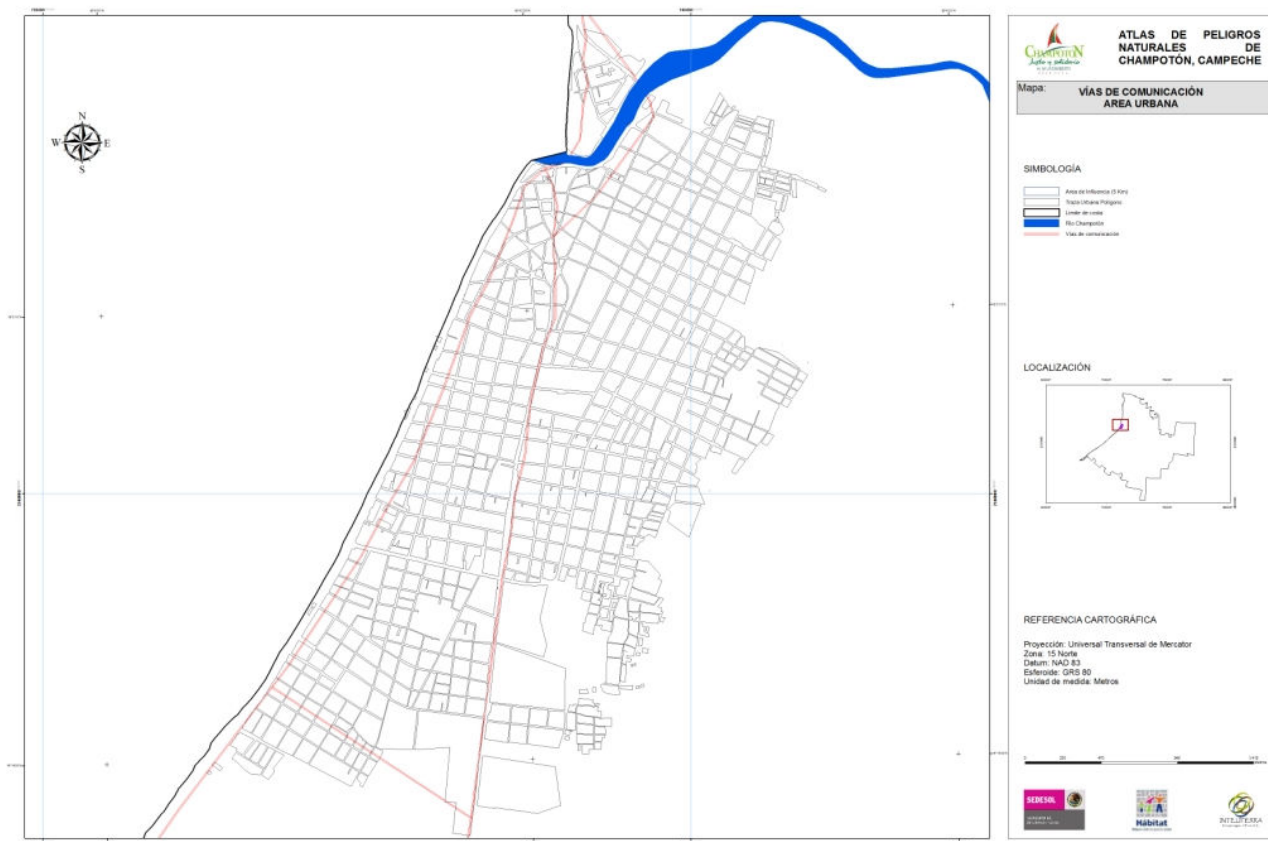


Mapa CBT8) Hidrología Subterránea (ZU)

La ZU presenta características geohidrológicas interesantes. La mayor parte de esta zona (95.09% de la superficie) se asienta sobre material consolidado con altas posibilidades de infiltración. Esto contribuye, sin duda alguna, a explicar los bajos coeficientes de escurrimiento (hasta 5%) que la ZU exhibe.

45 | P á g i n a

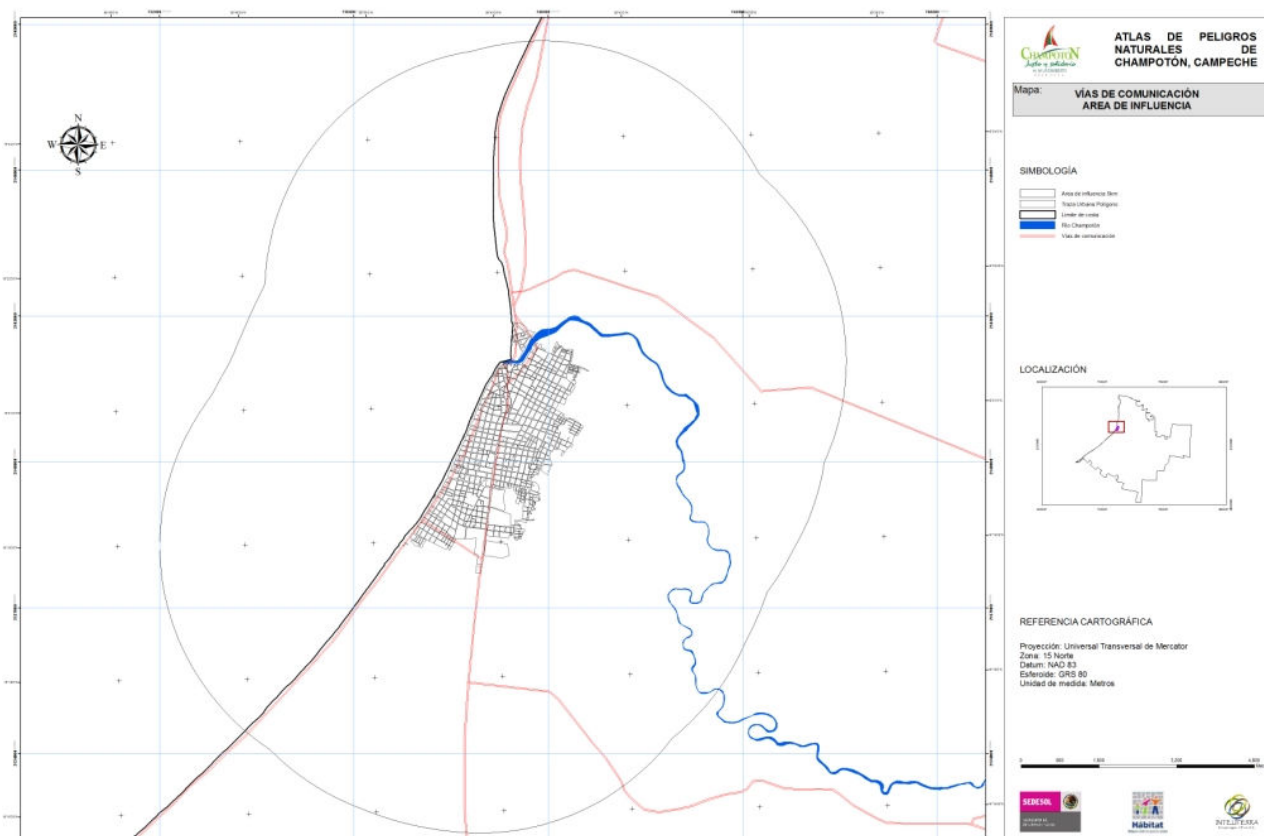
Vías de Comunicación Terrestre



Mapa CBT11) Vías de Comunicación Terrestre (ZU)

La ciudad de Champotón forma parte de un importante circuito de vialidad terrestre regional y también nacional al situarse en un punto de paso obligado hacia la zona norte de la península de Yucatán, en la gran vialidad federal (carretera 180) que conecta Matamoros, Tamaulipas, con Puerto Juárez, Q.Roo. Por otra parte, la carretera federal 261 conecta esta cabecera municipal con la ciudad de Escárcega, cabecera del municipio homónimo. A nivel estatal, su importancia estriba en que se ubica entre los dos principales polos de concentración económica y poblacional de la entidad: San Francisco de Campeche y Ciudad del Carmen. Champotón, como municipio, posee una muy buena conectividad externa, la cual favorece especialmente a su cabecera. El Programa Municipal de Ordenación del Territorio establece que, para el año 2000, el coeficiente de suficiencia vial del municipio era el tercero más alto de la entidad¹⁴.

¹⁴ Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Territorial de Champotón. 2006. Kairós-Consejo para el Desarrollo Territorial Sustentable, A.C./ Secretaría de Ecología/Ayuntamiento de Champotón, 2006.



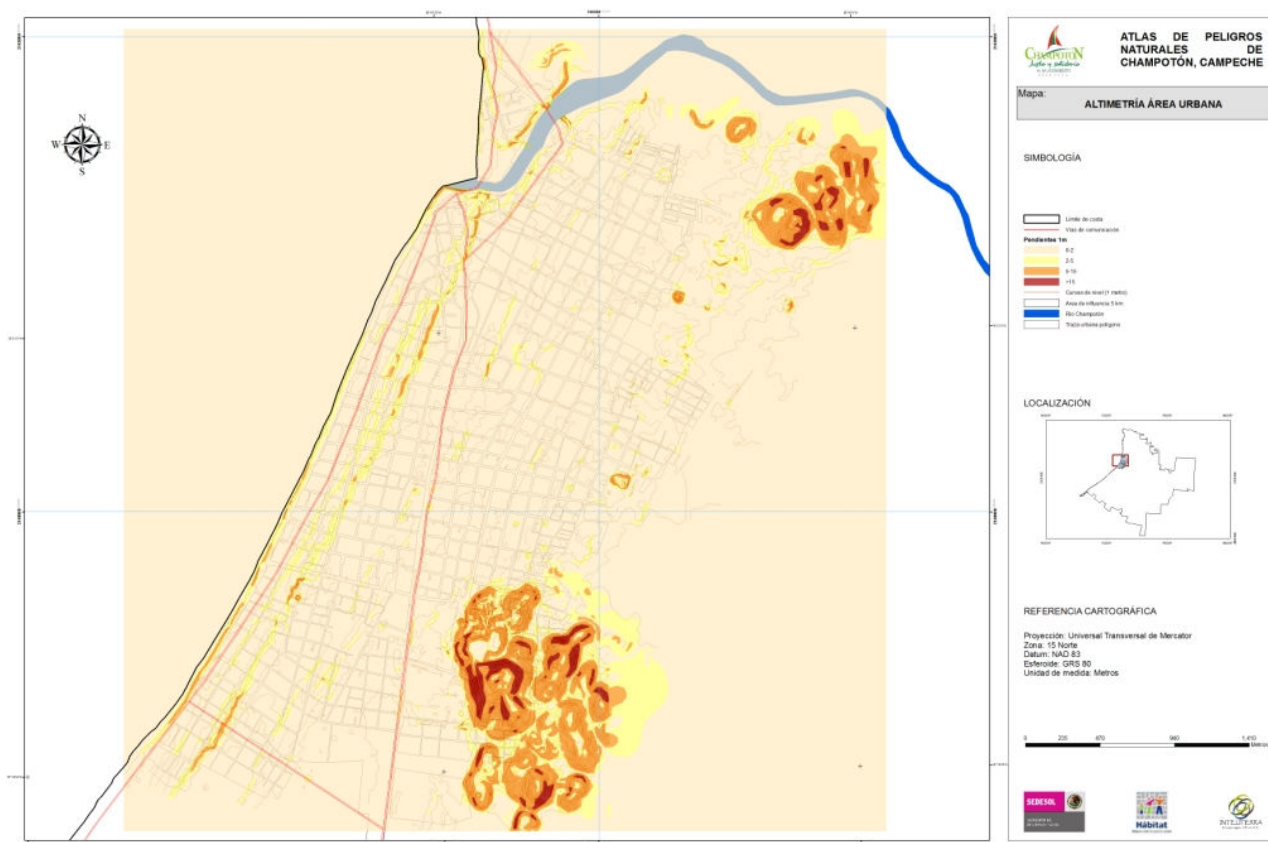
Mapa CBT12) Vías de Comunicación Terrestre (AI)

Con todo, *una debilidad propia de la red carretera municipal es la existencia de 23 puentes que, si bien no son demasiado largos (575.5 metros en total), sí resultan estratégicos pues interconectan diversos tramos de carretera. La vulnerabilidad de esta infraestructura a cortes debidos por láminas de agua o inundaciones constituye un factor de riesgo permanente en cuanto a conectividad terrestre se refiere*¹⁵.

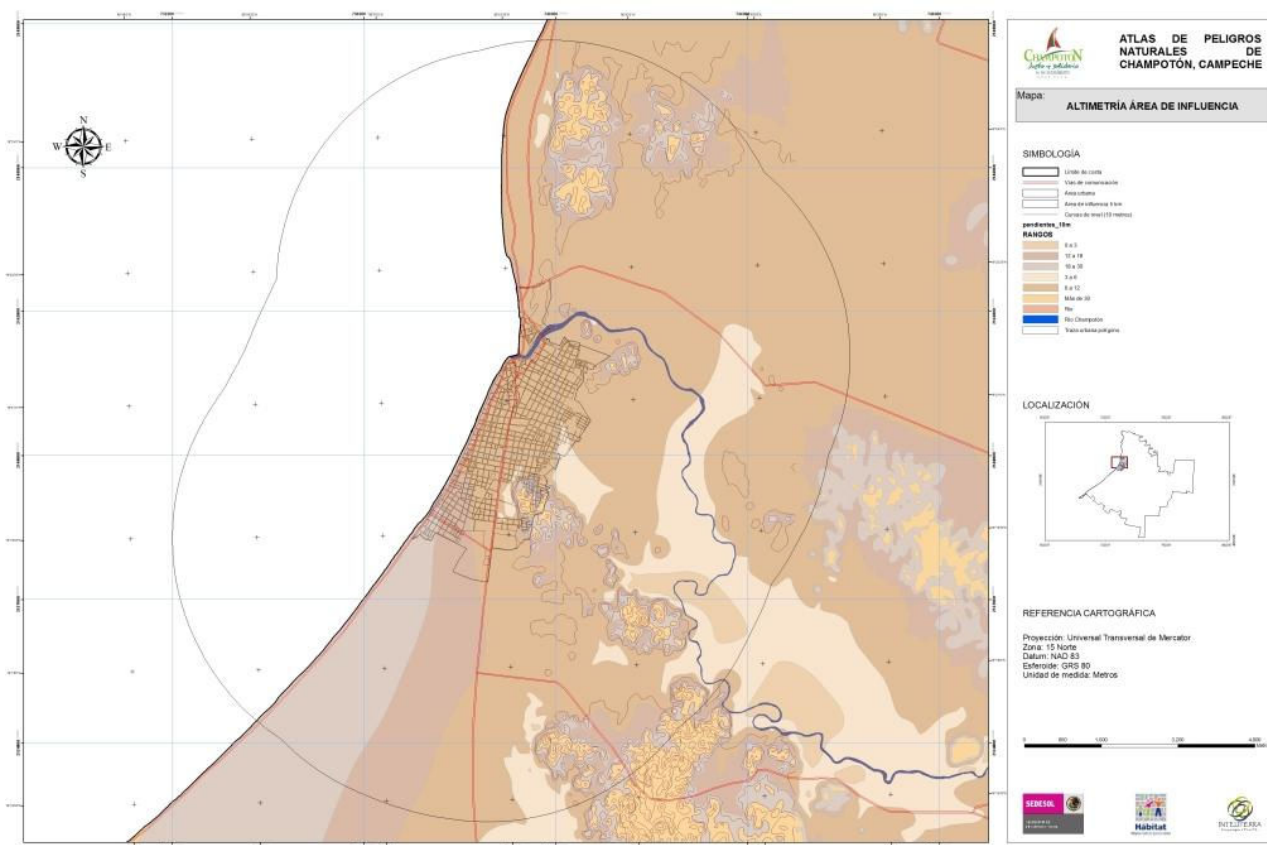
¹⁵ Ibid. De hecho, existen reportes de afectaciones (cortes) en ellos, en 1995 (Opal/Roxanne) y 2002 (Isidore).

Altimetría (mapa de pendientes)

En el análisis de riesgo por inundación, la altimetría del terreno tiene importancia capital. El mapa de Altimetría base se obtiene mediante la combinación de las cartas de pendientes y las curvas de nivel.



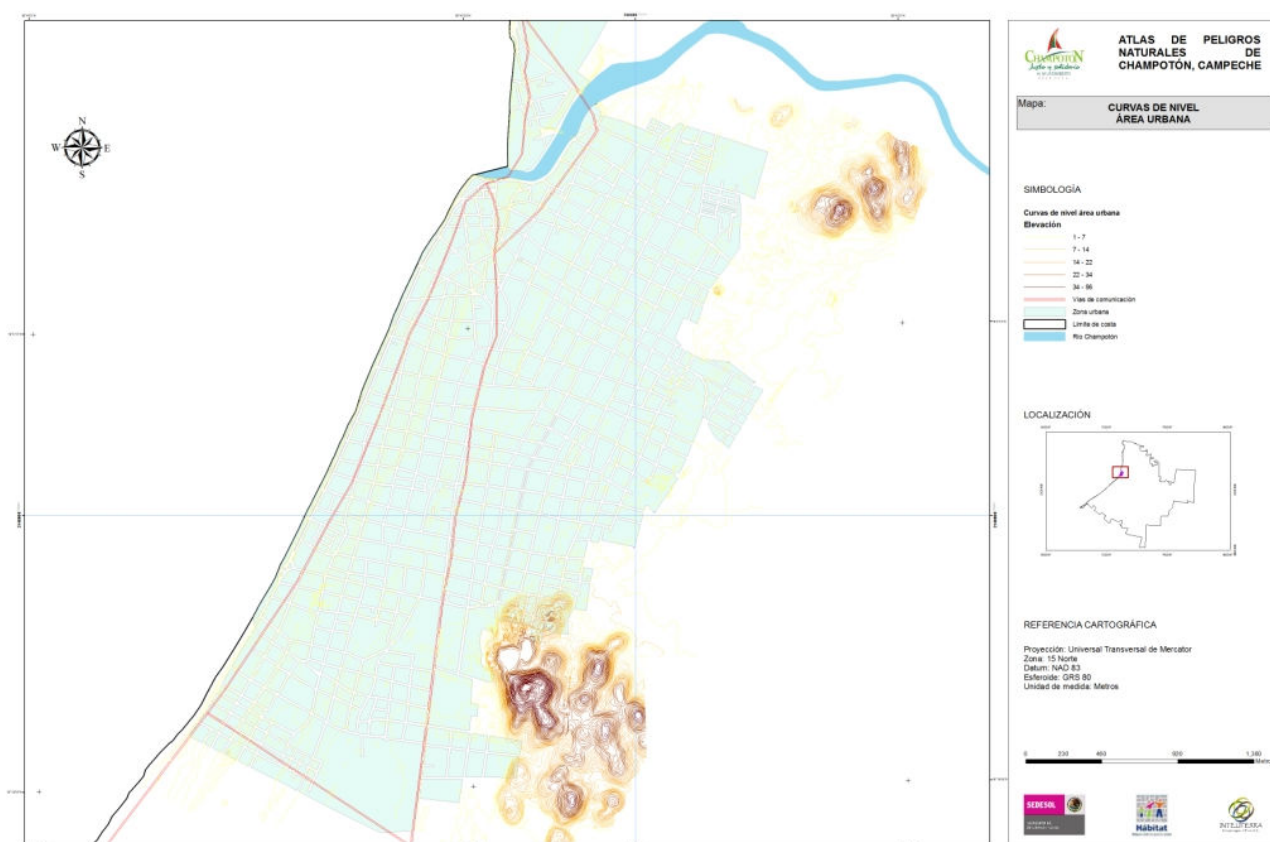
Mapa CBT13) Altimetría (ZU)



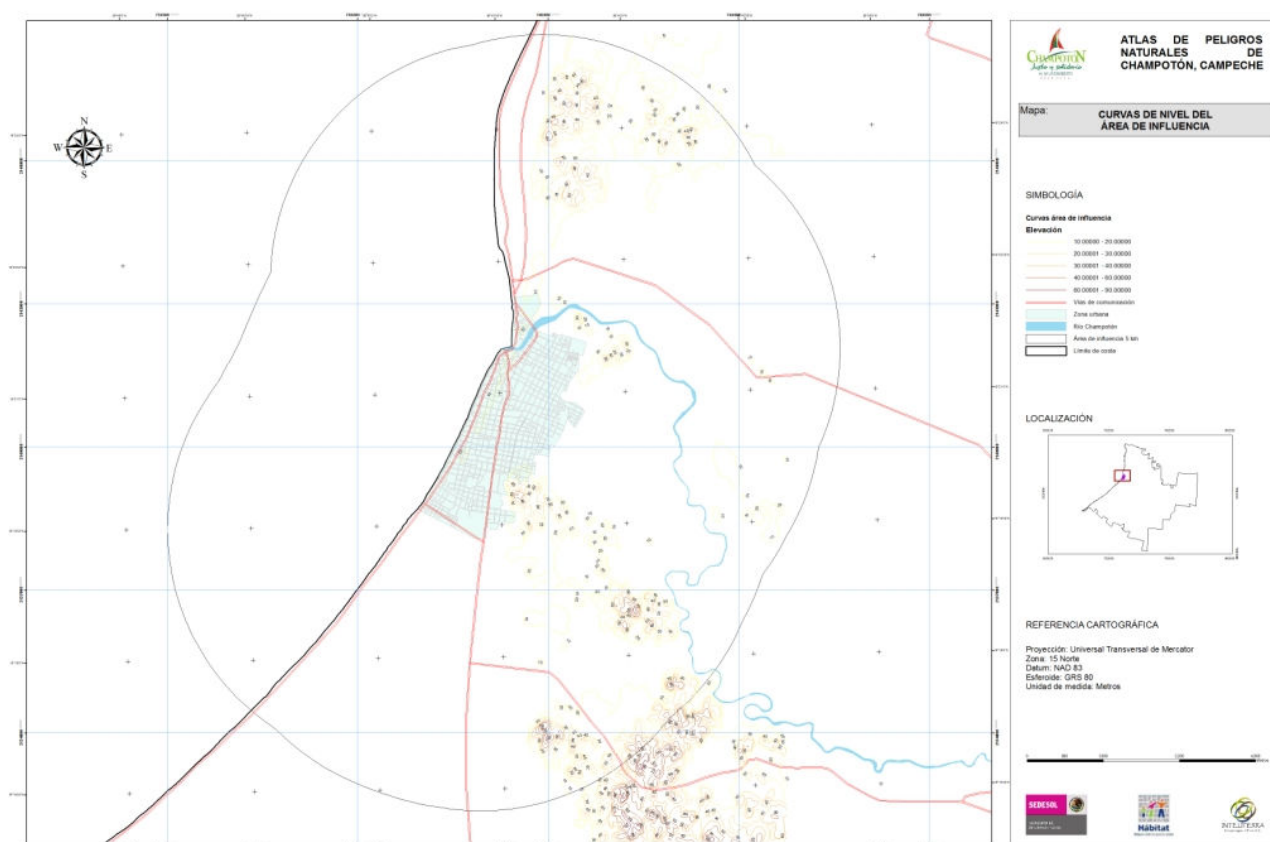
Mapa CBT14) Altimetría (AI)

Curvas de Nivel

Las cartas de curvas de nivel constituyen un insumo básico tanto para el análisis de la topografía y el relieve, como para aspectos de altimetría y la construcción de MDT/MDE's. Para este trabajo, se generaron cartas de pendientes tanto para la ZU como para el AI con base en curvas de nivel a 100 m. Sin embargo, para efectos de análisis de riesgo por inundación en la ZU, se generó una capa cartográfica adicional de pendientes con base en curvas de nivel a 1 m.

