

**“ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y PROGRAMA DE ADAPTACIÓN ANTE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN DIEZ DESTINOS TURÍSTICOS ESTRATÉGICOS, ASÍ COMO PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS”**

**RESUMEN EJECUTIVO**



**FONDO SECTORIAL CONACYT-SECTUR**

**Proyecto Clave: 165452**

## **Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A.C.**

### **Responsable técnico y coordinador del proyecto:**

Dra. Andrea Bolongaro Crevenna Recaséns

### **Investigadores participantes:**

#### **Oceanografía Física:**

Dr. Antonio Z. Márquez García

Dr. Javier Aldeco Ramírez

M en G. Erik Márquez García

Hidrobiól. Patricia Ayala Pérez

Biól. Etna Torres Quiroz

#### **Vulnerabilidad Física:**

Ing. Oscar Pohle Morales

Ing. Edgar Eduardo Escobar Escalón

Ing. Noé Franco Cruz

Ing. Iván Valdez Temimilpa

Ing. César S. Rucobo y Huerdo

Hidrobiól. Valeri A. Martínez Martínez

Biol. Aideé García Vicario

#### **Sistema de Información Geográfica:**

M. en C. Jerónimo Chavarría Hernández

Arq. Fernando García Vicario

#### **Vulnerabilidad Social y Propuestas de Programas de Adaptación:**

M. en C. Gabriela Carranza Ortiz

Dra. Marisol Anglés Hernández

M. en C. Mabel Sánchez Matías

M. en C. Ana Rosa Moreno

Biol. Michelle I. Figueroa Rodríguez

#### **Sistema de Alerta Temprana:**

Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda

M. en I. Vicente Torres Rodríguez

#### **Becarios:**

Ing. Tania Janeth Alonso Mora

Biol. Jessica Beatriz Abarca Juárez

## RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo con la información científica en torno a los cambios en el clima a nivel mundial, se ha concluido que el estudio y establecimiento de acciones de adaptación son de los principales retos ambientales a resolver en el presente siglo (IPCC, 2007). Lo anterior debido a que es de esperarse que las afectaciones producidas por inundaciones, aumento del nivel medio del mar, huracanes y erosión de playas, entre otros, serán más frecuentes, y sus impactos ocasionarán daños a la población, a los ecosistemas y a la infraestructura, perdiendo con ello una serie de beneficios ambientales, sociales y económicos (Carabias *et al.*, 2007).

Particularmente, en las zonas costeras de México, se han identificado algunos impactos del cambio climático, como son: a) modificaciones en la distribución de las especies marinas de interés comercial y de la disponibilidad de recursos pesqueros por cambios de temperatura y en las corrientes oceánicas; b) afectación de arrecifes coralinos, manglares, humedales, playas y zonas bajas por el aumento del nivel del mar; c) erosión de playas por elevación del nivel del mar, mareas altas, tormentas y huracanes; d) riesgo de afectación a infraestructura costera; reducción del valor de inmuebles e infraestructura urbana; e) costos incrementales de las pólizas de aseguradoras; f) afectación a la piscicultura en zonas costeras y humedales, y g) disminución de ingresos y, por ende, de divisas del sector turismo en las zonas costeras afectadas (Gallegos, 2004).

Debido a lo anterior, cada vez se realizan mayores esfuerzos por parte de distintas instituciones, que tienen como objetivo establecer una serie de directrices asociadas a medidas de adaptación al cambio climático, entendiendo la adaptación como aquellos ajustes y medidas en los sistemas humanos y naturales, que son necesarios para reducir los impactos negativos del cambio climático y aprovechar sus aspectos beneficiosos (DOF, 2012b).

En este sentido, la Secretaría de Turismo (SECTUR), como parte de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), desarrolló los términos de referencia del proyecto: *“Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos”*, que realizó la Academia Nacional de Investigación y Desarrollo A.C. y cuyos resultados son motivo del presente informe