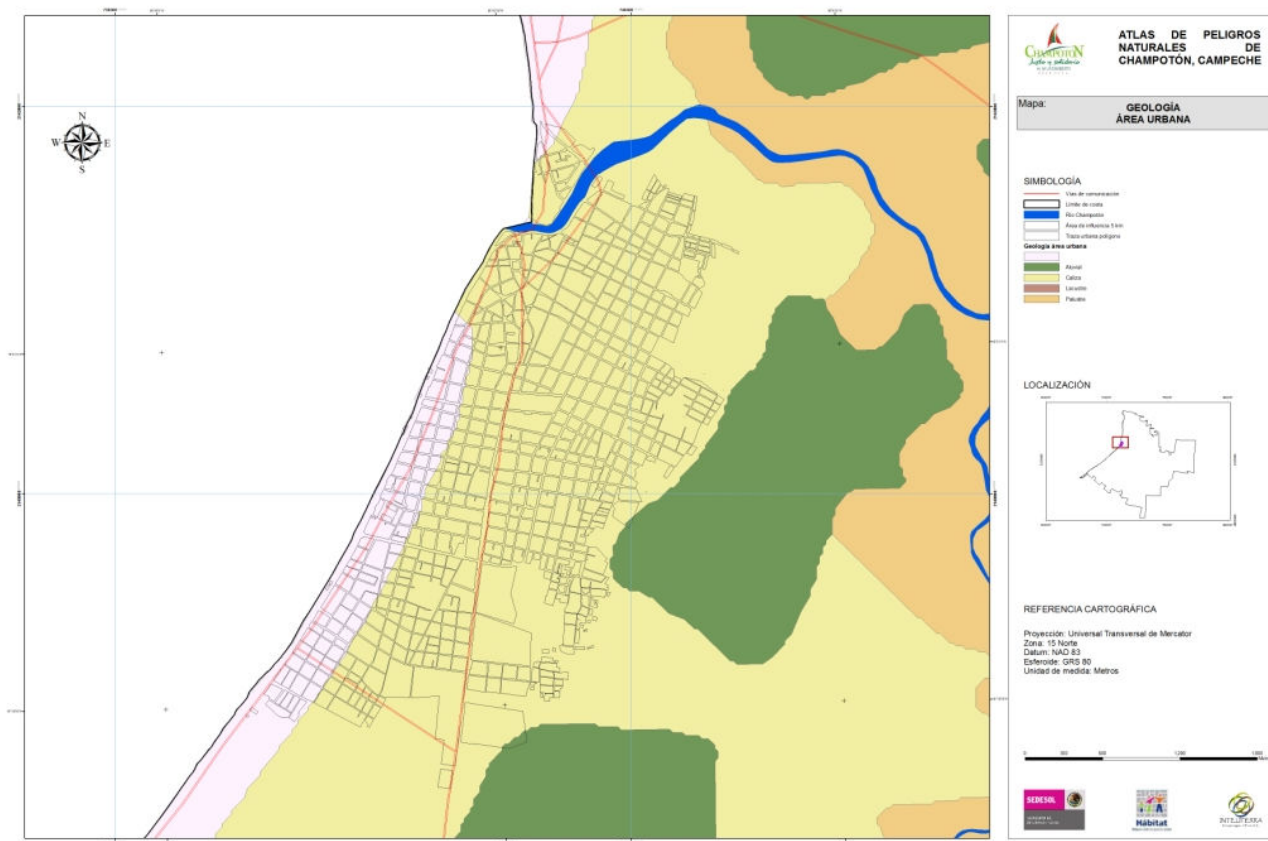


Mapa CBT15) Curvas de Nivel (ZU)



Mapa CBT16) Curvas de Nivel (A1)

Geología



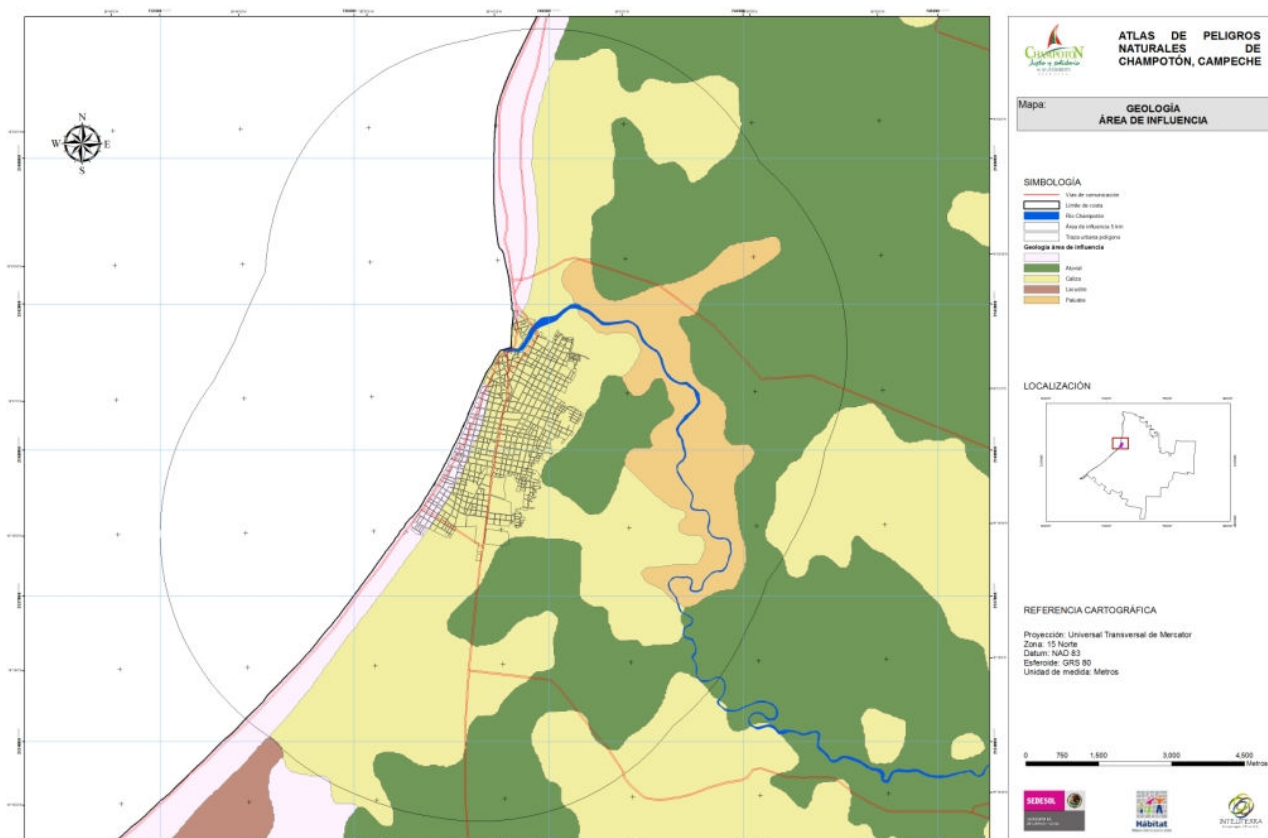
Mapa CBT17) Geología (ZU)

La geología de la ZU, así como la del AI, responden en términos generales al patrón geológico de todo el municipio (ver tabla inferior correspondiente a todo el territorio municipal). Es claramente visible la predominancia de estratos geológicos del Terciario (eoceno y paleoceno) caliza [$Te_{(cz)}$], que en el municipio alcanza 63.91% de la superficie total, en la ZU 84.13% (de la superficie ZU) y en el AI 42.39% (respecto a la extensión total del AI). En la ZU, a los estratos terciarios siguen los del Cuaternario caliza [$Q_{(cz)}$] presentes en 12% de su extensión, mientras que en el AI es el Cuaternario Aluvial [$Q_{(al)}$] el que sigue a los terciarios, dichos estratos ocupan 39.82% de la superficie del AI. Los estratos minoritarios de la ZU son el Cuaternario litoral [$Q_{(li)}$] con 2.83% de su extensión y el Cuaternario aluvial [$Q_{(al)}$] con cerca de 0.23%. En el AI, es el estrato Cuaternario palustre [$Q_{(pa)}$] el siguiente en predominancia al Terciario caliza y al Cuaternario Aluvial, con 9.94% de la extensión, y los minoritarios son los Cuaternarios litoral y caliza, con 3.98 y 3.3% de la superficie del AI, respectivamente.

Tabla 5) Geología del Municipio de Champotón

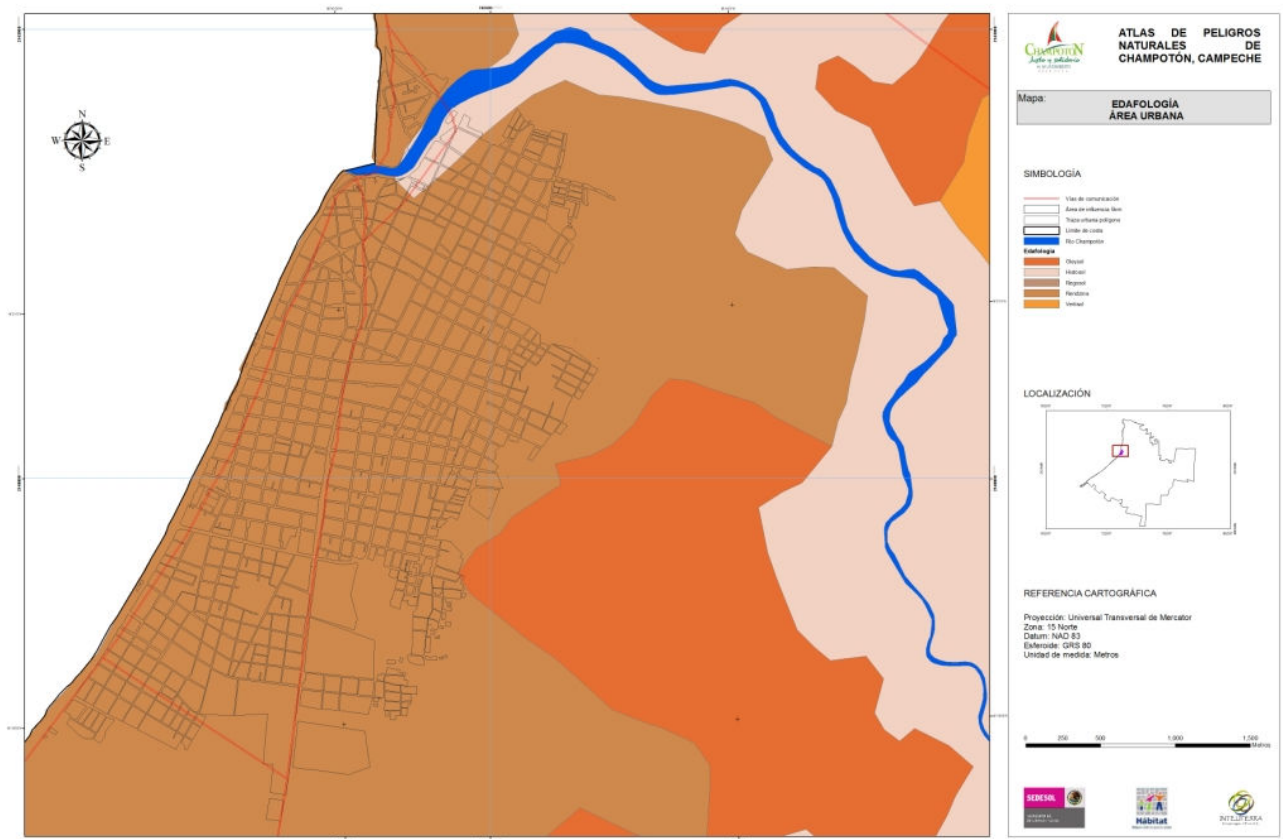
CRONOESTRATIGRAFÍA - TIPO DE ROCA	ÁREA Km ²	ÁREA %
Terciario eoceno – caliza	3,383.865	49.61
Terciario paleoceno - caliza	975.073	14.30
Cuaternario – aluvial	1,880.634	27.57
Cuaternario – lacustre	339.183	4.97
Cuaternario – residual	93.474	1.37
Cuaternario – caliza	76.100	1.12
Cuaternario – palustre	59.315	0.87
Cuaternario – litoral	11.138	0.16
Cuerpo de agua	1.760	0.03
TOTAL	6,820.542	100.00

Fuente: INEGI. Conjunto de datos vectoriales - carta geológica escala 1:250,000. Tabla extraída del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Champotón (2006).



Mapa CBT18) Geología (AI)

Edafología

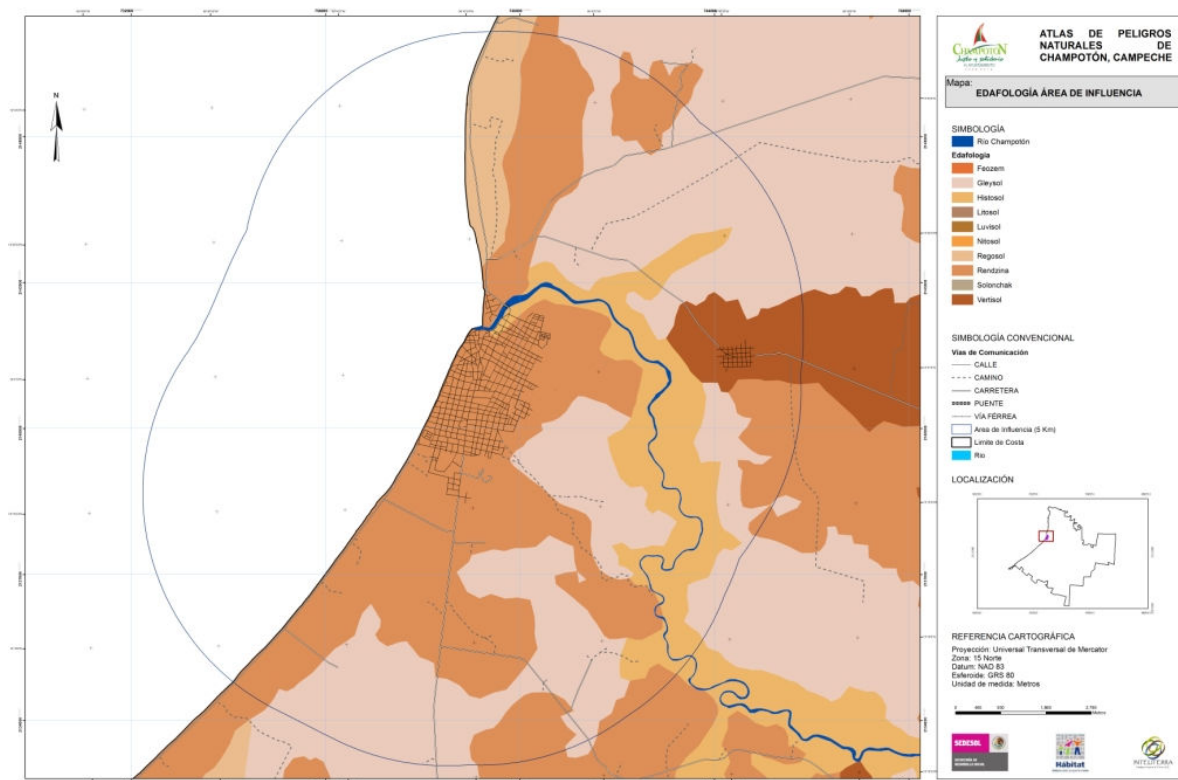


Mapa CBT19) Edafología (ZU)

La ZU se asienta sobre cuatro tipos distintos de suelo, aunque dos de ellos presentan superficies notablemente reducidas. Predomina ampliamente la Rendzina (97.57% del total de la ZU), un tipo de suelo que normalmente tiene asiento sobre estratos rocosos carbonatados (como la caliza) y por lo común es resultado de procesos erosivos, posee una aceptable capacidad mecánica para fines constructivos. Se consideran suelos poco evolucionados o básicos y su contenido de materia orgánica es rico. Se registra también Histosol (1.4% de la superficie total de la ZU), suelos muy ricos en materia orgánica, generalmente ácidos y con alto contenido de carbono capturado (12-18% en peso), suelen presentarse en zonas de humedal con drenaje restringido y debido a su escasa densidad (con frecuencia inferior a 0.3 g/cm^3) exhiben pobres capacidades de carga para actividades constructivas (pueden mostrar subsidencia al ser drenados). Su aprovechamiento agrícola no es sencillo aunque provistos de adecuado drenaje pueden ofrecer excelente fertilidad para pastura de ganado. Los componentes minoritarios del tipo de suelo son: el Regosol (0.18% de

la superficie ZU) y el Gleysol (0.03%), que son suelos hidromorfos asentados en material no consolidado, en los que la descomposición de materia biológica se hace en modalidad anaeróbica y cuyo contenido orgánico es abundante y ácido. Escasamente aprovechables para actividades productivas, suelen ubicarse en las inmediaciones de ríos y lagos.

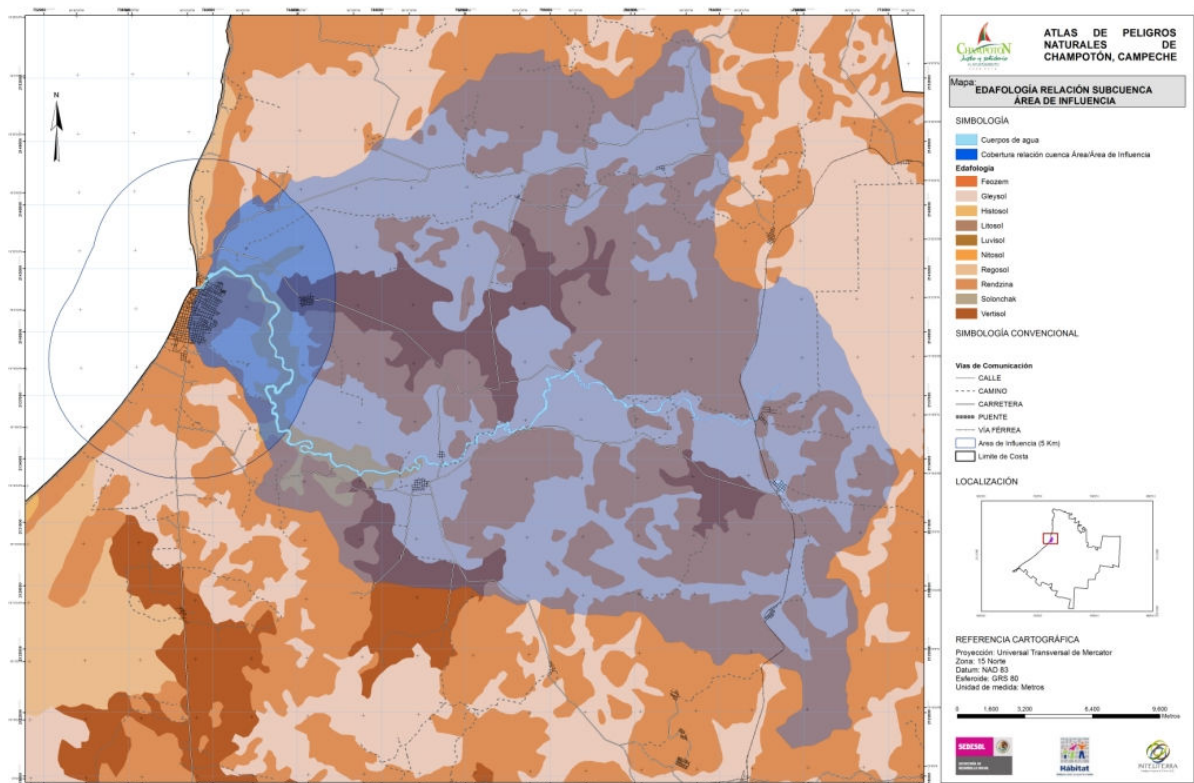
Es adecuado comentar una cuestión: Un estudio de CONAGUA para la localidad de Champotón, realizado en noviembre de 2007¹⁶, señala la existencia de una formación rocosa longitudinal que corre paralela a la línea de costa, a una distancia promedio de 20 m y que, según se averiguó, consiste de lajas. Esta información se corroboró in situ, en terrenos del patio trasero de una vivienda ubicada en las inmediaciones de la franja rocosa. Aunque la información oficial sobre geología y edafología del municipio y la localidad no hacen referencia a esta situación, su mera existencia hace obligatoria su consideración en los trabajos de este Atlas.



Mapa CBT20) Edafología (AI)

¹⁶ *Análisis de vulnerabilidad para ciudades con problemas de inundación, por fenómenos Hidrometeorológicos*, Ciudad de Champotón; Subdirección de Consejos de Cuenca, Gestión Social y Atención a Emergencias. CONAGUA. Dirección local Campeche, noviembre 2007

El AI muestra mayor diversidad en la tipología de suelos: Predominan la Rendzina (40.7% de la superficie total del AI) y el Gleysol (39.4%), seguidos del Histosol (11%), el Vertisol y el Regosol (poco más de 4% c/u).



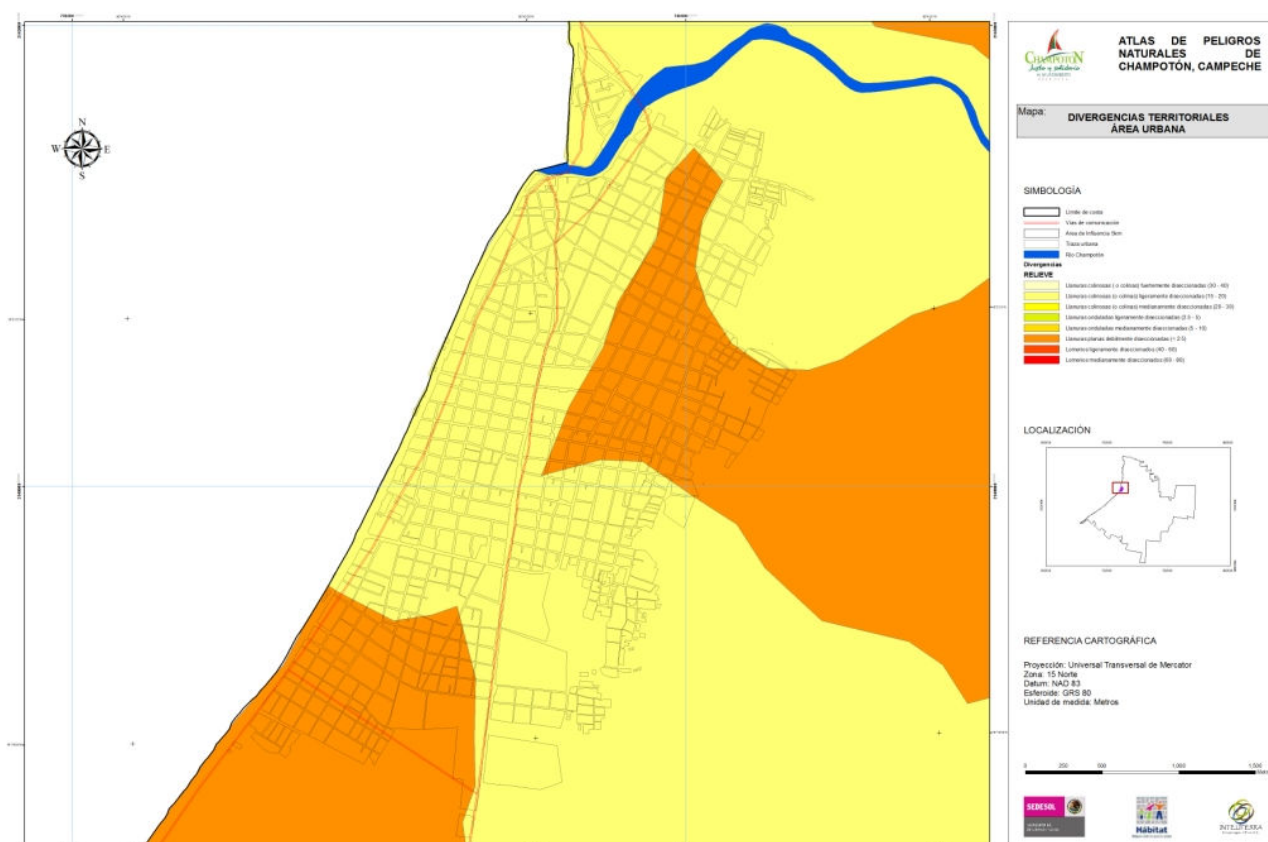
Mapa CBT 21) Edafología AI/Cuenca río Champotón

Divergencias Territoriales (disección vertical)

Las divergencias del territorio pueden analizarse a través de procesos de disección tanto horizontal como vertical. Cada uno de estos procesos tiene significados y empleos específicos. La Disección horizontal (Dh): es un índice erosivo natural que *expresa la densidad de drenaje por unidad de área* que permite realizar inferencias sobre el control litológico y los efectos de las precipitaciones. La Disección vertical (Dv): es un parámetro que *representa la amplitud del relieve (altura relativa) por*

unidad de área, y sirve principalmente para definir algunos tipos de relieve (montañas, lomeríos, planicies acolinadas, etc).¹⁷

La ZU se integra, geomorfológicamente, por dos tipos de relieve: *Llanuras colinosas (o colinas) ligeramente diseccionadas* (alturas entre 15 y 20 m) en aproximadamente 70% de su extensión, y *Llanuras planas débilmente diseccionadas* (alturas < 2.5 m) en el 30% restante.



Mapa CBT 22) Divergencias Territoriales (ZU)

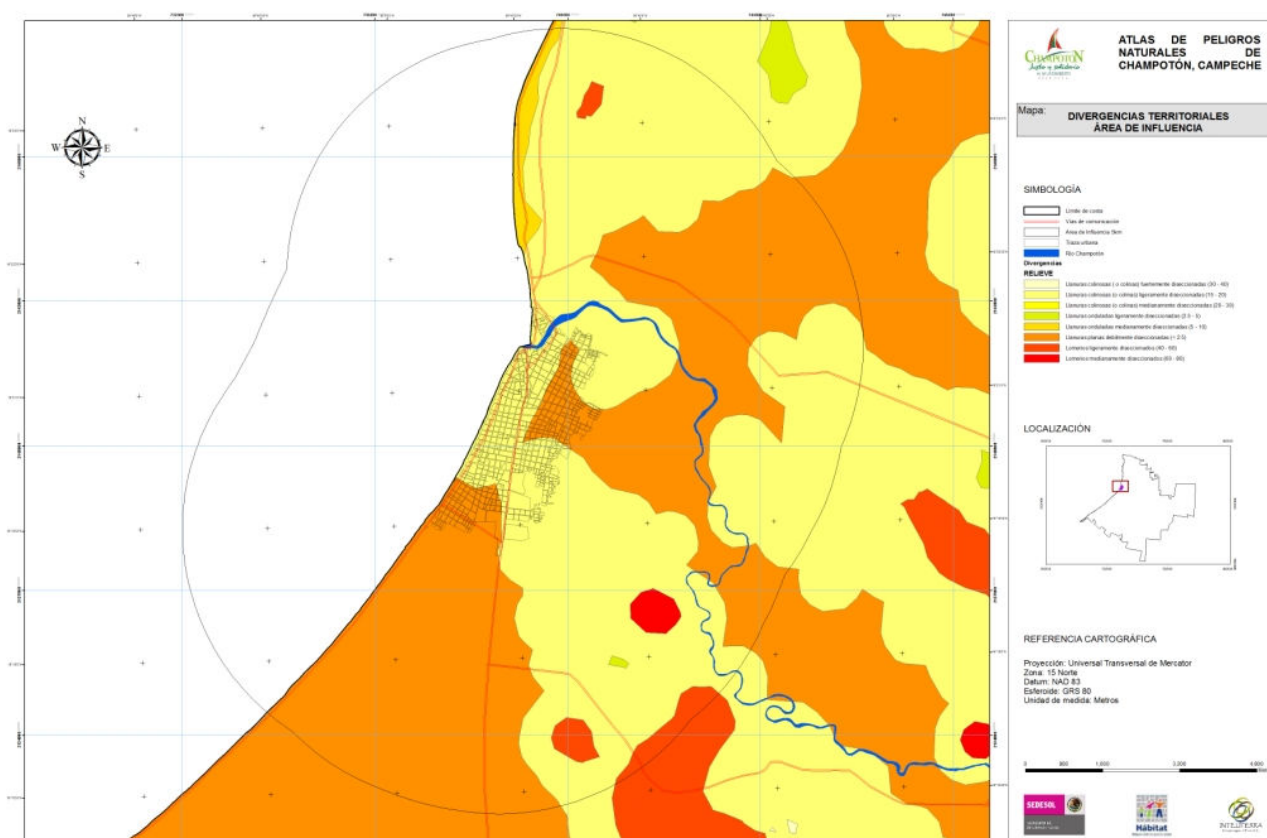
¹⁷ INE, Bocco et al.

El AI, por su parte, exhibe seis tipos de relieve:

Tabla 6) Geomorfología (relieve) AI

Tipo de Relieve	Superficie (Ha)	%
Llanuras colinosas (o colinas) ligeramente diseccionadas (15 – 20m)	5,533.0600	54.64
Llanuras onduladas ligeramente diseccionadas (2.5 – 5m)	6.2700	0.06
Llanuras onduladas medianamente diseccionadas (5 – 10m)	124.7700	1.23
Llanuras planas débilmente diseccionadas (< 2.5m)	4,239.5800	41.87
Lomeríos ligeramente diseccionados (40 – 60m)	150.3800	1.49
Lomeríos medianamente diseccionados (60 – 80m)	71.4600	0.71
Total	10,125.5200	100

FUENTE: Cálculo directo a partir del SIG



Mapa CBT 23) Divergencias Territoriales (AI)

Identificación de Peligros Naturales

La formulación de un Atlas de Peligros Naturales pasa necesariamente, en primer término, por la definición/ delimitación precisa de un Área de Estudio y la identificación de los riesgos/peligros naturales a los cuales se halla expuesta. Esta tarea suele realizarse sobre una base histórica de antecedentes, a través de la cual se efectúa la revisión y el post procesamiento de la información obtenida. En el apartado Aspectos Metodológicos y Técnicos (ver Diseño del Estudio) se describe esta revisión histórica como parte de las actividades de trabajo de campo.

Es necesario comentar que si bien la GMEAPN sugiere que en el capitulado de los Atlas de Peligros Naturales, el apartado relativo a Identificación de Peligros Naturales anteceda al correspondiente a Cartografía Básica, en el presente estudio este orden se invirtió bajo el considerando de que la cartografía básica constituye solamente un conjunto de datos del medio físico, cuya utilidad consiste en su aprovechamiento como insumos para el análisis de riesgos/peligros, mientras que la identificación de éstos es un paso previo e insoslayable para las tareas de análisis y zonificación de riesgos. En este sentido, la modificación al orden propuesto por la GMEAPN busca dar mayor consistencia lógica al estudio.

La acotación del intervalo cronológico a emplear como base histórica es un aspecto que debe realizarse cuidadosamente. Ello se debe a los diferentes alcances de los registros existentes para cada tipo de riesgo/peligro en particular. Considérese, por ejemplo, el caso de huracanes y tormentas tropicales que se incluyen en los peligros hidrometeorológicos. La Administración Nacional de Océanos y Atmósfera (NOAA, por su acrónimo en inglés) cuenta con una extensa base de datos (trayectorias, reportes/alertas, presiones, velocidades de vientos y de desplazamiento, etc.) sobre huracanes, depresiones y tormentas tropicales y subtropicales, que cubre desde 1842 hasta 2008 (los datos de 2009 y 2010, al parecer aún no se incorporan). Dicha base de datos incluye igualmente información sobre afectaciones ocasionadas por estos fenómenos (aunque preferentemente para localidades de EEUU). Sin embargo, no se dispone de registros equivalentes de construcción local/nacional y los existentes, frecuentemente adolecen de insuficiencias e integridad deficiente.

En el caso de riesgos/peligros geológicos (entre los que destacan los sismos), si bien el estado de Campeche (y la península de Yucatán) en general se consideran zonas asísmicas (aunque se reportan “rebotes” de sismos lejanos, como el terremoto de Managua de 1972, o uno más reciente en julio de 1999 que tuvo epicentro en Guatemala y fue percibido en los municipios de Escárcega, Candelaria y Champotón), se tiene conocimiento de algunos hechos de deslaves, derrumbes y procesos de inestabilidad de taludes y laderas (sobre todo en infraestructura carretera), los cuales, desafortunadamente, rara vez se registran en forma sistemática y metódica, con lo cual los datos existentes exhiben manifiestas inconsistencias.

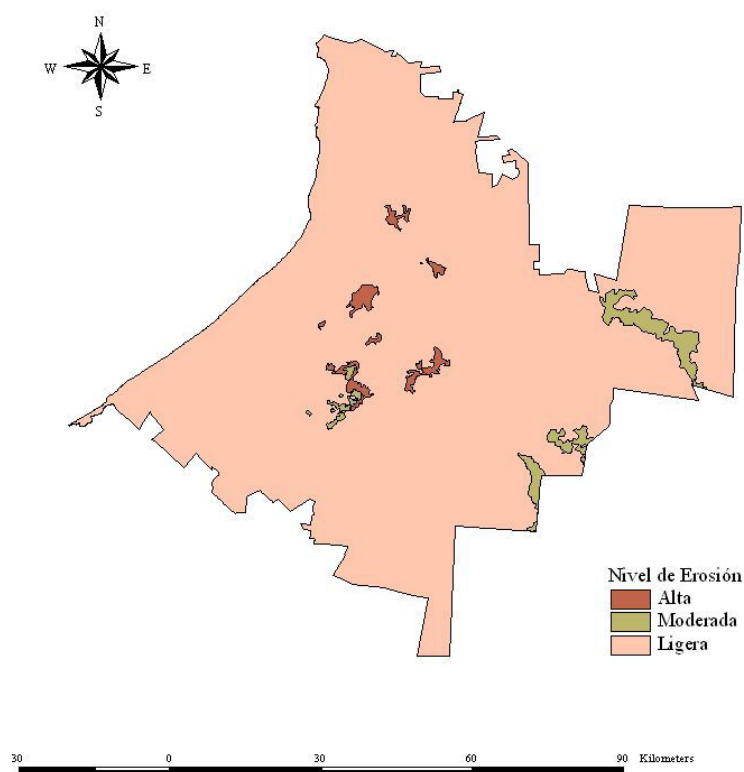
En el caso de peligros de naturaleza geológica, tales como la erosión, la disponibilidad de información es muy limitada, careciéndose de datos a nivel localidad. Las únicas referencias a este fenómeno parecen ser las incluidas en el *Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Territorial de Champotón* (2006) que, como puede suponerse, están calculadas a nivel municipal. De acuerdo con esta fuente, la problemática de erosión (en sus modalidades eólica e hídrica) en el municipio se encuentra lejos de constituir un riesgo, pues menos de 1.5% de la superficie total del municipio presenta niveles altos, tal como se muestra en la tabla inferior:

Tabla 7) Erosión en el municipio de Champotón

NIVEL DE EROSIÓN	SUPERFICIE (KM ²)	%
Alto	77.827	1.14
Moderado	154.514	2.27
Ligero	6,582.699	96.59
Total	6,815.040	100.00

FUENTE: Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Territorial (2006).
Ayuntamiento de Champotón

La ubicación de estas zonas se aprecia en el siguiente mapa ilustrativo:



Mapa IR-1) Erosión en el municipio de Champotón

En el caso particular de erosión costera se tiene conocimiento de que el centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX) de la Universidad Autónoma de Campeche, cuenta con algunos estudios al respecto los cuales, sin embargo, no han sido publicados y, en este sentido, aunque se solicitó formalmente acceso a estos datos, éste fue denegado por la razón ya expuesta. Con todo, fue posible obtener mediante las visitas de campo información de primera mano aunque referente al fenómeno complementario de la erosión costera: la acreción costera. Este fenómeno puede deberse a varias causas cuyo resultado final es la modificación del patrón hidrodinámico y la subsiguiente alteración del flujo de sedimentos y sólidos en suspensión. Para la ciudad de Champotón, un agente causal directo en la alteración hidrodinámica de su costa lo constituye la desembocadura del río homónimo la cual, si bien es muy estrecha y simple en su topología (pues no forma delta), posee suficiente caudal para arrastrar una descarga de sólidos que es factible observar mediante el uso de imágenes satelitales y ortofotos,

en ambas márgenes de la desembocadura. Estas descargas, conocidas comúnmente como “plumas de descarga” presentan comportamientos ligeramente distintos, debido a las condiciones físicas del lecho marino, la fisiografía de la línea de costa y los patrones de corrientes y vientos dominantes. En el caso de Champotón, la pluma de descarga de la margen oriental del río se ve afectada por vientos del NE y por la inversión de corrientes marinas en los meses de otoño-invierno.

Esta situación ha ido dando lugar a un paulatino proceso de acreción en la línea de costa del ejido Paraíso, el cual conforma parte del área urbana de estudio. La indisponibilidad de imágenes satelitales u ortofotos aéreas con calidad suficiente y de periodos anteriores a 1995, dificulta la comparación cartográfica del perfil de costa y la determinación de sus modificaciones, sin embargo, las entrevistas de campo permitieron establecer que en los últimos 20-25 años (aproximadamente), la zona en cuestión ha visto incrementada su superficie por acreción en unos 10 metros.

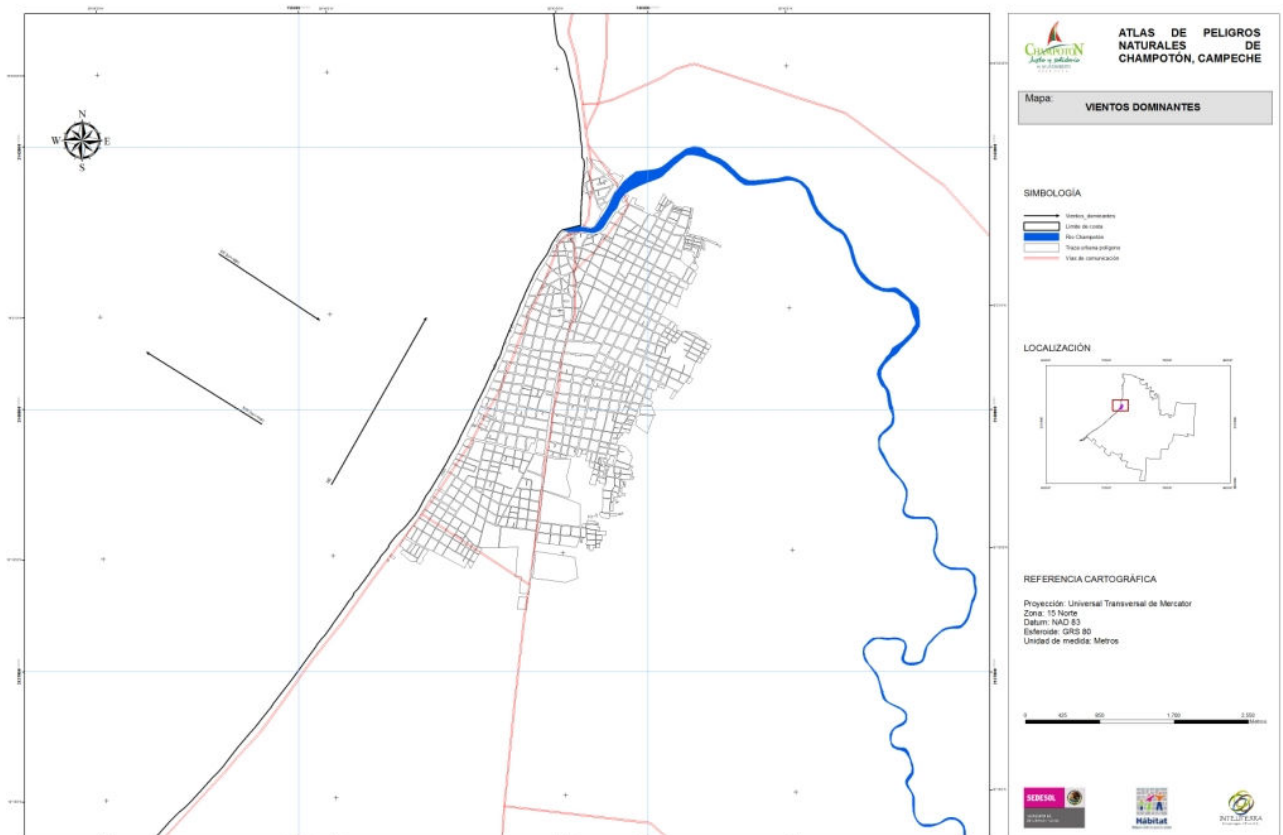
Patrones de vientos y corrientes dominantes

Las peculiares características de la ciudad de Champotón hacen obligado el conocimiento, aun cuando pueda ser general, de los patrones usuales de vientos y de corrientes marinas que tienen lugar en la región. Los vientos dan lugar a condiciones de marea meteorológica (o de tormenta, en casos específicos) y las corrientes influyen notablemente en procesos hidrodinámicos y de transporte de sólidos como ya se ha comentado, pudiendo constituirse en agentes causales de socavones y deslaves en la línea de costa. De ahí que en este apartado se presenten dichos patrones de circulación.

Vientos

Los vientos dominantes en febrero provienen del noroeste y su velocidad promedio es ligeramente mayor a 8m/seg (28.8 km/hr). El resto del año existe en mayor medida un sistema de brisa marina con vientos, predominantemente del noreste y sureste. La velocidad promedio de estos vientos varían entre 4 y 6 m/seg (entre 14.4 y 21.6 km/hr). La brisa marina refleja la influencia regional del

régimen de vientos. La época de nortes es de octubre a febrero, caracterizada por vientos del norte acompañados por lluvias ocasionales¹⁸. La dirección y temporalidades de los vientos dominantes se aprecian en el siguiente mapa ilustrativo:



Corrientes

La circulación de corrientes marinas en la zona de estudio se halla supeditada al patrón general de la Corriente del Golfo. En términos amplios puede decirse que las corrientes frente al litoral de Champotón tienden a seguir la dirección SW-en primavera-verano y NE en otoño-invierno. Esto se aprecia en las siguientes ilustraciones:

¹⁸ Ferrusquía-Villafranca, I. 1992. *Atlas Nacional de México*. Regionalización Biogeográfica. Carta IV.8.10. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM.

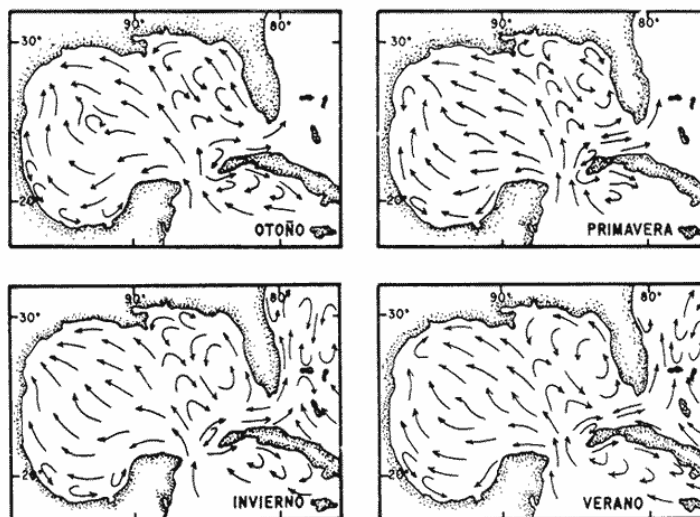
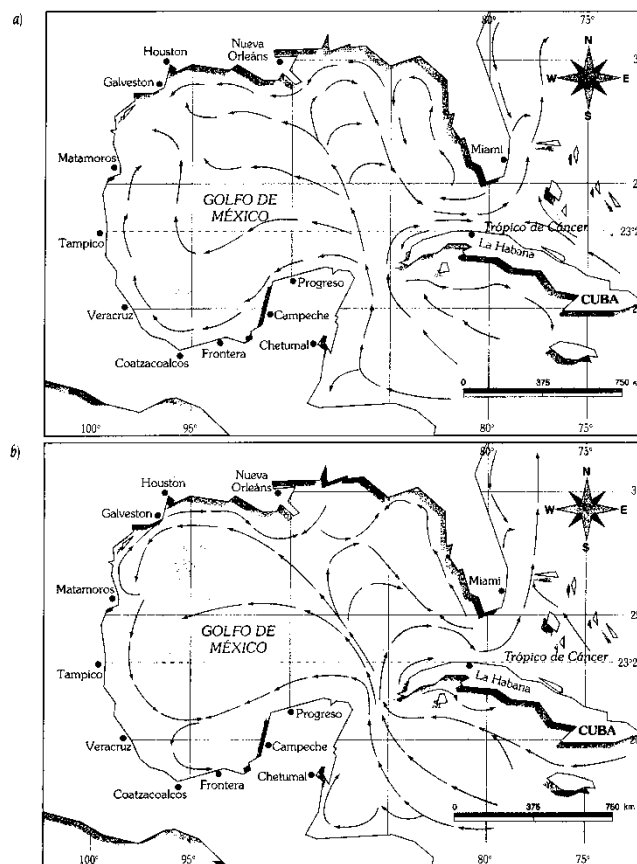


Fig.1) Patrón de corrientes marinas Golfo de México



Corrientes en el Golfo de México y mar de las Antillas: a) en septiembre, b) en diciembre.

Fig.2) Corrientes en Golfo de México y Mar Caribe

Dicotomías a Considerar//La Naturaleza del Peligro

Comienzo/Desarrollo súbito vs. Comienzo/Desarrollo lento

La velocidad con la que comienza un peligro es una variable importante ya que condiciona el tiempo para la alerta. Quizá los extremos en rapidez sean los terremotos, deslizamientos de tierra e inundaciones repentinas que, virtualmente, no dan tiempo para la alerta. Menos extremos son los tsunamis, que conceden cierto tiempo para la alerta con anticipación de minutos u horas, y los huracanes e inundaciones cuya posible ocurrencia es conocida con muchas horas y, a veces, días de anticipación. Los volcanes pueden erupcionar súbita y sorpresivamente, pero por lo general dan indicios de una posible erupción semanas y hasta meses antes¹⁹. Otros peligros tales como la sequía, la desertificación y el hundimiento, actúan lentamente durante meses o años. Los peligros como erosión/sedimentación presentan diferentes tiempos de anticipación: el daño puede ocurrir súbitamente, como resultado de una tempestad, o desarrollarse en el curso de varios años.

Eventos controlables vs. Eventos inmutables

Los impactos reales de muchos tipos de peligros pueden ser alterados favorablemente si se toman medidas apropiadas, pero hay casos en los que ninguna tecnología conocida puede modificar con efectividad la ocurrencia misma. P.ej.:Canalizar el lecho de un río puede reducir el área de inundación, pero nada moderará el sacudimiento del terreno cuando se produce un terremoto.

Frecuencia vs. Severidad

Cuando una inundación se produce cada año, o cada pocos años, el peligro viene a ser parte del entorno y los proyectos son ubicados y diseñados teniendo en cuenta esa característica. A la inversa, en un área donde un tsunami puede ocurrir en cualquier momento dentro de los próximos 50 o 100 años, es difícil estimular el interés en tomar medidas para reducir la vulnerabilidad, aun cuando los daños puedan llegar a ser catastróficos. *Con un horizonte temporal tan lejano, las medidas que requieran inversión intensiva en capital pueden no ser económicamente viables.* Los

¹⁹ En Colombia, el volcán El Ruiz que hizo erupción destructiva en 1985, dio señales de actividad desde más de un año antes.

eventos raros, o con probabilidad de alcanzar poca magnitud, son los más difíciles de mitigar, y la reducción de la vulnerabilidad puede demandar medidas de aversión al riesgo que están más allá de lo que podría ser justificable en virtud de un análisis económico.

Local/Fijo vs. Zonal/Móvil

Peligros como un hundimiento son claramente locales y su rango de afectación es, por ende, limitado. Por otra parte, un huracán o un tsunami, pueden generarse allende la región en cuestión, pero afectarla con su desplazamiento y trayectoria. Existen, todavía, casos especiales como el de un incendio forestal. Un evento de esta naturaleza puede desarrollarse en un área confinada (lo que favorece su control y extinción), pero también puede —merced a factores como vientos o estado de la vegetación, entre otros— desbordar la zona donde se generó y avanzar hacia nuevos espacios, ganando en extensión e intensidad aumentando con ello su potencial destructivo.

Medidas de mitigación para resistir el impacto vs. Medidas de mitigación para evitar el impacto.

La construcción sismorresistente y los edificios a prueba de inundaciones, son dos ejemplos de medidas que mejoran la capacidad de las instalaciones para resistir el impacto de un peligro natural. Instrumentos normativos o administrativos tales como reglamentos de zonificación, seguros e incentivos tributarios, que propicien la evasión o el desuso de áreas en peligro, conducen a evitar los impactos.

Encadenamiento de Riesgos/Peligros Naturales

La natural vinculación e interdependencia de los ecosistemas que posibilita su efectivo desempeño en condiciones de normalidad, puede, bajo situaciones de amenaza, tornarse en un factor adverso al propiciar reacciones en cadena. Éstas se presentan cuando una amenaza inicial cualquiera impacta con efectos negativos en un ecosistema vulnerable, el cual a resultas de estas afectaciones

se transforma, a su vez, en una amenaza para otro ecosistema al cual está vinculado y que, en caso de ser también vulnerable, puede, este segundo ecosistema, transformarse en una amenaza para otro ecosistema más (un tercero), el cual puede verse afectado y convertirse en amenaza para otro...y así sucesivamente en un proceso que únicamente se vería condicionado por la cantidad de ecosistemas implicados y sus respectivas vulnerabilidades.

Un buen ejemplo puede ser una tormenta tropical que desata lluvias torrenciales (amenaza 1) las cuales pueden causar inundaciones en áreas anegables (desastre 1a) y también deslizamientos de tierra en zonas de ladera/talud (desastre 1b). Los deslizamientos, por su parte, son una nueva amenaza (amenaza 2) que puede destruir un asentamiento humano (desastre 2a) y represar un río (desastre 2b). Esta presa del río (amenaza 3) puede ocasionar una avalancha que destruya zonas de cultivo y otras poblaciones (desastre 3).

Las anteriores reflexiones llevan a establecer tres consideraciones básicas:

1. A mayor vulnerabilidad, mayor posibilidad de reacciones en cadena.
2. La intervención en un ecosistema puede tener consecuencias positivas o negativas en otros ecosistemas. En ocasiones, el daño en uno pone en riesgo de desastre a otros ecosistemas relacionados (como ocurre con el deterioro de la parte alta de una cuenca) o, por el contrario, la recuperación de la estabilidad de un ecosistema protege a otros del riesgo de desastre (como en el caso de la recuperación de un bosque que puede evitar deslizamientos sobre un asentamiento urbano). *Es conveniente tener en cuenta que con frecuencia las actividades de prevención de desastres realizadas en un ecosistema hacen que otros tengan mayor riesgo de desastre* (como es el caso de algunos sistemas de control sobre la hidráulica de un río mediante diques para evitar inundaciones, que se convierten en una amenaza de avalancha).
3. La prevención de desastres debe tener en cuenta *las posibles cadenas de riesgo que pueden afectar el ecosistema que se quiere proteger así como las cadenas de riesgo que se derivan de las acciones de prevención que se emprendan.*

Revisión Histórica de Riesgos/Peligros Naturales

La revisión histórica efectuada para este Atlas asume como premisa fundamental, que la tipología de riesgos/peligros naturales que contiene es válida²⁰ en términos generales y, por esa razón, puede emplearse para efectos de identificación. Como en cualquier estudio de base territorial, en el presente trabajo el enfoque de aproximación es una cuestión de escala. Ello no es aplicable en forma exclusiva para el análisis cartográfico, también se emplea para el histórico.

Se ha determinado que la cobertura histórica se realizará (en los casos en que sea factible en cuanto a disponibilidad de información), en términos territoriales, en los niveles Región (península de Yucatán)/Entidad (Campeche)/Localidad (Champotón).

De esta manera, el primer nivel lo constituye la revisión regional. Es claro, como se ha comentado en el apartado de Marco Teórico, que *este nivel cobra sentido únicamente para el caso de eventos móviles*, pues en ellos, la peligrosidad deriva del patrón de desplazamiento y la trayectoria que tienen. Los eventos puntuales son investigados a escala local.

Consulta Hemerográfica/Documental

Esta recopilación se efectuó accediendo a las secciones hemerográficas del Archivo General del Estado y de la Biblioteca Central de la Universidad Autónoma de Campeche (UAC), así como a diversos documentos de carácter oficial generados por diversas instituciones de carácter público, académicas y centros de investigación. La revisión hemerográfica se llevó a cabo considerando un periodo de 30 años (1980-2010) y se utilizaron los principales periódicos circulantes en la entidad. Cada una de las notas periodísticas consultada y seleccionada se digitalizó con objeto de conformar una base de documentación probatoria, la cual fue organizada por año y década. El procesamiento estadístico subsiguiente se realizó mediante la captura de la información en tablas de hoja de

²⁰ El término “válida” se emplea para señalar la *pertinencia* en cuanto al tipo de riesgo/peligro registrado. En otras palabras, se considera que los riesgos/peligros incluidos en el antecedente histórico configuran el *espectro posible/probable* de riesgos/peligros a los que se halla expuesta la región en estudio.

cálculo (formato MS-Excel). Como aclaración metodológica final de este apartado se comenta que, dada la tendencia de los medios informativos (en el presente caso, prensa escrita) a dar seguimiento a las noticias publicadas, es común encontrar notas de fechas cronológicamente distintas aunque cercanas, que versan sobre el mismo asunto. Ello obliga a una compactación cuantitativa del material compilado, con el objeto de evitar repeticiones y duplicidades de información.

Antecedente Histórico General (niveles Región y Entidad)

Peligros Hidrometeorológicos

La Región (península de Yucatán) ha sido afectada desde 1886 a la fecha (2010) por 120 fenómenos hidrometeorológicos, que resultan en promedio del impacto de un evento por año, se consideran dentro de los de mayor efecto en los últimos 20 años a los huracanes Gilberto en 1988, así como a Opal y Roxana en 1995; y en el 2002, a Isidoro, este último con un grado de devastación parecido al huracán Gilberto²¹.

El registro histórico del National Hurricane Center (NHC) de los E.E.U.U, adscrito a la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) cubre actualmente un periodo que va desde 1842 a 2008²² (según se investigó los registros correspondientes a 2009 y 2010 pronto estarán incorporados).

La revisión de esta base de datos indica que entre 1864 y 2008, un total de 128 fenómenos hidrometeorológicos, con categorías variables entre depresión tropical y huracán han transitado sobre el territorio del estado de Campeche.

²¹ *Análisis de vulnerabilidad para ciudades con problemas de inundación, por fenómenos hidrometeorológicos. Ciudad de Champotón, Municipio de Champotón, Campeche.* Documento en borrador (2007). Subdirección de Consejos de Cuenca, Gestión Social y Atención a Emergencias. Dirección Local Campeche. CONAGUA. La información de esta fuente únicamente se actualizó hasta el año 2010.

²² El periodo de cobertura era, hasta 2007, de 1851 a 2007. Se ha ampliado incorporando registros anteriores, hasta 1842.

Las trayectorias de estos fenómenos pueden apreciarse en la siguiente imagen obtenida mediante filtrados del SIG en línea del NHC/NOAA²³:

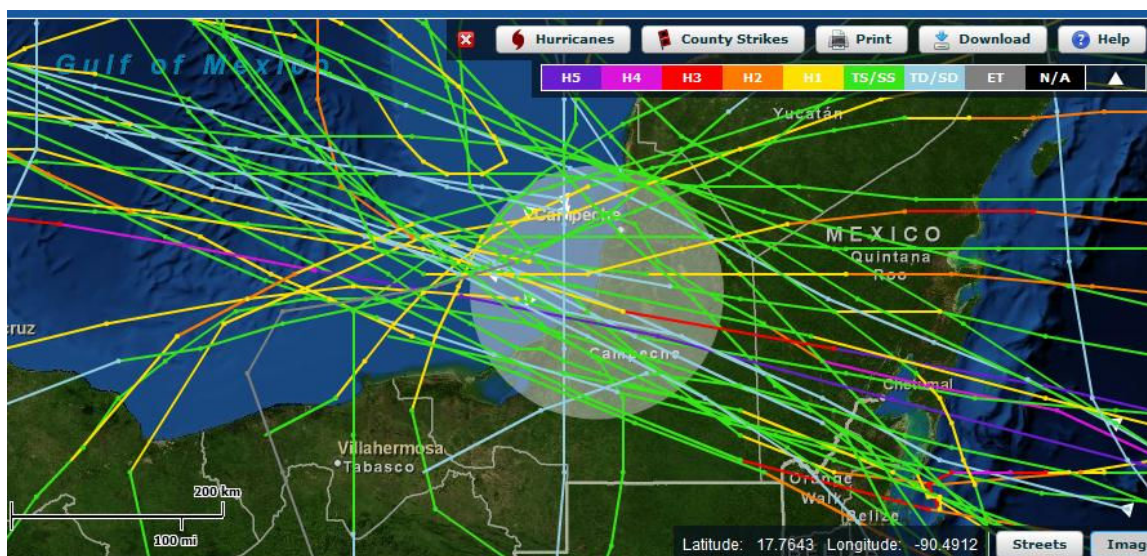


Fig 3) Eventos Hidrometeorológicos sobre el estado de Campeche

(Nota: Algunos eventos comparten segmentos de trayectoria. Otros, muestran variaciones de categoría durante su ruta. Estas observaciones son necesarias para la cabal comprensión de la imagen)

Otros fenómenos de origen hidrometeorológico tales como sequías y granizadas se han registrado tanto a nivel Región como Entidad. Las primeras son, por mucho, más frecuentes que los segundos (que solamente tienen ocurrencia esporádica) y suelen caracterizarse por su localización zonal focalizada y escasa duración. De hecho, la secuencia sequía-inundación-sequía... resulta una pauta climática casi normal en muchas microrregiones de la península de Yucatán y del estado de Campeche. Como se ha mencionado, estas sequías rara vez constituyen un evento de alta intensidad o duración.

Los peligros derivados de eventos geológicos para la Región y la Entidad son esencialmente los mismos (deslizamientos/deslaves, derrumbes y hundimientos) y obedecen en lo fundamental a las condiciones kársticas y la peculiar hidrología del subsuelo peninsular. Una vez más, es necesario insistir que los sismos y temblores aun cuando han dejado sentir presencia tanto en la Región

²³ <http://csc.noaa.gov/hurricanes/#app=1834&3e3d-selectedIndex=1>. Esta aplicación de SIG en línea es bastante efectiva y su área de búsqueda máxima es de 200 millas náuticas, es decir, por encima de los 300 km que se estiman para zonas de bajo peligro.

como en la Entidad, en las escasísimas ocasiones en que se han registrado, el impacto nunca rebasó la mera alarma de la población sin generar daños o afectaciones. En todos los eventos de los tipos antes mencionados, las fuentes principales de información documentada son la prensa y, a partir del establecimiento de instituciones de protección civil, los archivos de estas dependencias.

Nivel Localidad

El *Plan Municipal de Contingencias 2010* del Ayuntamiento de Champotón, contiene una tabla donde presenta una relación de 24 huracanes que, entre 1961 y 2009, afirma, han impactado el municipio. Esta tabla se presenta a continuación (sic):

Tabla 8) Relación de Huracanes Champotón 1961-2009 ^{1/}

HURACANES SOBRE EL MUNICIPIO DE CHAMPOTÓN (Últimos 40 años)			
Huracán	Año	Huracán	Año
Carla	1961	Keith	2000
Ines	1966	Chantal	2001
Beulab	1967	Isidore	2002
Edith	1971	Claudette y Larry	2003
Gilberto	1988	Ivan	2004
Opalo	1995	Alernne, Cindy, Dennis,	2005
Roxana	1995	Emily, Rita, Wilma y Stan	2005
Mitch	1998	Deán	2006
Katrina	1999	Ida	2009

FUENTE: Plan Municipal de Contingencias 2010. Ayuntamiento de Champotón

^{1/}- Los datos de la tabla permanecen tal cual se tomaron (sic), incluyendo los errores en la grafía de los nombres (Beulab por Beulah), únicamente se dio a la tabla un formato visualmente compatible con las demás tablas de este trabajo

Al realizar la búsqueda de contraste para la ciudad de Champotón en particular, durante el periodo que muestra la tabla anterior, en la Base de Datos y el SIG conexo (BD-SIG) del NHC/NOAA, se obtuvieron los siguientes resultados²⁴:

Tabla 8a) Resultado de búsqueda de contraste en BD NHC/NOOA

Radio de Búsqueda	Clasificación Zonal	Número de Eventos
60 millas ≈ 100 km	Peligro Alto	15
120 millas ≈ 200 km	Peligro Medio	31
200 millas ≈ 300 km	Peligro Bajo	67

²⁴ Aparte del periodo ya referido, el criterio adicional fue la búsqueda de eventos “de cualquier categoría”.

Las imágenes del resultado de estas búsquedas se presentan en las siguientes imágenes:

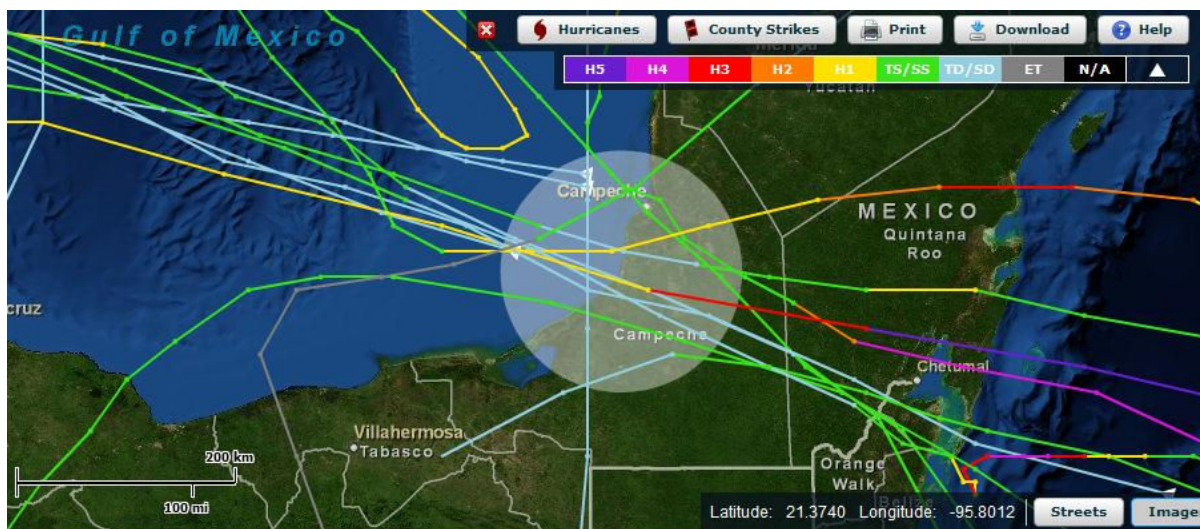


Fig 4) Eventos Hidrometeorológicos ciudad de Champotón 1961-2008, 100 km



Fig 5) Eventos Hidrometeorológicos ciudad de Champotón 1961-2008, 200 km



Fig 6) Eventos Hidrometeorológicos ciudad de Champotón 1961-2008, 300 km

FUENTE: NHC/NOAA

La anterior búsqueda amplía el contraste en la información comparada, al incluir las diversas categorías de fenómenos Hidrometeorológicos. Cuando el periodo se expande al rango máximo de la BD-SIG del NHC/NOAA (1842-2008), ubicando la ciudad de Champotón como eje de búsqueda y manteniendo las distancias de categoría de peligro antes citadas, el número total de eventos meteorológicos registrados asciende a 302. Sobre esta base se efectuará la estimación de riesgo/peligro en el presente trabajo.

Revisión Hemerográfica 1980-2010

Aun cuando a nivel estado se dispone de registros de trayectorias de huracanes desde hace al menos 50 años, a nivel municipal la información relativa a daños y pérdidas, zonas de mayor afectación, etc. a menudo no se dispone. En el caso de fenómenos de menor envergadura que un huracán, esta información no es fácilmente asequible. Por ello se ha optado por circunscribir la revisión hemerográfica al periodo 1980-2010.

Con objeto de facilitar la inspección de estos registros, los resultados del procesamiento estadístico y los comentarios pertinentes se efectuarán por década.

Década 1981-1990

La revisión hemerográfica de esta década hace evidente la prominencia estadística de los peligros hidrometeorológicos y geológicos con respecto a los otros tipos. Igualmente permite apreciar que fenómenos de esta naturaleza que pueden presentar intensidades inferiores a las escalas de medición usualmente aceptadas (y que por ello escapan al registro de instituciones especializadas), tienen potencial de afectación suficiente para generar daño y pérdida. Tal es el caso de esta década, como se mostrará en el siguiente apartado.

Si bien el análisis en la base de datos del NHC/NOAA (para la década en comentario) únicamente permitió identificar cinco eventos cuya trayectoria se dio dentro de un radio de búsqueda de 200 km. Estos fenómenos ocurrieron en los años 1980 (tormenta tropical Hermine/septiembre), '81 (depresión tropical innominada/junio), '86 (depresión tropical innominada/septiembre), '88 (Huracán Debby, cat 1, aunque dentro del área de búsqueda solamente era depresión tropical/agosto-septiembre) y '89 (Huracán Jerry, cat 1, como depresión tropical en la zona de 200 km y categoría 1 en el límite de los 300 km/octubre).

Al cotejar esta información con los registros de prensa, aparecen datos de inundación por lluvias en octubre de 1982, junio, noviembre y diciembre de 1983, enero, junio y julio de 1984, mayo de 1985, abril, junio y julio de 1987, y septiembre-octubre de 1988 —éstos, a causa del huracán Gilberto—, y agosto-octubre de 1989²⁵ que no consigna la base de datos NHC/NOAA, lo cual hace suponer que se estimaron como eventos muy puntuales²⁶. Una nota del 5 octubre de 1982 señalaba *al menos 20 casas inundadas a la vera de la carretera Champotón-Campeche, una altura de hasta medio metro en las láminas de agua y de menor profundidad en un tramo de 300 m a la altura del kilómetro 159 de dicha vialidad.*

El carácter puntual de estos eventos no disminuye en lo absoluto su potencial de afectación. La estación climatológica Canasayab de la CONAGUA, señala en sus registros de 1980-2010, que

²⁵ Las notas de agosto-octubre de 1989 sólo aluden a lluvias, pero el NHC/NOAA tiene el registro del huracán Jerry en octubre de 1989.

²⁶ El caso del huracán Gilberto en septiembre de 1988 es ilustrativo de estos peculiares criterios registrales. Si bien su trayectoria lo situaba en una zona de “Bajo Peligro” con respecto a Champotón, su magnitud e intensidad fueron las suficientes para que, incluso con esa trayectoria de “bajo peligro”, sus afectaciones a esta localidad (y otras zonas del estado) resultaran de consideración.

agosto de 1982 es el segundo mes/año con mayor precipitación en dicha base de datos: 418.1 mm, sólo superado por septiembre de 1989 con 448 mm. La misma fuente ubica el 20 de noviembre de 1984 como el día de precipitación récord acumulada en 24 horas para Champotón: 100.8 mm.

En síntesis, la revisión de la década de los 80's, estableció un total de 40 distintos eventos de riesgo, de los cuales 90% correspondieron a inundaciones (por huracán, "norte" o lluvia pertinaz) y el restante 10% a sequías.

Década 1991-2000

Esta década ofreció, en su revisión, una mayor diversidad de eventos de riesgo. Es necesario aclarar que *no todos ellos tuvieron ocurrencia o efecto dentro del área de estudio*. Así, en este periodo, aparte de los eventos usuales de sequía e inundaciones, se registraron temblores de tierra, deslaves, incendios forestales, e inclusive un tornado. Fue, asimismo, en esta década (septiembre-octubre de 1995), cuando los embates sucesivos de la tormenta tropical *Opal* y el huracán *Roxanne* causaron gravísimas afectaciones al municipio, su cabecera y, en general, a toda la entidad.

Si bien esta diversidad no modificó los patrones de importancia en cuanto a peligros naturales se refiere, sí hizo evidente la posibilidad de ocurrencia de peligros que típicamente se estimaban impensables. Tal es el caso de movimientos de tierra de tipo sísmico. En la década que se comenta, se registraron cinco eventos de este tipo: Uno, en agosto-septiembre de 1996, que fue percibido en la ciudad de Champotón y algunas localidades vecinas (El Cerrito, Dzacabchén), tres en 1998 (abril, junio y agosto), de los cuales solamente el primero fue sentido en la cabecera municipal, mientras que los dos siguientes fueron notados en las localidades de El Cerrito, Dzacabuchén y Reforma Agraria. Los eventos de abril y agosto, según se reporta, provocaron cuarteaduras en viviendas, el de junio tuvo una intensidad de 4.4 Richter. El último evento tuvo lugar en julio de 1999, alcanzó una intensidad de 7.0 en la escala de Eritreo²⁷ y se sintió en la cabecera municipal, así como en otras partes del municipio y municipios vecinos.

²⁷ Este dato podría estar equivocado, hasta donde se logró investigar no existe una escala sísmica "de Eritreo", sin embargo, la nota periodística, que alude a las autoridades de protección civil, así lo consigna.

Además del patrón usual sequía-lluvias que anualmente tiene lugar entre marzo y junio/julio, aproximadamente, esta década se caracterizó por una intensificación de los incendios forestales, destacando en particular el año de 1998, durante el cual se presentaron diversos siniestros que afectaron una superficie de entre 450 y 700 ha de pastizal y frutales.

Sin embargo, los peligros más relevantes fueron los Hidrometeorológicos, específicamente los huracanes. Los registros de NHC/NOAA muestran que para un área de búsqueda de poco más de 100 km (65 millas: zona de peligro Alto) alrededor de la ubicación base (ciudad de Champotón), esta década ofrece cinco eventos Hidrometeorológicos: Depresión Tropical *Gert* (sep '93), Huracán *Roxanne* (cat 1²⁸, octubre '95), Depresión Tropical *Dolly* (ago '96), Tormenta Tropical *Mitch* (oct '98) y Depresión Tropical *Keith* (sep 2000). Al extender el área de búsqueda hasta poco más de 300 km (zona de peligro Bajo), los registros se incrementan hasta 14.

Una vez más, es necesario destacar la pertinencia de realizar contrastes de la información especializada, de la proveniente de fuentes de carácter noticioso. La base de datos NHC/NOAA no ofrece registro alguno en ningún radio de búsqueda para la ciudad de Champotón en el mes de octubre de 1992, sin embargo, notas de prensa informan de lluvias intensas que originaron: *“Cultivos dañados de maíz y chile. Total de damnificados: 11 mil 984 personas, 3 mil 200 viviendas afectadas”*. Esas lluvias fueron calificadas en su momento como las *“peores de los últimos 30 años”* y afectaron, además de Champotón, a los municipios de Palizada, Escárcega, y lo que hoy constituye el de Candelaria. El escurrimiento de la precipitación se tradujo en desbordes del río Champotón sobre la cabecera municipal, así como de otros ríos en distintas regiones del estado: el Chumpán, el Palizada y el Candelaria.

²⁸ Las categorías de los fenómenos que se describen son las que tenían al transitar sobre las zonas por las cuales se realizó el filtrado y análisis. Ello significa que un evento que pueda estar catalogado como, por ejemplo, Huracán categoría 2 (en su momento de intensidad máxima) al ubicarse dentro del área de búsqueda pueda tener una categoría inferior (Cat 1, o Tormenta tropical) a la máxima registrada. Tal fue el caso de Opal que alcanzó categoría de Huracán 4, pero cuyo tránsito sobre la península de Yucatán fue como Depresión Tropical (estados de Q.Roo y Yucatán) y Tormenta tropical (estado de Campeche). En la literatura respectiva existente en la entidad y el municipio de Champotón, esta puntualización no se observa y así, por ejemplo se habla de los daños ocasionados por el “Huracán Opal”, lo cual, como se ha expresado, es totalmente inexacto.

Lo anterior busca destacar el hecho de que, pese al señalado impacto de esas lluvias en el estado de Campeche, al no ser aquellas producto de un fenómeno de carácter ciclónico (sino más bien de microprocesos climáticos locales/puntuales), no están registradas en las bases de datos de las instituciones especializadas (NHC/NOAA) y únicamente puede obtenerse esta información vía hemerográfica.

Aún más, registros de la estación climatológica de la CONAGUA en la ciudad de Champotón²⁹ señalan el mes octubre de 1992 como el que tuvo el segundo registro extremo de precipitación en 24 horas: 141 mm. El valor extremo para precipitación en 24 horas corresponde a octubre de 1995: 160 mm³⁰. Que el segundo registro extremo de precipitación en 24 horas provenga de un evento “local/puntual” y no de un gran fenómeno ciclónico, es un aspecto que revalora las consideraciones anteriormente expresadas sobre la naturaleza del peligro.

Esta década será recordada por los impactos sucesivos de la tormenta tropical *Opal* y el huracán *Roxanne*, con intervalo de apenas pocos días entre sí, durante la última semana de septiembre y la primera quincena de octubre de 1995 (27 septiembre a 17 de octubre). Para efectos de esta revisión es importante destacar que, de acuerdo con reportes del Consejo Estatal de Protección Civil, entre el 14 y el 15 de octubre de 1995, el río Champotón desbordó sobre la ciudad nuevamente, apenas tres años y algunos días después del registro previo. Este desborde se agravó por efecto de la marea de tormenta inducida por Roxanne en su segundo tránsito (éste, frontal desde el mar) por la entidad.

Opal y Roxanne mostraron de manera irrefutable la extraordinaria vulnerabilidad de la infraestructura carretera del municipio, al sufrir ésta cortes en múltiples lugares a causa de láminas de agua así como por el derrumbamiento y colapso de algunos puentes.

²⁹ Registros de la estación climatológica de Champotón, 1954-2008. CONAGUA, Dirección Local Campeche-Subgerencia técnica.

³⁰ Algo lógico tras los impactos sucesivos de Opal y Roxanne (sep.-oct. 1995).

Finalmente, debe comentarse que en esta década, se reportaron dos eventos de mareas astronómicas (octubre '98 y diciembre '99) que presentaron apreciable magnitud, pues la de octubre de 1998 provocó, por la tarde de ese día, la invasión del mar a la avenida costera “Carlos Sansores Pérez”.

Década 2001-2010

Esta década muestra más eventos de incendio forestal que la inmediata anterior. Esta pauta es perceptible desde 1998, año en el que se enfrentaron, a nivel estatal, situaciones récord en materia de atención a esta clase de emergencias. Con todo, es necesario señalar que una significativa parte de estos eventos tiene su causa inicial en la sequía y las condiciones de combustibilidad de la vegetación, pero que los detonantes más comunes suelen ser quemas agrícolas que se salen de control, fogatas de campistas descuidados o cigarrillos encendidos arrojados a la orilla de las carreteras. Si bien las superficies afectadas no fueron de magnitud extraordinaria, el número de registros sí se elevó respecto a periodos previos.

Asimismo, los “nortes”, nombre coloquial que suele darse a frentes acompañados de vientos del norte y precipitación pluvial, durante esta década fueron más frecuentes y en ocasiones se presentaron fuera de su temporada habitual. Estas modificaciones de los patrones climáticos responden, sin duda, a las variaciones globales en el modelo general de circulación atmosférica.

De la misma manera, la incidencia de fenómenos hidrometeorológicos en esta década mostró una actividad especialmente notoria. De hecho, para Champotón, en cada año de esta década existe al menos registro de un evento y, en algunos casos, más de uno por año.

Este apretado repaso de tres décadas permite, más allá de la mera identificación, esbozar un intento de tipología de riesgo específica para el municipio de Champotón, en general, y para su ciudad cabecera en particular. La conformación de dicha tipología se realizará con fines de facilitar el análisis de riesgos y su posterior representación espacio-territorial a través de procesos cartográficos.

Lo antes expuesto conduce, ineludiblemente, a formular la siguiente hipótesis que guiará el resto del desarrollo de este trabajo:

Para la ciudad de Champotón, los peligros naturales de mayor consideración son los de carácter hidrometeorológico, destacando entre ellos los denominados ciclones o huracanes. El factor común que tienen todos estos fenómenos (aun cuando varíen en intensidad) es que sus afectaciones se reflejan en la forma de inundaciones. Por otra parte, los riesgos de origen geológico de mayor significación son los socavones y deslaves-deslizamientos que ocasionalmente tienen lugar en sitios puntuales, casi siempre a consecuencia (o derivados) del impacto de un evento hidrometeorológico.

Esta hipótesis hace necesaria una taxonomía etiológica de estas afectaciones. Con respecto a los fenómenos Hidrometeorológicos/inundaciones es preciso recordar el carácter de puerto marítimo y fluvial de Champotón. Hecha esta consideración, se formuló la siguiente tipología:

Se reconocen cuatro tipos de inundación “simple”, es decir, de inundaciones que obedecen a una causa única:

- Por lluvia pertinaz/saturación de suelo (Tipo I)
- Por desborde fluvial (río) (Tipo II)
- Por marea astronómica (mar) (Tipo III)
- Por marea de tormenta (mar) (Tipo IV)

Estos cuatro tipos únicos pueden, en determinadas circunstancias, interactuar de distintas maneras, dando lugar a cinco tipos de inundaciones “complejas/compuestas/combinadas”:

Fluviales:

- Tipo II subordinado a I (aun cuando las lluvias no afecten directamente la zona/escorrentía)
- Tipo II derivado de tipo III. La marea astronómica eleva el nivel en la desembocadura del río y puede provocar su desborde.

Marítimo-costeras:

- Tipo III + Tipo IV. Escenario muy improbable, pero posible. Se presenta cuando coinciden, durante el tránsito de un ciclón, condiciones de marea astronómica. Ambos factores, por sí mismos, contribuyen a elevar el nivel medio del mar (NMM), y actuando combinados generan elevaciones aun mayores.

Fluvio-Marítimo costeras:

- Tipo II derivado/subordinado a Tipo III + Tipo IV. Como en el caso anterior, pero agregando como resultado de dicha interacción, el desborde del río.

Pluvio-fluvio-costeras:

- Tipo I + Tipo II + Tipo III + Tipo IV. El escenario más complicado y riesgoso. Los cuatro tipos únicos, coexisten simultáneamente o en rápida sucesión.

Esta taxonomía será de gran utilidad en el desarrollo del siguiente apartado.

Cartografía y Zonificación de Peligros Naturales

La cartografía de peligros naturales constituye un elemento de gran relevancia en la integración de Atlas de Riesgo, pues permite la visualización espacial de éstos, así como de sus trayectorias posibles e inclusive la estimación anticipada de sus afectaciones. En este sentido es necesario resaltar que estos impactos (afectaciones) se reflejan básicamente en dos órdenes: pérdida o daño en vidas humanas y pérdida o daño en patrimonio físico (infraestructura, vivienda, etc.). La estimación de la población en riesgo y la determinación del patrimonio en la misma condición, es básica para un adecuado diseño de políticas de protección civil. Para efectos de este apartado, se presentará, en primer término, el conjunto de mapas relativos a instalaciones críticas, mientras que lo referente a población en riesgo se abordará al exponer la zonificación de peligros en los mapas correspondientes.

Mapas de Instalaciones Críticas

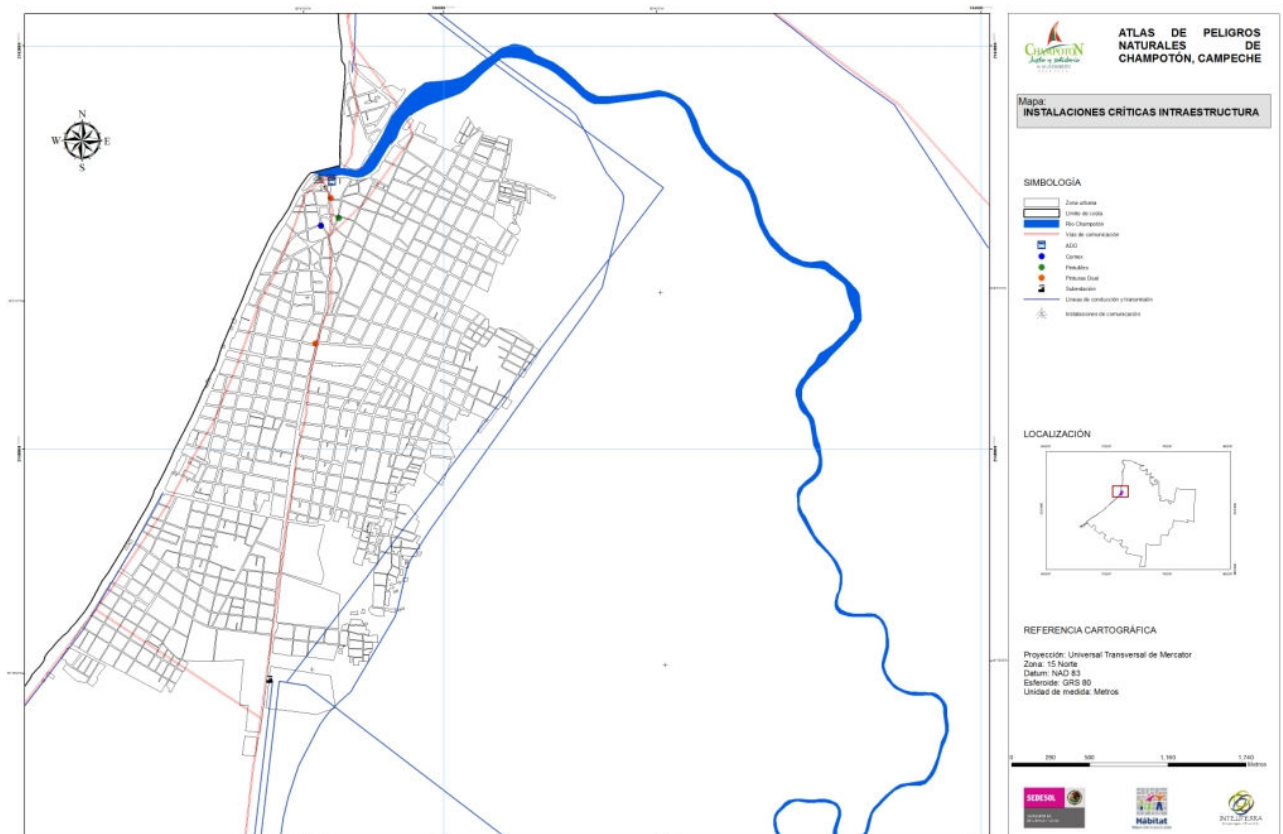
El término “instalación crítica” se refiere a aquellas edificaciones que en virtud del servicio que prestan, los materiales que manejan o la población que las utiliza, tienen potencial para causar daño significativo a la población usuaria, el vecindario o a otras instalaciones adyacentes, si sufren daño o si su funcionamiento se ve interrumpido por mucho tiempo o en forma permanente. De aquí la importancia de contar con un instrumento que coadyuve en su protección. Así, es frecuente agrupar en categorías estas instalaciones con el objeto de facilitar el manejo de información. En el presente trabajo se establecieron cuatro categorías generales:

- Infraestructura.- Que comprende instalaciones como: centrales o subestaciones eléctricas, centrales telefónicas o de telecomunicaciones, antenas repetidoras, puentes y vialidades estratégicas, etc.
- Industrial.- Que abarca depósitos de materiales riesgosos como químicos (solventes, pinturas, fertilizantes o plaguicidas, etc.), silos o bodegas, gasolineras, gaseras, entre otras.
- Uso Intensivo.- Instalaciones a las cuales acuden muchos usuarios. Se conocen también como instalaciones con ocupación de alta densidad e incluyen: Iglesias,

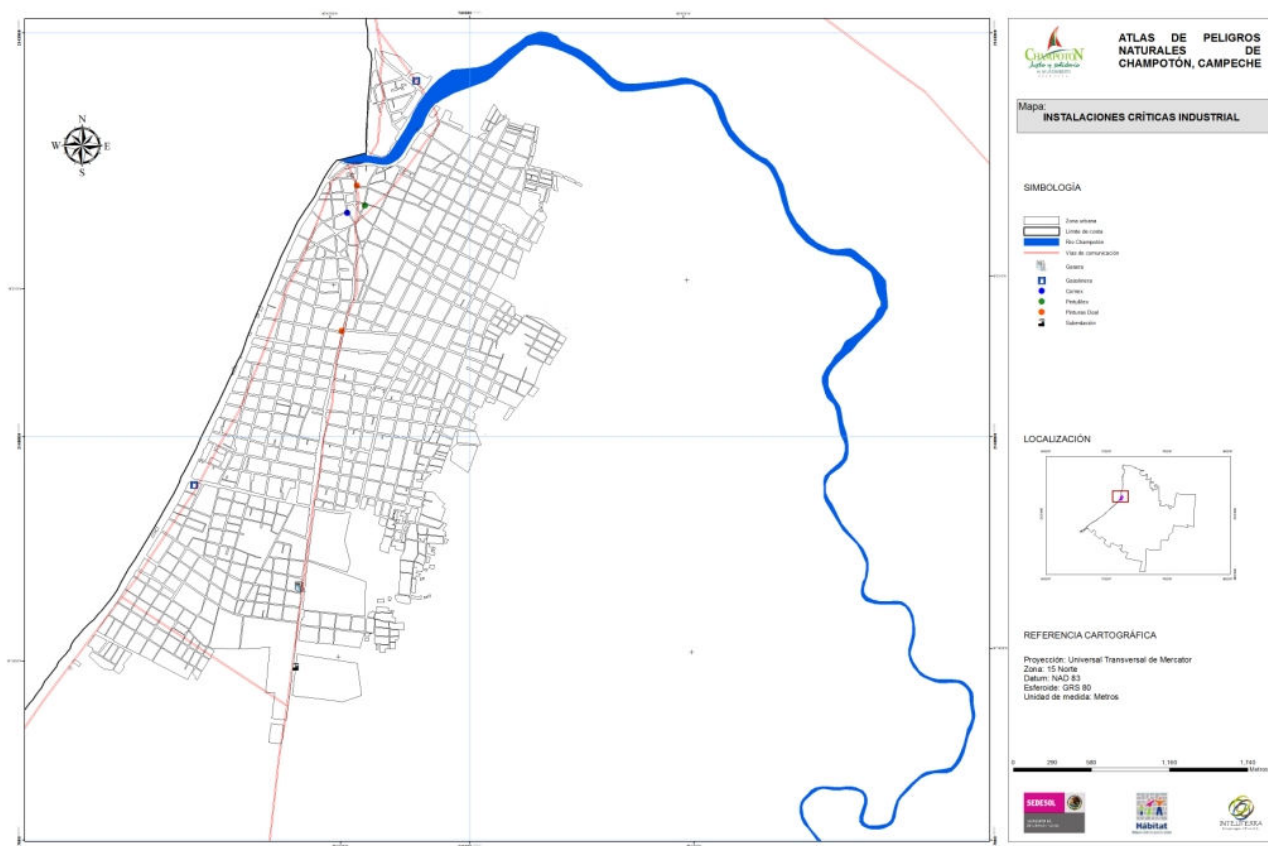
cines, teatros, centrales de transporte (camioneras, aeropuertos, puertos) y otros.

- Salud y Asistencia Social.- Que comprende hospitales , sanatorios y clínicas, anfiteatros (morgue), cementerios, albergues y casas-hogar.

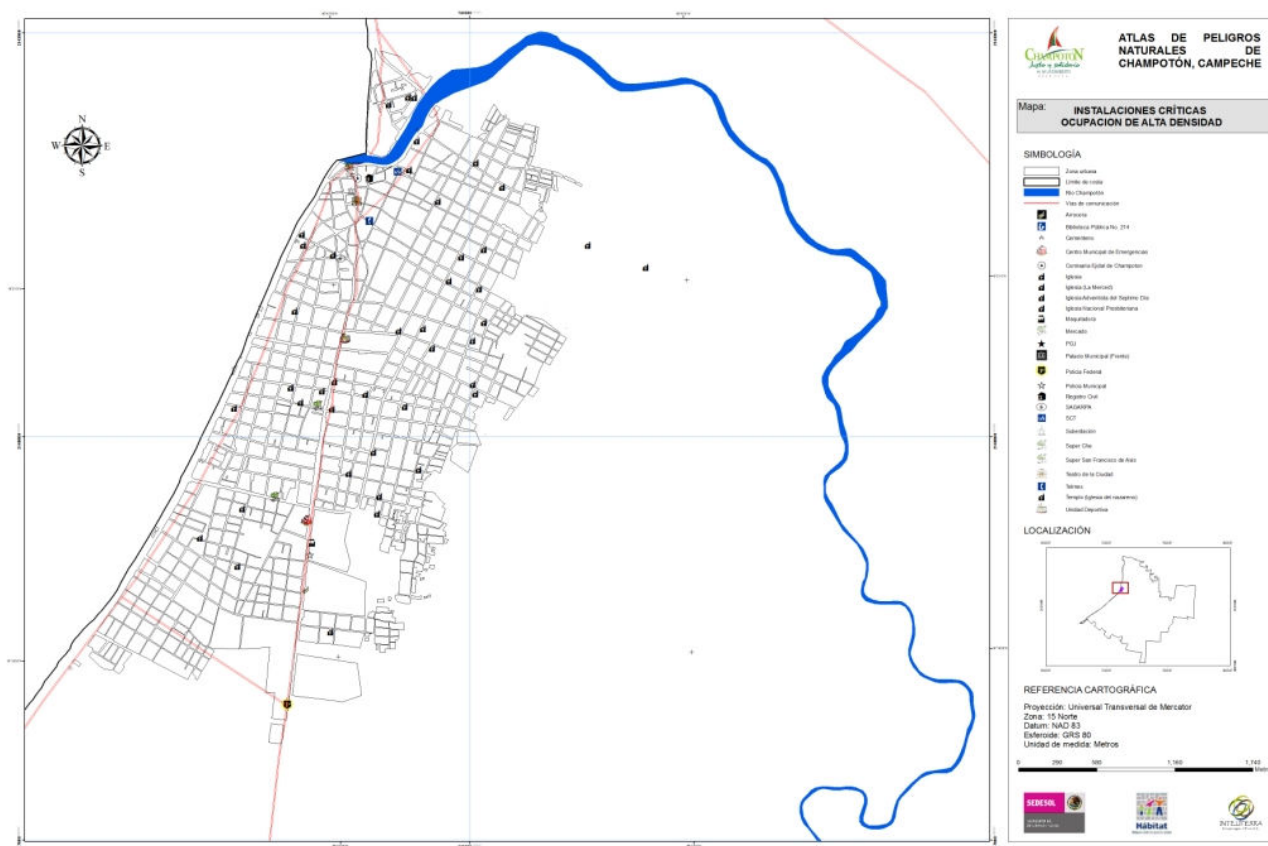
Tal es el caso de los mapas de instalaciones críticas, que se presentan a continuación:



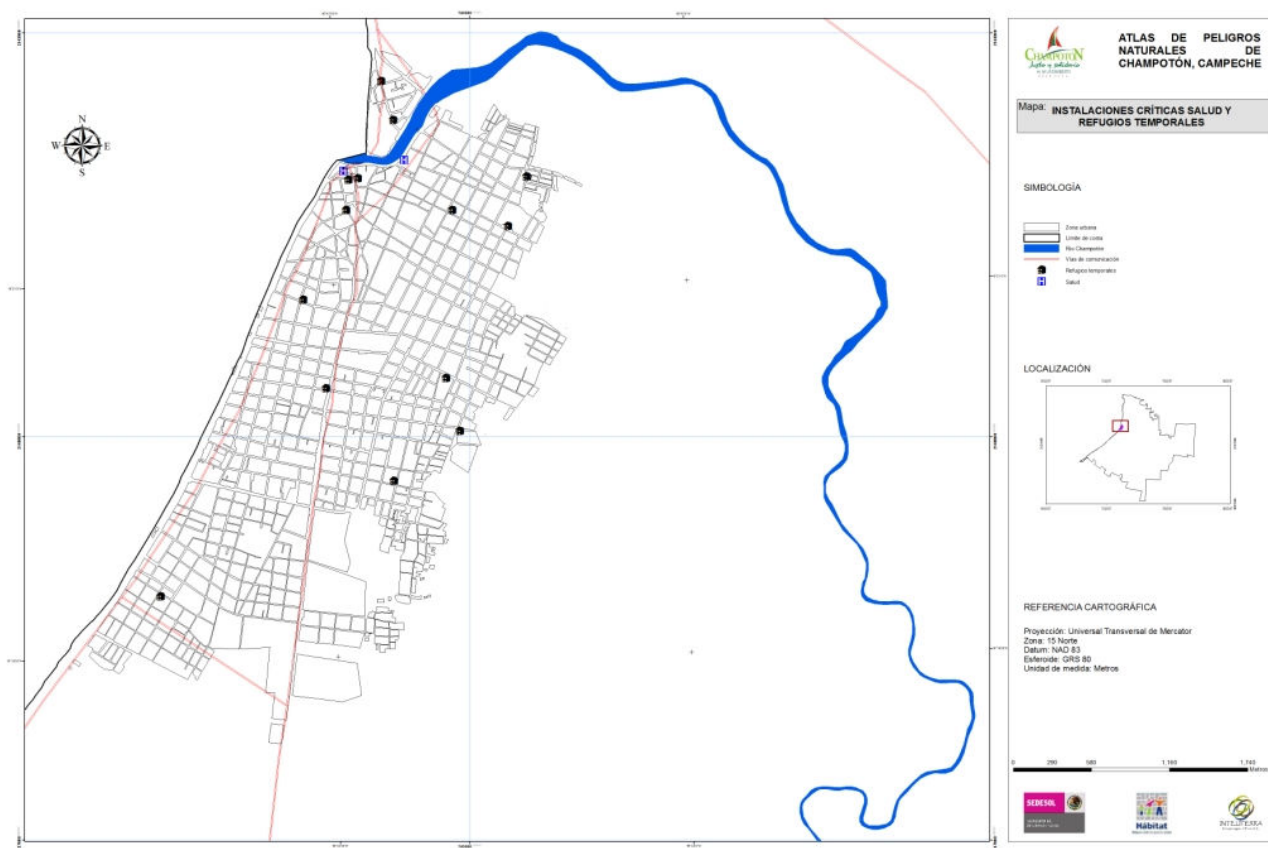
MapaCZR1) Instalaciones Críticas: Infraestructura



MapaCZR1a) Instalaciones Críticas: Industrial



MapaCZR1b) Instalaciones Críticas: Uso Intensivo (ocupación de alta densidad)



MapaCZR1c) Instalaciones Críticas: Salud y Asistencia Social

Con todo, es menester considerar que si bien algunos peligros naturales (particularmente los relacionados con factores climáticos) cuentan con estacionalidades más o menos definidas (sequías durante los meses de estiaje, inundaciones en temporada de lluvias, temporada de huracanes: mayo-noviembre), todos los riesgos/peligros naturales poseen un componente aleatorio, vale decir probabilístico, en lo referente a su ocurrencia.

De ahí que en el caso de este tipo de peligros, la determinación de las probabilidades de ocurrencia del evento constituya un aspecto fundamental. Para efectos de planificación de riesgo es importante estimar este conjunto de probabilidades según la zona de ocurrencia y la categoría de intensidad del fenómeno. Este conjunto de probabilidades se calculará marginalmente para zona y para categoría, de manera conjunta para zona y categoría, y en modalidad condicional donde la condicionante será la categoría y la condicionada será la zona de ocurrencia.

Como se mencionó anteriormente, se trabajará sobre un total de 302 registros, los cuales se detallan por zona y categoría en la siguiente tabla:

Tabla 9) Distribución de fenómenos Hidrometeorológicos por categoría según zona de ocurrencia

Zonas de Ocurrencia/Nivel de Peligro	Categorías							Total x Zona
	Torm.SubTrop	Torm Trop	H cat 1	H cat 2	H cat 3	H cat 4	H cat 5	
Bajo (300 km)	0	109	38	18	9	7	2	183
Medio (200 km)	0	57	18	6	3	0	1	85
Alto (100 km)	0	26	6	0	1	0	1	34
Total x categoría	0	192	62	24	13	7	4	302

FUENTE: Elaboración propia con datos de la BD del NHC/NOAA

La tabla anterior permite realizar el cálculo probabilístico de ocurrencias, de acuerdo con lo ya expuesto. Estos cálculos se presentan con sus resultados en las siguientes tablas de probabilidad marginal (para zona y categoría)

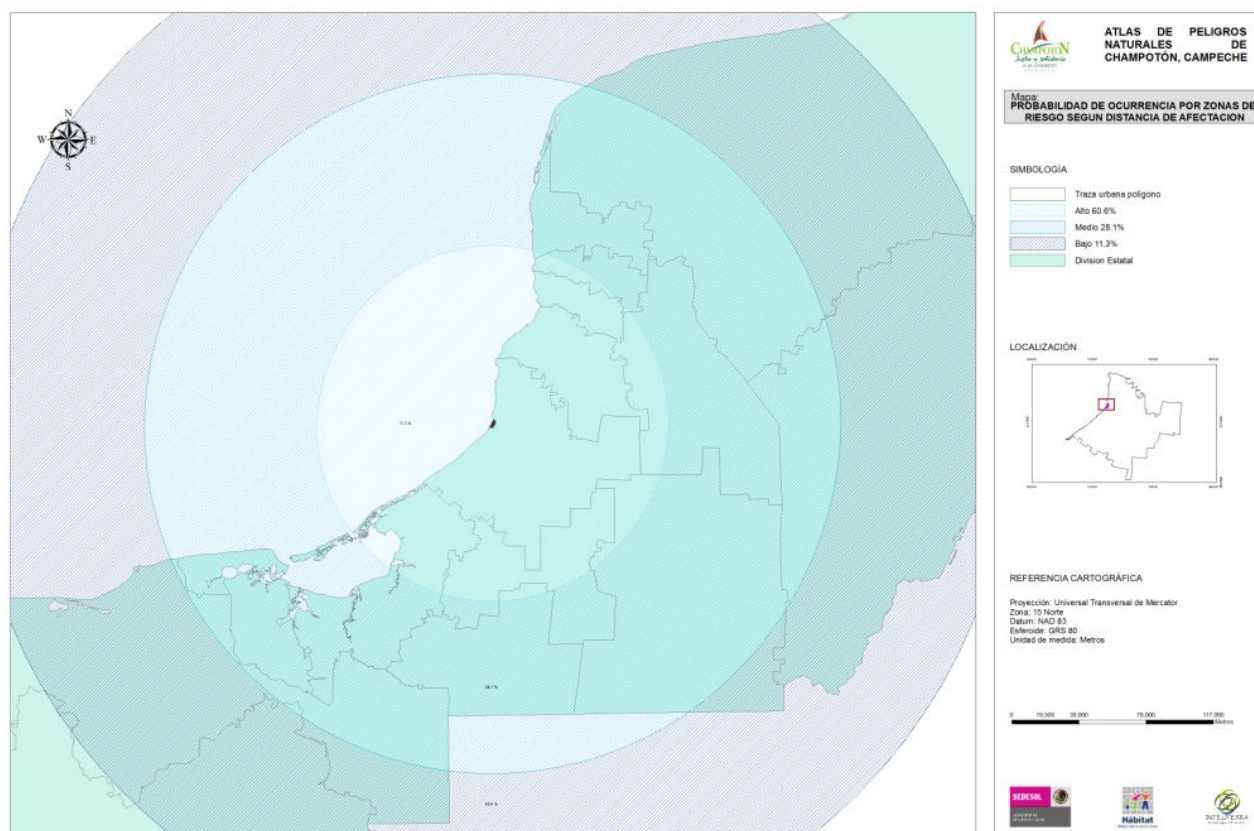
Probabilidad Zonal de Ocurrencia (PZO): Probabilidad de que en una zona dada tenga lugar un evento (cualquier categoría). La tabla que sigue, presenta estas probabilidades en términos absolutos y relativos.

Tabla 10) Probabilidad Zonal de Ocurrencia

Zona de Riesgo	Probabilidad (abs)	Probabilidad (rel)
Bajo	183/302	60.6%
Medio	85/302	28.1%
Alto	34/302	11.3%

FUENTE: Elaboración propia con datos de la BD del NHC/NOAA

Es posible visualizar estas posibilidades en el marco de una zonificación de riesgo según distancia de afectación, como se aprecia en el siguiente mapa:



Mapa CZR2) Probabilidad Zonal de Ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos

Probabilidad Categorical de Ocurrencia (PCO): Probabilidad de que un evento cualquiera, transite en cualquier zona y tenga una categoría dada.

Tabla 12) Probabilidad Categorical de Ocurrencia

Categoría del evento	Probabilidad (abs)	Probabilidad (rel)
Tormenta tropical	192/302	63.6%
Huracán cat. 1	62/302	20.5%
Huracán cat. 2	24/302	8.0%
Huracán cat. 3	13/302	4.3%
Huracán cat. 4	7/302	2.3%
Huracán cat. 5	4/302	1.3%

FUENTE: Elaboración propia con datos de la BD del NHC/NOAA

Con todo, tanto la PZO como la PCO constituyen únicamente valores generales de referencia probabilística pues, en sentido estricto, proveen poca información aprovechable para la prevención o mitigación del riesgo debido a su carácter unidimensional (zona o categoría). Por ello es preferible acudir tanto a las probabilidades conjuntas como a las de carácter condicional.

Unas y otras proporcionan, en combinación, elementos de juicio de mayor valor para la efectiva toma de decisiones en el contexto crítico de la atención de una situación de riesgo.

Probabilidades Conjuntas. Probabilidad de ocurrencia de que un evento al azar tenga una categoría dada —Tormenta tropical, Huracán Cat. 1, etc.— y transite por una zona de riesgo dada —Bajo, Medio, Alto— en un momento cualquiera. Las probabilidades calculadas se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 13) Probabilidades conjuntas de ocurrencia (zona + categoría)

Zona de Riesgo	Categoría de Evento					
	Torm.Trop.	Hur.Cat.1	Hur.Cat.2	Hur.Cat.3	Hur.Cat.4	Hur.Cat.5
	Prob.Conjunta	Prob.Conjunta	Prob.Conjunta	Prob.Conjunta	Prob.Conjunta	Prob.Conjunta
Bajo	109/302 = 36.09%	38/302 = 12.58%	18/302 = 5.96%	9/302 = 2.98%	7/302 = 2.32%	2/302 = 0.67%
Medio	57/302 = 18.87%	18/302 = 5.96%	6/302 = 1.98%	3/302 = 0.99%	0/302 = 0	1/302 = 0.33%
Alto	26/302 = 8.61%	6/302 = 1.98%	0/302 = 0	1/302 = 0.33%	0/302 = 0	1/302 = 0.33%

FUENTE: Elaboración propia con datos de la BD del NHC/NOAA

Probabilidades condicionales. Probabilidad de que un evento ocurra (evento condicionado) si ocurre otro (condicionante). En este caso, probabilidad de que un fenómeno (evento) transite (ocurra en) cierta zona determinada (evento condicionado), dada su categoría (condicionante), o viceversa. Por ejemplo: Probabilidad de que un evento ocurra en la zona de Bajo Peligro, dado que es una Tormenta tropical: $109/192 = 56.77\%$. En el presente trabajo, se estimará que el evento condicionado será la Probabilidad de Tránsito (u ocurrencia en zona) y la condicionante será la

categoría del fenómeno, para un primer grupo de probabilidades. Posteriormente se calculará otro grupo asumiendo que el evento condicionado será la probabilidad de categoría del fenómeno y la condicionante el tránsito por una zona dada.

Tabla 14) Probabilidades condicionales de ocurrencia (categoría → zona)

Zona de Riesgo	Categoría de Evento					
	Torm.Trop.	Hur.Cat.1	Hur.Cat.2	Hur.Cat.3	Hur.Cat.4	Hur.Cat.5
Bajo Prob.Tránsito	109/192 = 56.77%	38/62 = 61.29%	18/24 = 75%	9/13 = 69.23%	7/7 = 100%	2/4 = 50%
Medio Prob.Tránsito	57/192 = 29.69%	18/62 = 29.03%	6/24 = 25%	3/13 = 23.08%	0/7 = 0	1/4 = 25%
Alto Prob.Tránsito	26/192 = 13.54%	6/62 = 9.68%	0/24 = 0	1/13 = 7.69%	0/7 = 0	1/4 = 25%

FUENTE: Elaboración propia con datos de la BD del NHC/NOAA

Tabla 15) Probabilidades condicionales de ocurrencia (zona → categoría)

Zona de Riesgo	Categoría de Evento					
	Torm.Trop.	Hur.Cat.1	Hur.Cat.2	Hur.Cat.3	Hur.Cat.4	Hur.Cat.5
Bajo Prob.Tránsito	109/183 = 59.56%	38/183 = 20.76%	18/183 = 9.84%	9/183 = 4.92%	7/183 = 3.82%	2/183 = 1.1%
Medio Prob.Tránsito	57/85 = 67.06%	18/85 = 21.18%	6/85 = 7.05%	3/85 = 3.53%	0/85 = 0	1/85 = 1.18%
Alto Prob.Tránsito	26/34 = 76.47%	6/34 = 17.65%	0/34 = 0	1/34 = 2.94%	0/34 = 0	1/34 = 2.94%

FUENTE: Elaboración propia con datos de la BD del NHC/NOAA

En el análisis de Peligros Naturales, el concepto de Tasa de Retorno (TR) resulta fundamental. Se entiende por TR al *periodo en el cual un peligro determinado posee equiprobabilidades de ocurrencia durante todo ese lapso*. P. ej.: En el caso de una llanura de inundación fluvial, una Tasa de Retorno de 100 años, significa que durante ese tiempo existe, cada año, una probabilidad de 1% de que ocurra una inundación por desborde de río en dicha zona. Las Tasas de Retorno usuales

pueden ser de 50, 100 y 500 ó más años, aunque pueden emplearse tasas de periodos más reducidos (lo cual significará que el riesgo es probabilísticamente más elevado).

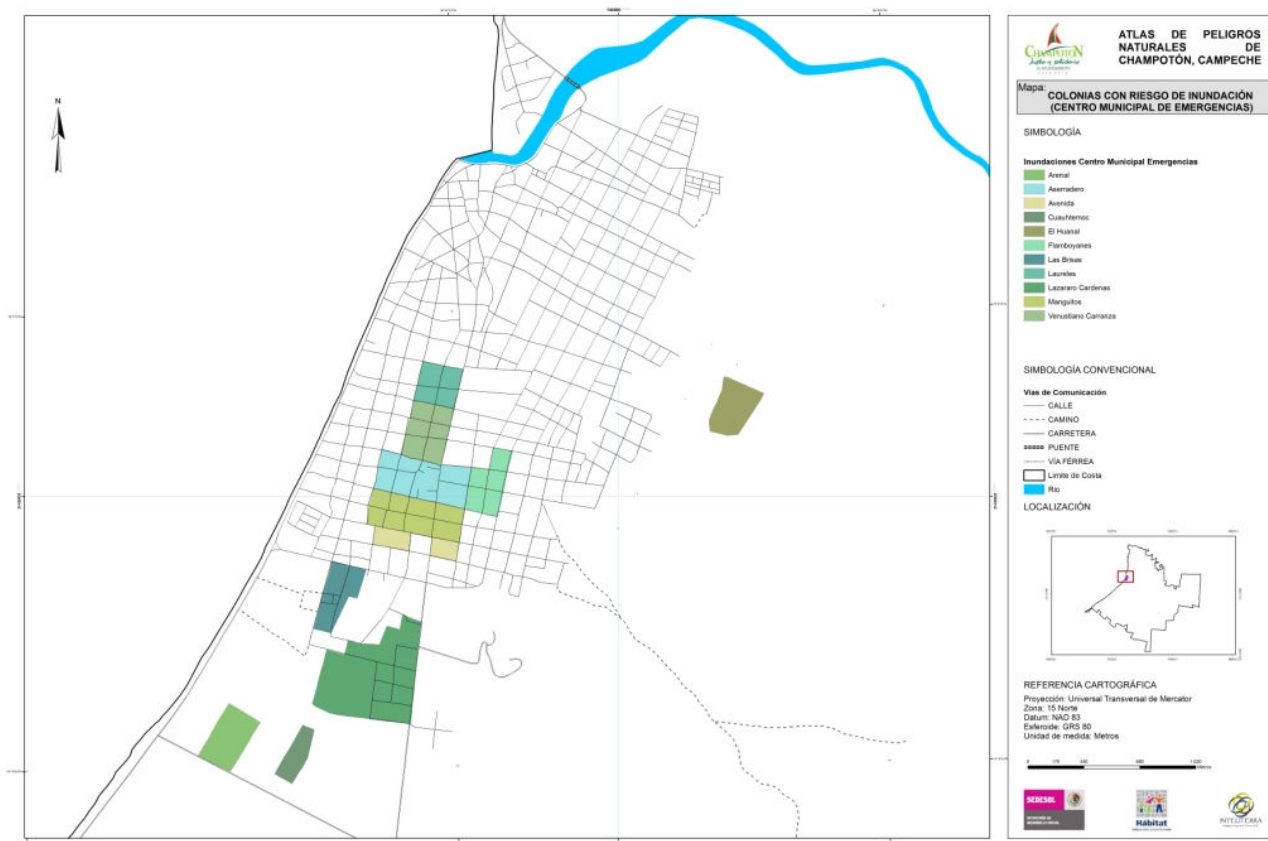
La elección de la TR depende, en mucho, del intervalo de información disponible, el cual, como ya se ha comentado con anterioridad, varía mucho para cada tipo de peligro específico. Esta diversidad de cobertura cronológica se origina, también, en los diferentes modos y acervos consultados para la adquisición de información. Como cabe esperar, aquella información captada a través de medios no especializados (prensa, entrevistas, etc.) presentará niveles de precisión e integridad menores que los de fuentes especializadas (P.ej.: La base de datos de un centro de investigación hidrológica).

Inundaciones

Este apartado tratará de cubrir la taxonomía de inundaciones desarrolladas en el apartado inmediato anterior. Ello se efectuará abordando cada uno de los tipos de inundación propuestos, ofreciendo una explicación teórica abreviada de sus causas y mecanismos.

Inundación Tipo I (Por lluvia pertinaz/saturación de suelo). Es la típica inundación por encharcamiento de precipitación pluvial y saturación del suelo. Puede responder tanto a condiciones microclimáticas locales como a eventos de gran magnitud (ciclones tropicales). Los factores que las regulan/condicionan, clima aparte, son el relieve, la vegetación y la edafología particular de la zona. Para la ciudad de Champotón, tanto el Centro Municipal de Emergencias (CENEMUN), como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) han realizado sus propios estudios en materia de este tipo de inundaciones.

La comparación de ambos trabajos, específicamente en lo que a dimensionamiento y zonificación se refiere, provee valiosos elementos de juicio para el análisis de riesgo en este aspecto particular.

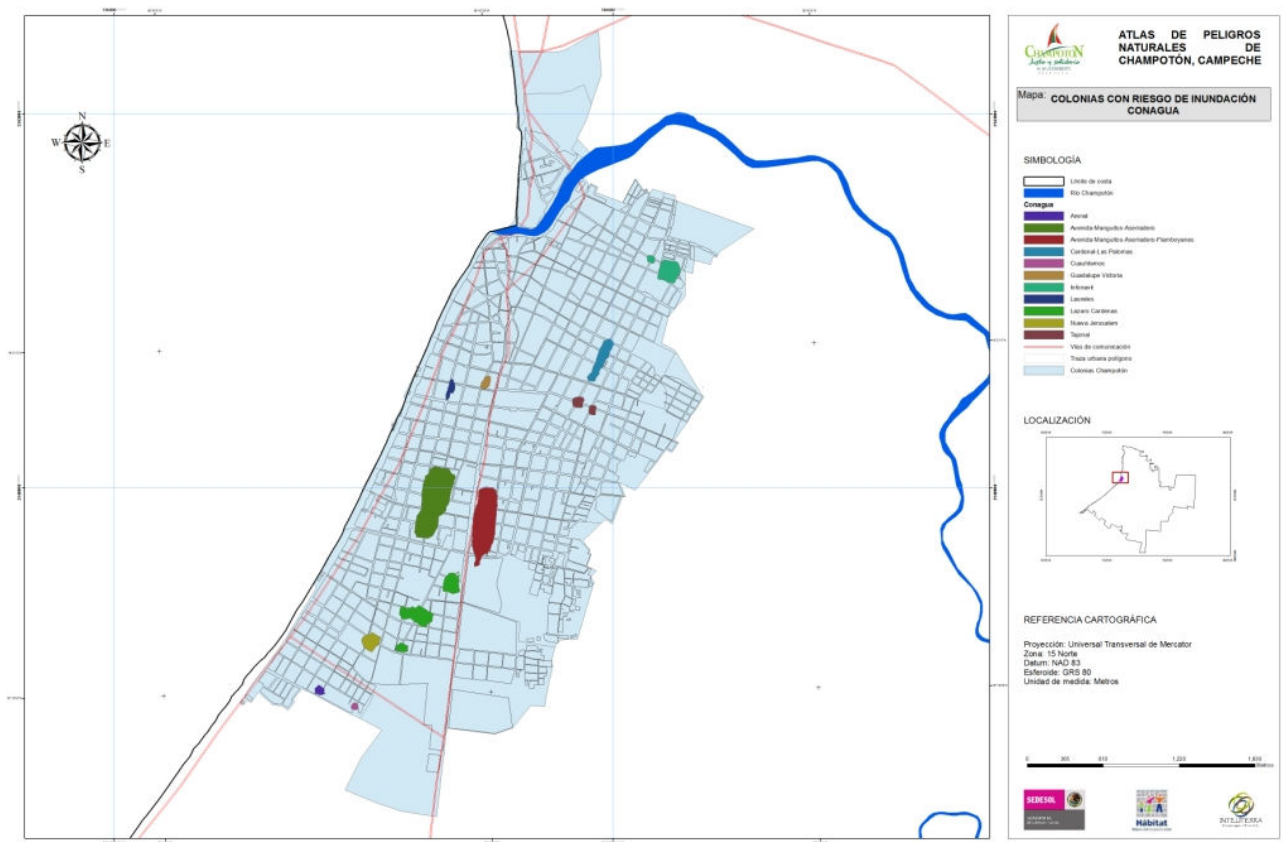


Mapa CZR3) Colonias en riesgo de inundación (CENEMUN)

De acuerdo con el CENEMUN, en Champotón son 11 las colonias que se encuentran en riesgo de inundación: Las Brisas, Avenida, Manguitos, Aserradero, Venustiano Carranza, Laureles, Arenal, Cuauhtémoc, Lázaro Cárdenas, Flamboyanes, y El Huanal. Esta información, con todo, carece de detalle en cuanto a su expresión territorial, pues se asume que toda la colonia está sujeta a dicho riesgo. Si se asume como válido este enfoque, se tiene entonces que más de una cuarta parte del total de colonias de la ciudad está sujeta a riesgo de inundación. En términos espaciales, de acuerdo con estos datos se tiene que una superficie total de 107.41 has. (casi 10.75% del total de la ciudad) está sujeta a riesgo de inundación.

Por su parte, la CONAGUA establece las colonias Aserradero, Las Brisas y Lázaro Cárdenas como las más susceptibles a inundación por encontrarse en partes más bajas. Incluye también a las colonias Nueva Jerusalén, Microondas, Arrocera, Flamboyanes, La Avenida, Los Manguitos, La

Playa y parte de la Plan Chac, así como Pozo Monte, El Cocal, Infonavit, Tajonal, El Cardenal, Nueva Esperanza, Las Carolinas, Venustiano Carranza, La Cruz, Pedregal y Los Laureles.

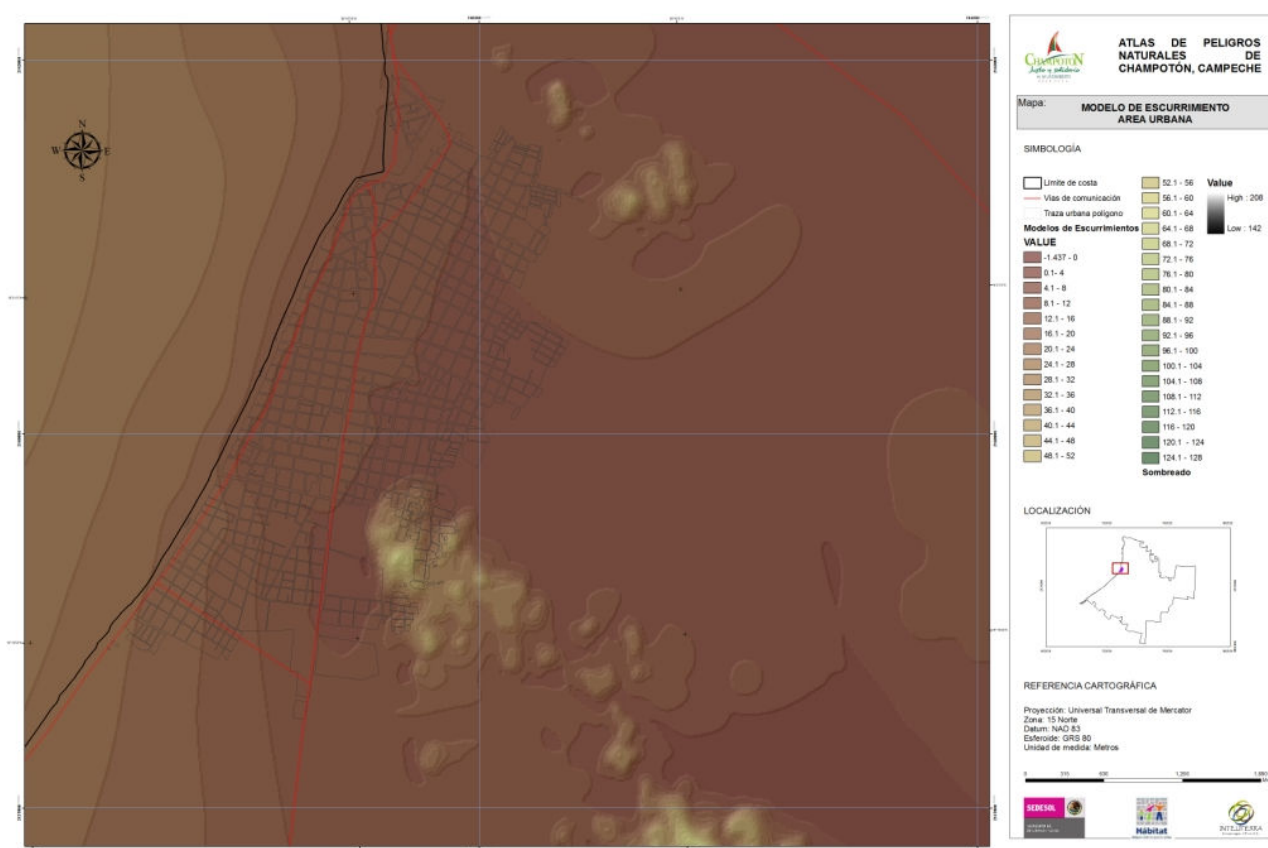


Mapa CZR3a) Colonias en riesgo de inundación (CONAGUA)

De esta forma, de acuerdo con la CONAGUA, la superficie total en riesgo de inundación es de 335.48 ha. esto es, casi 33.6% de la total del municipio. La divergencia con la información de CENEMUN se debe, básicamente a la cantidad de colonias consideradas como zonas en riesgo.

Patrón de Esgurrimiento

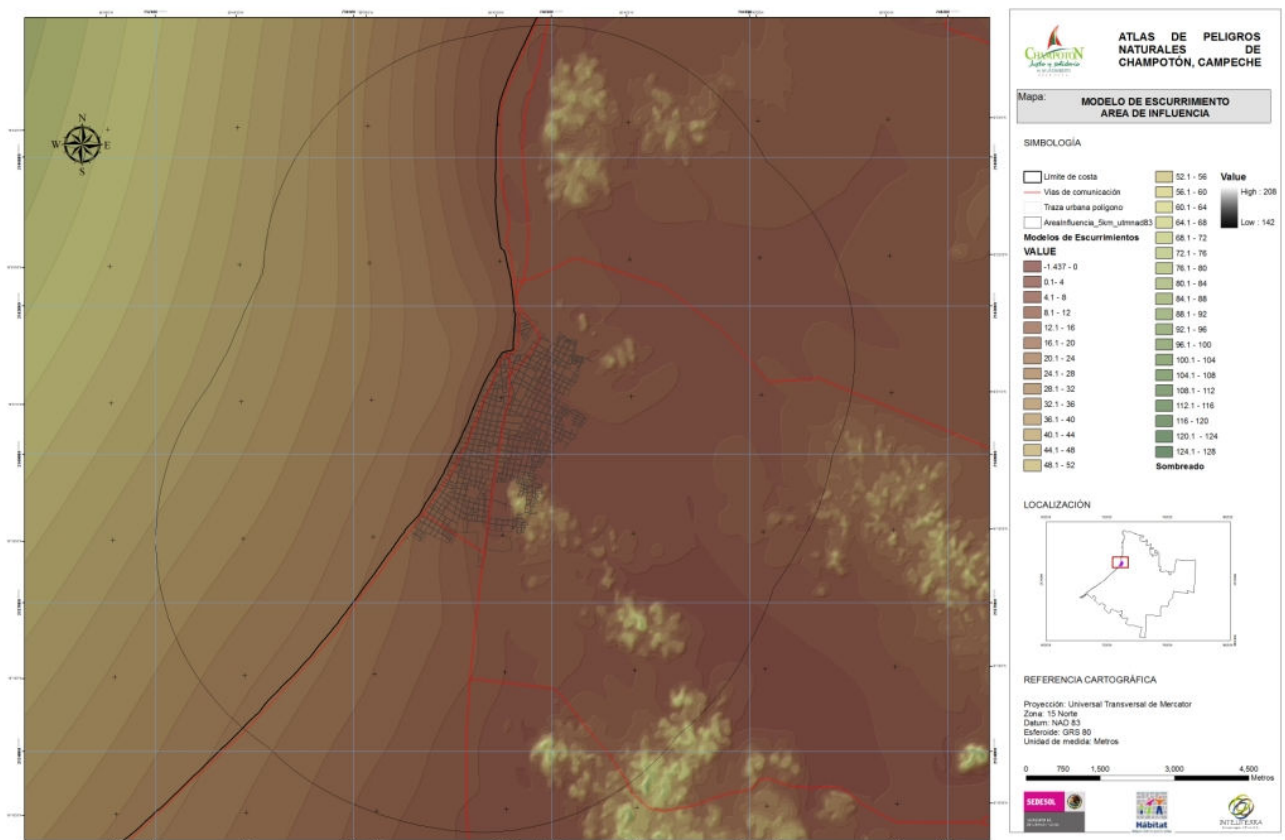
En el caso de inundaciones tipo I, el patrón de escurrimiento resulta de gran ayuda para la comprensión de la dinámica superficial de la precipitación. Dado que es la gravedad la principal fuerza impulsora de la escorrentía y que su expresión física se manifiesta a través de los cauces que se forman por diferenciales de altura y pendiente, el análisis detallado de la altimetría y las pendientes del terreno provee información sustantiva para la delimitación de zonas inundables y la evaluación de sus niveles de peligro. La mejor forma de obtener un patrón de escurrimiento es usar un MDE pero con clases de altura ampliadas. Para este trabajo se usaron clases de 4 m.



Mapa CZR4) Patrón de Esgurrimiento (ZU)

La ampliación de las clases de altitud permite visualizar en la porción SE de la ciudad un área baja (de entre 4 y 8 m), notablemente extensa y que divide longitudinalmente la traza de la ciudad. El borde superior de esta área colinda con superficies más elevadas originando así un pequeño

reservorio o embalse natural que obstruye el flujo natural de las aguas dificultando su circulación hacia la costa y su desagüe.

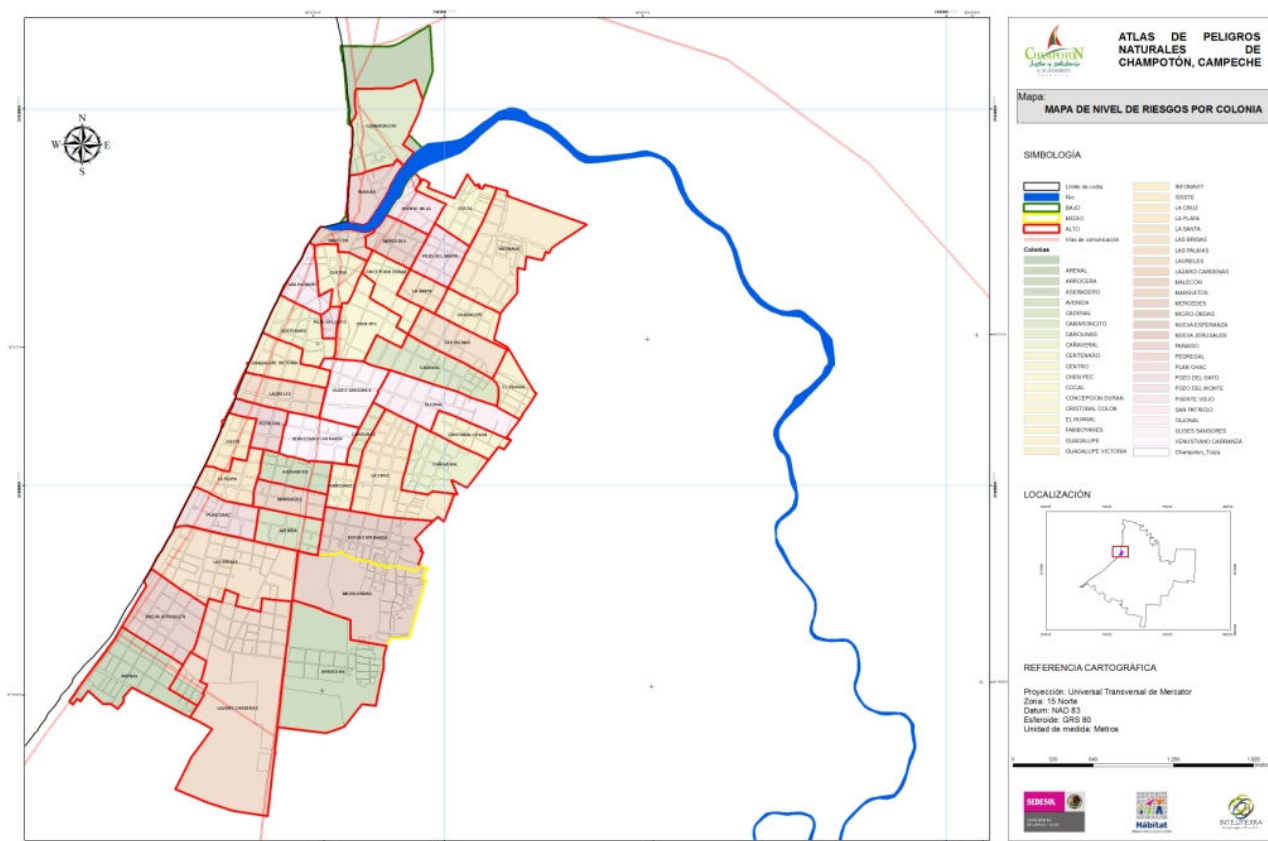


Mapa CZR4a) Patrón de Escurrimiento (AI)

Nivel de Peligro por Inundación

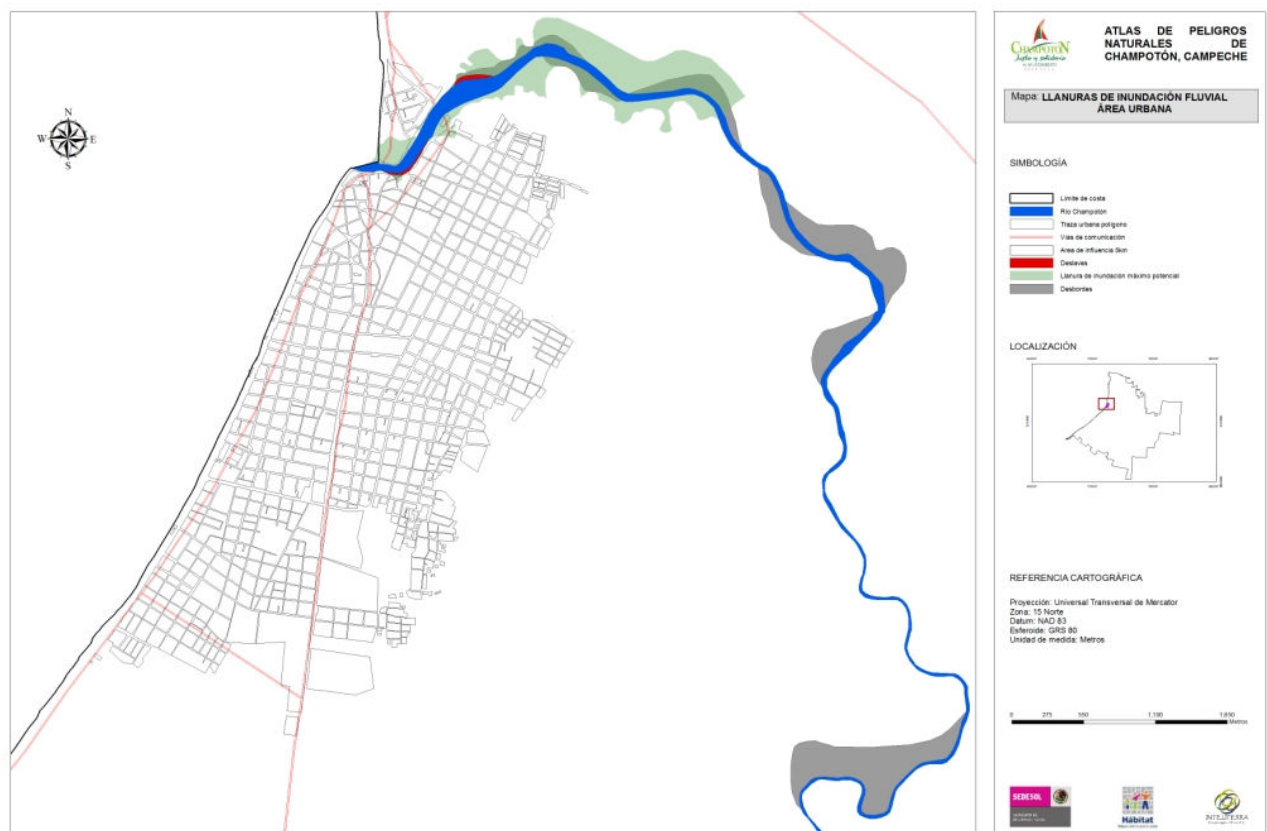
La delimitación de zonas inundables resulta insuficiente por sí misma para estructurar una política de protección civil eficaz. Por ello, es necesario incorporar al análisis el concepto de *nivel de peligro*. La categorización jerárquica del nivel de peligro de una zona permite ubicarla con exactitud en el contexto general de la política de protección y definir con absoluta puntualidad las prioridades y estrategias en materia de prevención, atención y mitigación de daños. La definición de los niveles de peligro y su expresión territorial en una zonificación se realizó mediante la combinación de información estrictamente cartográfica, con información de primera mano. El procedimiento consistió en crear una Red de Triángulos Irregulares empleando la información de

curvas de nivel a 10 m. Esta red se clasificó en niveles de altitud cada cuatro metros y se obtuvo un grupo de zonas organizadas según este criterio y de mayor a menor (niveles de altitud). Estas zonas fueron vectorizadas asignándoseles su clase altitudinal. Hecho esto, se unió esta capa de altitudes con la cobertura de colonias de la localidad de Champotón. Las cotas más elevadas y las más bajas se identificaron otorgándose a la elevadas un nivel de peligro (por inundación) bajo y a las zonas bajas un nivel alto. Los niveles medios fueron obtenidos por diferencias entre las clases altitudinales. Así, las cotas altas (entre 64-44 m) y las bajas (4-24 m) sirvieron para establecer las medias (44-64 m) a las que se asignó un nivel de peligro equivalente, es decir, también medio. En los casos en que alguna zona mostrase superficies correspondientes a dos distintos niveles de peligro, se eligió el que fuese mayoritario en términos espacio-territoriales. Así, se determinó que cerca de 92% de la superficie de la localidad se encuentra en nivel de peligro Alto por inundación. El mapa resultante se presenta a continuación:



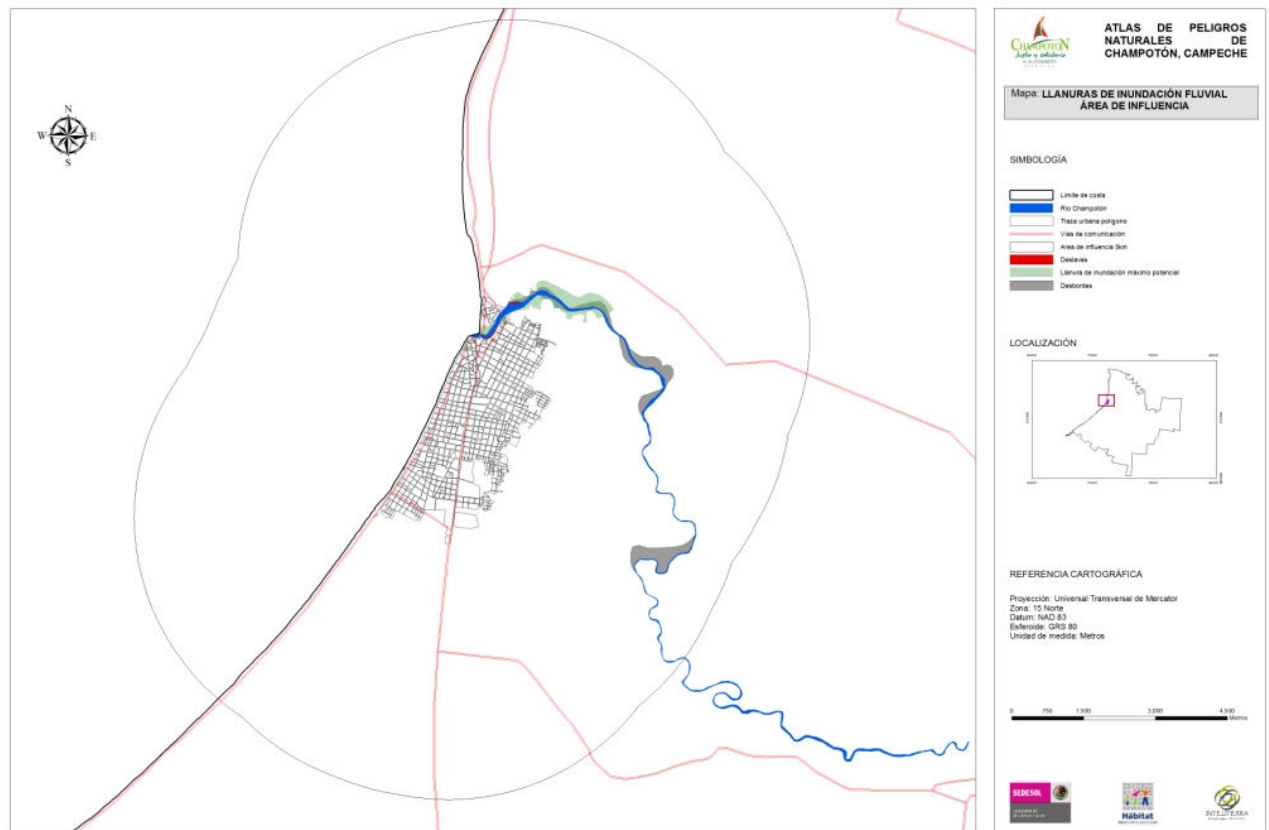
Mapa CZR5) Niveles de Peligro por Inundación

Inundación Tipo II (desborde fluvial). Esta clase de inundación se presenta cuando, por causas diversas (escorrentía, marea astronómica, entre otras), el río Champotón crece por encima de sus niveles críticos y derrama sus aguas sobre la ciudad. Según se logró investigar en las sesiones de trabajo de campo, es aceptado por la población el incremento en la frecuencia de este fenómeno, sobre todo en las últimas tres décadas (en la década 1981-1990, el río desbordó en septiembre de 1988, a causa del tránsito del huracán Gilberto y en la de 1991-2000, el río desbordó dos veces en un lapso de tres años: octubre 1992 y octubre 1995), de ahí que el periodo de retorno se esté contrayendo y, por tanto, las probabilidades de ocurrencia se incrementen de forma significativa.



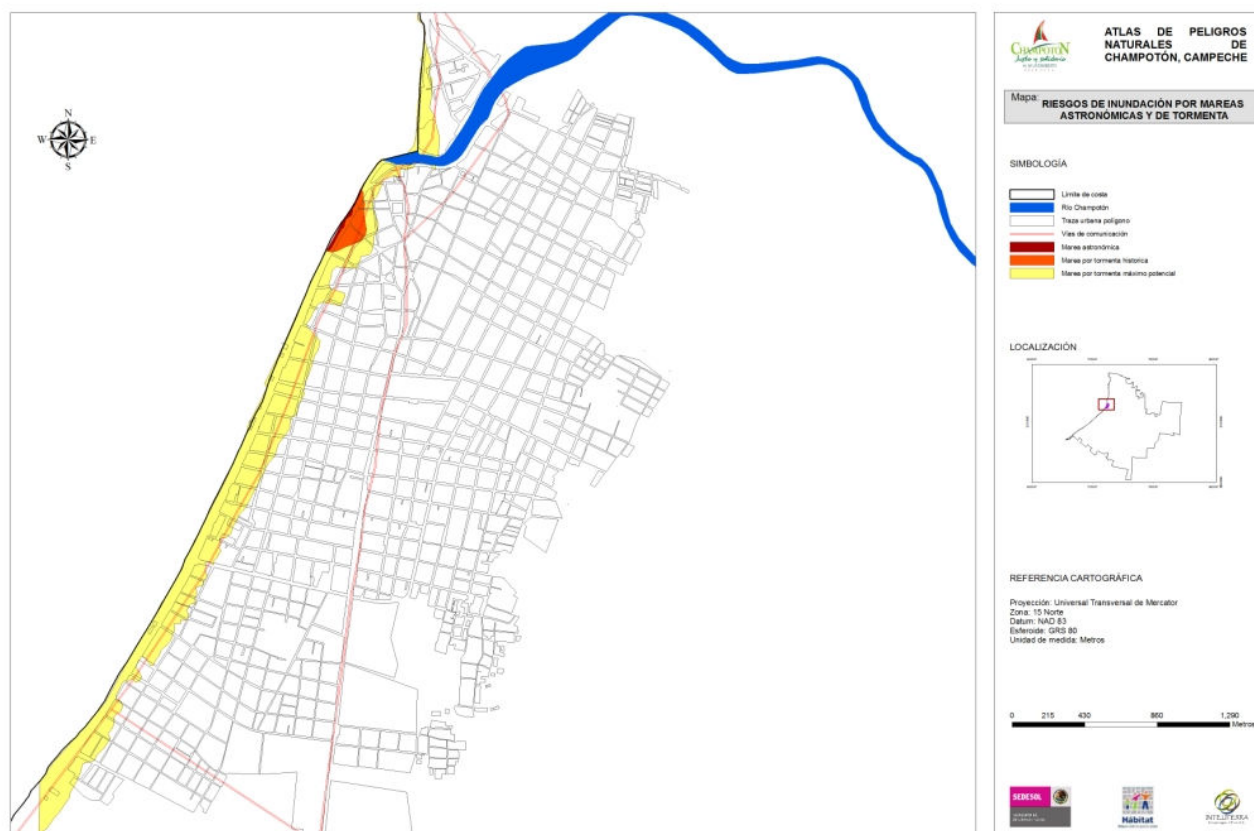
Mapa CZR6) Llanuras de Inundación fluvial (ZU)

El área total de las planicies de inundación fluvial, en condiciones promedio (históricas) es de 92.75 ha. aproximadamente y la superficie total potencial en condición extrema es de 105 ha.



Mapa CZR6a) Llanuras de Inundación fluvial (AI)

Inundaciones Tipo III y IV (mareas astronómica y de tormenta). Estos tipos de inundaciones obedecen, el primero, al efecto gravitacional de la luna sobre los cuerpos de agua terrestres, lo cual implica que, al estar supeditadas al movimiento celeste, pueden ser previstas con razonable efectividad. El tipo IV responde al efecto de succión de las zonas de baja presión de un huracán, que se traducen en el incremento del nivel del mar.



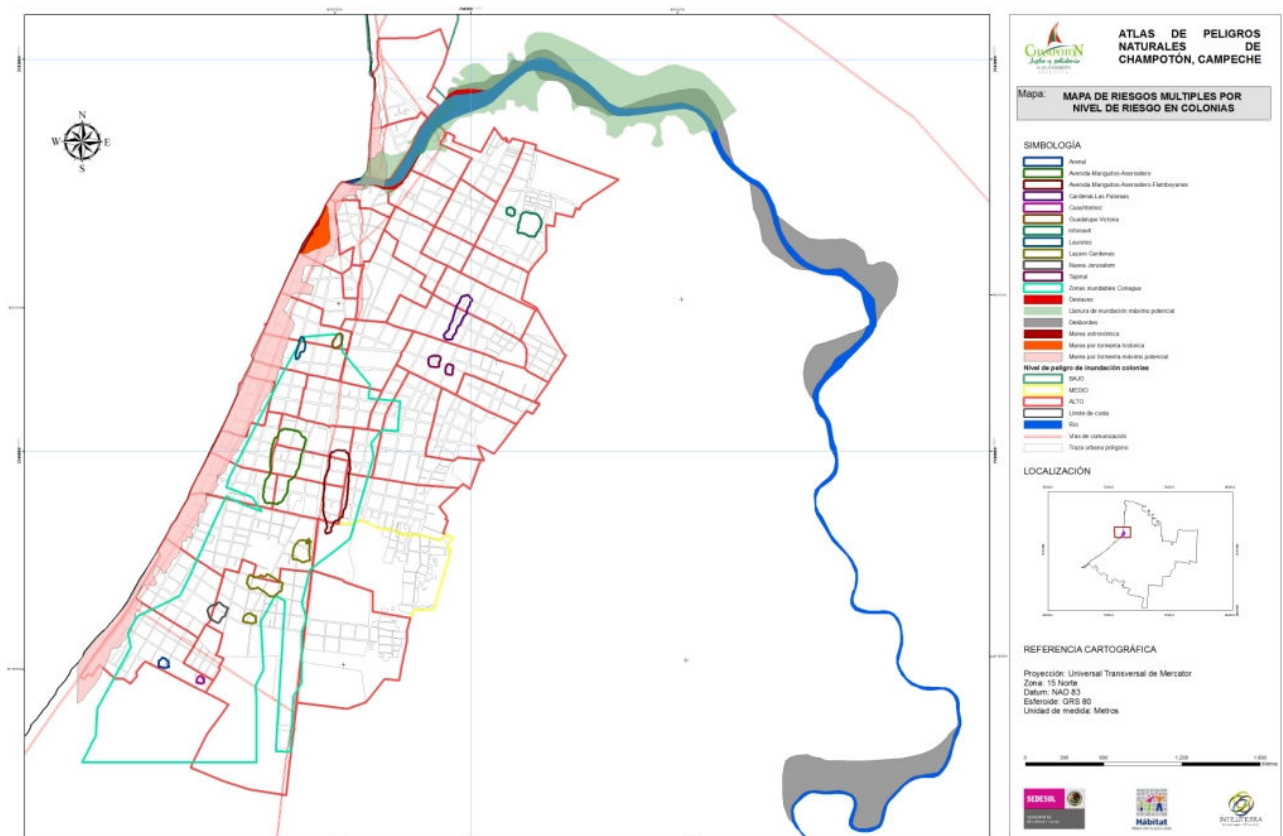
Mapa CZR7) Riesgo de Inundación por mareas astronómica y de tormenta

La superficie sujeta a riesgo de inundación por marea de tormenta (histórica) es de 3.95 ha, sin embargo, la superficie en riesgo potencial es considerablemente mayor y alcanza las 76.7 ha. Esta superficie es de configuración oblonga, lo cual responde a la configuración de altitudes de la línea de costa y los terrenos inmediatamente adyacentes a ella tierra adentro.

Mapa de Riesgo Múltiple

Este mapa condensa todos los riesgos identificados para la localidad en estudio. En el caso presente, es un mapa relativamente sencillo, pues únicamente contempla dos grandes tipos de riesgo: inundaciones (por diversas causas) y deslizamientos (por socavamiento erosivo en condiciones extremas), aunque es necesario señalar que las primeras obedecen a un variado espectro de causas que las generan.

100 | P á g i n a



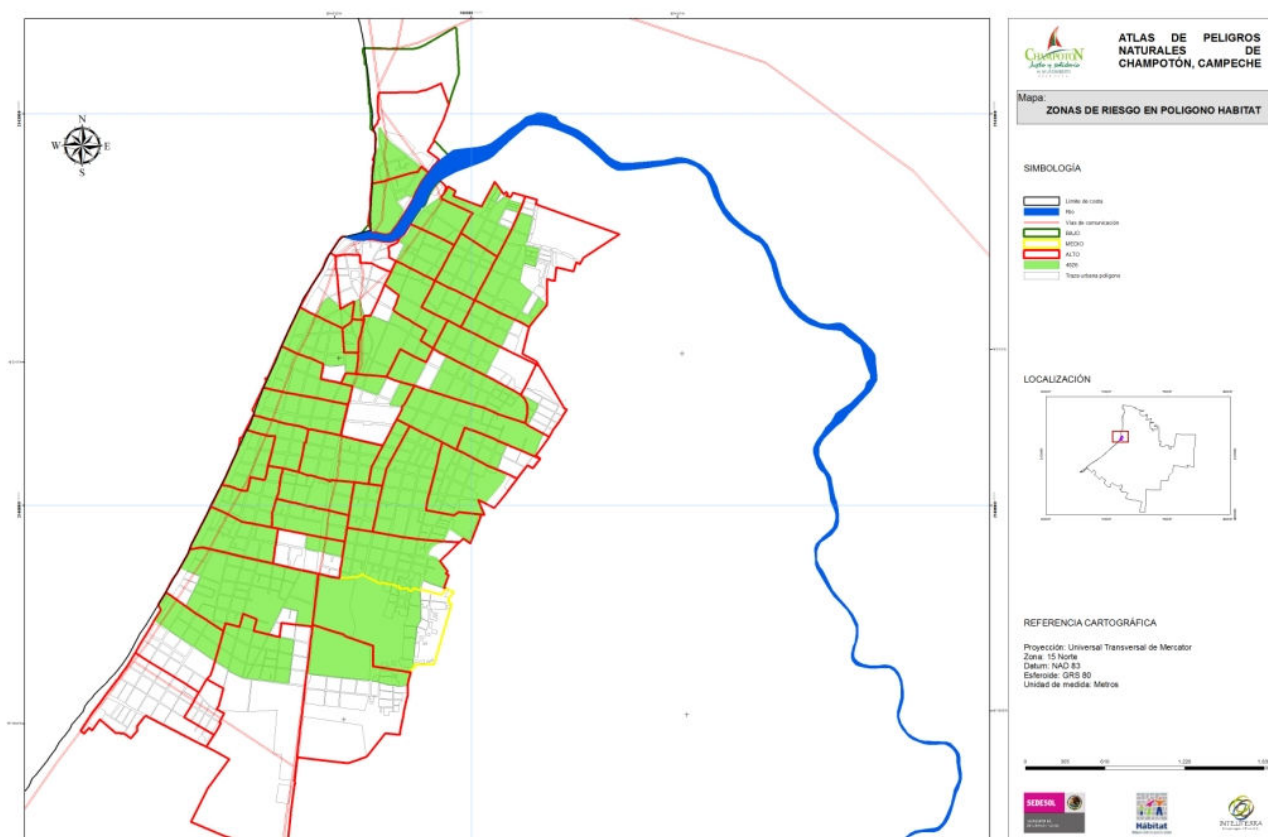
Mapa CZR8a) Mapa de Riesgo Múltiple por nivel de peligro

Polígono Hábitat (4026)

La ciudad de Champotón contiene el polígono de actuación (identificado como 4026) del Programa Hábitat, auspiciado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) del gobierno federal. Cabe señalar que, a excepción de algunos pequeños polígonos interiores que se consideran fuera del 4026 por no ajustarse a la normatividad del mencionado programa, el resto de la localidad sí se encuentra incluido en dicho polígono. Esta situación facilita notablemente el análisis de riesgos, pues evita el procesamiento estadístico adicional que suele requerirse cuando en una localidad coexisten dos o más polígonos Hábitat.



Mapa CZR9) Polígono Hábitat



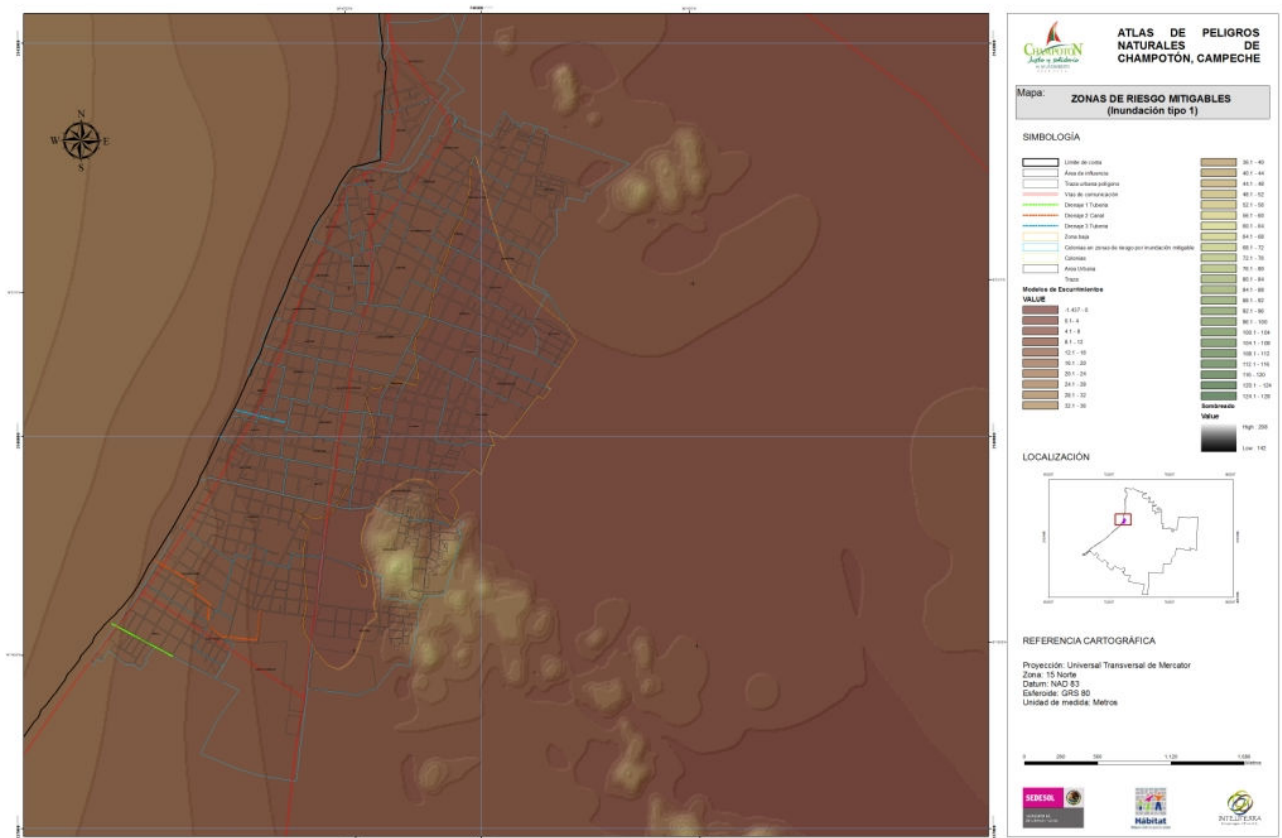
Mapa CZR9a) Polígono Hábitat (niveles de peligro)

En la medida en que la localidad es un único polígono Hábitat, la distribución espacial de los niveles de peligro será esencialmente similar a la realizada para colonias, mostrando únicamente variaciones cuantitativas derivadas de la exclusión de los polígonos que no se ajustan a la normatividad establecida de Hábitat.

Condición de Mitigabilidad

El último esquema de zonificación requerido es el que concierne a la condición de mitigabilidad del riesgo. Para este análisis se utilizó exhaustivamente el Modelo de Esguerrimiento dado que, por mucho, el principal agente de riesgo son los fenómenos Hidrometeorológicos y las inundaciones que de ellos derivan. El análisis sugirió que una significativa proporción de las colonias que se ubican en zona de alto riesgo están asentadas en una zona baja que, en su linde occidental, conecta con otra de mayor altura. Esto provoca notables deficiencias de flujo en los cauces

naturales que tienden hacia la costa, dificultando el drenaje y el desagüe. La superficie ubicada en esta zona equivale a 36% de la superficie total de la localidad y, dado que se tiene conocimiento de un conjunto de acciones que el Ayuntamiento viene realizando en materia de drenaje pluvial, se estima pertinente fortalecer esa iniciativa, orientándola a la realización de acciones de mitigación en el área en comentario.



Recomendaciones

En este apartado se presentará un grupo de recomendaciones de orden vario que, en conjunto, pueden contribuir a la reducción de vulnerabilidad, y a la consecuente disminución del riesgo.

Control en el Uso de Suelo

1. Establecer un mecanismo formal de contención a invasiones de predios y creación de asentamientos, sobre todo en zonas de riesgo con alto nivel de peligro.
2. Instituir la obligatoriedad de estudios específicos de riesgo como requisito para la aprobación de obras en zonas de peligro.
3. Fortalecer los mecanismos legales y la capacidad institucional para la regulación en el Cambio de Usos de Suelo (CUS).
4. Definir legalmente “zonas de protección civil y patrimonial” como áreas con restricciones a la ocupación y la edificación, cuya función sería la de amortiguar el impacto de fenómenos hidrometeorológicos.

Ampliación de Conocimiento

1. Formulación de un estudio de hidrodinámica costera.
2. Realización de estudios geo-edafológicos en la franja litoral de la localidad.

Infraestructura

1. Debe aprovecharse la pendiente natural del territorio para construir drenajes con flujo hacia la costa. Esto puede realizarse desde la llamada “aguada de Cantemó”, pasando por la colonia PozoMonte sobre la calle 15 hasta la Av. Revolución.
2. Es indispensable que los tres drenes existentes actualmente se mantengan limpios y desazolvados. Un programa de mantenimiento es obligatorio para este fin.
3. El dren ubicado en la colonia Arenal puede interconectarse con el situado en la Nueva Jerusalem. La interconexión podría efectuarse atravesando la colonia Cuauhtémoc Cárdenas, corriendo paralela al parque de béisbol Lázaro Cárdenas y conectando entre las calles 41 y 39.

4. Es recomendable ampliar la sección del dren ubicado entre las colonias La Playa y Manguitos, en ese tramo exactamente.
5. Es muy recomendable reforzar los basamentos laterales del malecón del río, especialmente en el tramo situado frente a la estación de autobuses.

Manejo de Cuencas

1. Es conveniente realizar un estudio de microcuencas del río Champotón, con miras a establecer un programa de manejo para la microcuenca de la ZU.

Reducción de Vulnerabilidad

1. Promover acciones de mejoramiento de vivienda, pero dando preponderancia a la mejora de techos y paredes.

Bibliografía

1. Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Campeche, Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Campeche (22/12/1993).
2. Ley de Protección Civil para el Estado de Campeche (reformas de 1997), Consejo Estatal de Protección Civil, 1997.
3. Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012. H. Ayuntamiento de Champotón.
4. Programa Director Urbano (PDU) de la ciudad de Champotón, versión actualizada 2009. H. Ayuntamiento de Champotón.
5. Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Territorial de Champotón. 2006. Kairós-Consejo para el Desarrollo Territorial Sustentable, A.C./ Secretaría de Ecología/Ayuntamiento de Champotón, 2006.
6. Análisis de vulnerabilidad para ciudades con problemas de inundación, por fenómenos Hidrometeorológicos, Ciudad de Champotón; Subdirección de Consejos de Cuenca, Gestión Social y Atención a Emergencias. CONAGUA. Dirección local Campeche, noviembre 2007
7. XIII Censo General de Población y Vivienda, 2010-INEGI. Resultados definitivos.
8. FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA, I. 1992. Atlas Nacional de México. Regionalización Biogeográfica. Carta IV.8.10. Escala 1:4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM.
9. Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros Naturales a nivel ciudad (Identificación y Zonificación)-SEDESOL, México,2003.
10. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica. CENAPRED, 2006.
11. Manual sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio de la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, OEA, 1993.
12. VARGAS, Jorge Enrique; Políticas Públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a desastres naturales y socio naturales; ONU/CEPAL/ECLAC, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, Santiago de Chile, 2002.

13. McHARG, Ian L.; Design with nature. John Wiley & Sons, New York, 1992.
14. SHOWALTER, Pamela S. y Matthew Ramspot; The Use of remote sensing in detecting and analyzing natural hazards and disasters, 1972-1998: A partially annotated bibliography; The James and Marilyn Lovell Center for Environmental Geography and Hazards research; Department of Geography, South West Texas University, June 1999.
15. CASANOVA L. Hugo D ; Muestreo no Probabilístico y Subjetividad. Versión 6, noviembre 2008. En <http://knol.google.com/k/hugo-casanova/muestreo-no-probabilistico-y-subjetividad/vfs2e66lv947/8#view>.
16. ROUSSEAU, Stéphan & Philippe Forget; Ocean wave mapping from ESR SAR images in the presence of swell and wind waves; Scientia Marina 68(1): 1-5, 2004.
17. Extremos Máximos de Oleaje (Altura Significante); Ministerio de Fomento/Puertos del Estado. España.
18. MEDINA, Raúl y Fernando J. Méndez; Inundación costera originada por la dinámica marina; ITN -74, 2006.
19. FERNÁNDEZ-DÍEZ, Pedro; Energía de las Olas; Depto. De Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, 2006.
20. Documentos Temático y Complementario de Cota de Inundación; Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas; Universidad de Cantabria, 1998.
21. Apuntes de Ingeniería de Ríos y Costas, versión preliminar, UMSNH, 2005.
22. NIELSEN, P. y D.J. Hanslow; Wave run up distributions on natural beaches; Journal of Coastal Research vol. 7 nº 4 pp 1139-1152, 1991.
23. Determinación de Altura de Ola y Ancho de Zona de Protección Litoral (ZPL); GEEAA Consultoría Ambiental, INTE-161-05, Chile, 2005.
24. Bitrán, Bitrán Daniel et al; Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2002; SINAPROC-CENAPRED
25. Registros de la estación climatológica de Champotón, 1954-2008. CONAGUA, Dirección Local Campeche-Subgerencia técnica.

ANEXOS

ANEXO 1) Equipo de trabajo

Nombre	Función
ISC Carlos I. Durán Pérez MBA	Coordinación General, Supervisión, Asesoría Informática.
Biól. Karol Arcique Córdoba	Integración y Edición SIG.
ISC Paula J. Pech García	Procesos cartográficos, Captura GPS, Edición imágenes satelitales.
Biól. Ana J. López Sandoval	Entrevistas/Encuestas, Fotografía, Edición Fotográfica, Revisión Hemerográfica.
IQI Gustavo Ramos Rodríguez EAT	Análisis de Riesgo, Procesamiento Estadístico.
Psic. Manuel Ramos Herrera	Recopilación documental, levantamientos de campo.

ANEXO 2) Anexo Metodológico

Muestreo Estadístico No Probabilístico (MENP)

Ya se ha comentado el método de MENP (Bola de Nieve) que se utilizó en el proceso de entrevistas/encuestas a informantes clave. En este apartado se presentará el modelo heurístico elegido para evaluar el cierre del muestreo y la saturación muestral.

$$H(n) \ni h_1(n) < h_2(n) < h_3(n) < \dots h_k(n) \forall n$$

H(n) define una heurística que acota las excesivas ramificaciones de la secuencia bola de nieve y establece parámetros para el cierre muestral.

La Saturación Muestral se determinó por inspección simple de los campos de datos (semánticos) a través del filtrado de un factor de redundancia de $3 < fr < 5$ ocurrencias.

Análisis/Identificación/Cartografía/Zonificación de Riesgos

En este apartado se expondrán, con mayor detalle, algunos aspectos de diversas metodologías para caracterizar, identificar, representar y delimitar zonas de riesgo que, aun cuando no aparezcan consignadas o referidas en la GMEAPN, poseen respaldo científico establecido y probado, por lo que suelen emplearse por distintas instituciones, académicas tanto como públicas, en diversos países.

Identificación de Riesgos

Erosión/Acreción costera. Este fenómeno se identificó básicamente por análisis foto-óptico de imágenes satelitales y ortofotos. El procedimiento consistió en la identificación visual de las modificaciones del perfil de costa y el trazo directo de líneas y polígonos sobre el material

digitalizado. La creación de dichos polígonos permitió su incorporación a los mapas del SIG, con lo cual se posibilita el cálculo de distancias, superficies y otros procedimientos. El paso final fue la coloración de los polígonos resultantes.

Deslizamientos

Es normalmente aceptado que los procesos de inestabilidad de laderas y deslizamientos pueden ser detectados mediante el uso de Percepción Remota (PR) a través de imágenes satelitales u ortofotos. La resolución espacial requerida para el reconocimiento de los principales rasgos de deslizamientos de tierra es de unos 10 metros (Richards, 1982). Con todo, tal reconocimiento depende en gran medida de la habilidad y experiencia del intérprete y es facilitada si se dispone de cobertura estereoscópica, cuya adquisición puede resultar costosa. El requerimiento de cobertura estereoscópica y de determinada resolución excluye el uso de la mayoría de las imágenes de sensores en satélites si bien los grandes deslizamientos en bloque pueden ser detectados en imágenes de Landsat MSS y TM. Dado el requerimiento de resolución espacial, las imágenes del SPOT HRV-P (modo pancromático), pueden ser útiles dada su resolución de 10 mts. Sin embargo, su amplia cobertura en banda ancha no conduce al contraste adecuado en escenas que incluyan a los trópicos con densa vegetación, que son lugares donde ocurren la mayor parte de los peligros potenciales. Este hecho está compensado ligeramente si se dispone de cobertura estereoscópica. Es importante comprender que esta capacidad se logra con una programación específica del satélite SPOT y que la cobertura estereoscópica no es normalmente obtenida durante la operación del sensor.

Por ello, se optó por emplear una técnica indirecta: Un inventario de deslizamientos, que en el caso de la ciudad de Champotón durante el periodo de estudio, resulta extraordinariamente reducido, pues únicamente se cuenta con un registro (dentro del área de estudio) y la causa directa está igualmente identificada: socavación por impacto de oleaje.

Inundación por Oleaje y Marea de Tormenta

La seguridad y la operatividad de una instalación en la costa pueden estar condicionadas por la acción del oleaje en situación de temporal. Es decir, en situaciones donde la altura del oleaje alcanza una intensidad poco frecuente. Con el fin de acotar el riesgo que corre una instalación, debido a la acción del oleaje, es necesario tener una estimación de la frecuencia o probabilidad con la que se presentan temporales que superen una cierta Altura Significante de Ola (H_s). Un régimen extremo de oleaje, es precisamente, un modelo estadístico que describe la probabilidad con la que se puede presentar un temporal de una cierta altura de riesgo.

Se determina la probabilidad de excedencia (P_a) que es la probabilidad de que el mayor fenómeno registrado en un año pueda generar oleaje con alturas por encima de un valor de altura establecido (H_a).

$$P_a(x) = 1 - e^{-\lambda(1-F_w(H_a))}$$

Donde λ es el número promedio de fenómenos anuales y F_w la distribución Weibull de éstos, dada por:

$$F_w(H_a) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{H_a - \alpha}{\beta}\right)^\gamma\right)$$

El método de selección de temporales usado se conoce como POT (Peak Over Threshold).

En la ausencia de un conocimiento satisfactorio de los mecanismos de generación de olas en la zona costera, se desarrolló un número de aproximaciones semiempíricas en la predicción de olas en la zona costera y el posterior cálculo de la Zona de Riesgo. En el caso del presente estudio y debido a las restricciones existentes en relación con la falta de mediciones de altura y refracción de olas in situ se intentó una combinación de metodologías sugeridas por el US Army Coastal Engineering Research Centre (1989) y Komar (1998). Finalmente, ante la imposibilidad de obtener datos confiables sobre Periodos de Olas para el cálculo con la ecuación de Komar, se incorporó la reciente verificación y modificación en las estimaciones de altura de la ola de rompiente sugerida por Rattanipitikon & Shibayama (2000).

Con base en una serie de tiempo de 10 años de vientos corregidos (Uc), se estimó la Altura de Ola Significativa (Hs), usando la expresión sugerida por el U.S. Army Engineer Research and Development Center (1989). La expresión utilizada para el cálculo de Hs fué:

$$H_s = 0.7963 \times 10^{-2} U_c^{2.46} \times 0.3048 \text{ donde:}$$

Hs = Altura de Ola Significativa (mts).

Uc = Velocidad del viento corregida

La estimación de la altura de la ola de rompiente se efectuó con la siguiente ecuación propuesta por Rattanipitikon & Shibayama (2000):

$$H_b = (10.02 \text{ m}^3 - 7.46 \text{ m}^2 + 1.32 \text{ m} + 0.55) \times H_s (H_s / L_o)^{-1/5} \text{ donde:}$$

Hb = Altura de la ola de rompiente

m = Pendiente de la localidad

Hs = Altura significativa de la ola (mts.)

Lo = Amplitud de la ola (mts)

El cálculo se realizó iterativamente para diferentes alturas significativas de ola (Hs) y se obtuvo un perfil geométrico del oleaje que supera el nivel altitudinal de la costa. Este oleaje es el que se considera que genera inundación y es el que se representó visualmente en el SIG.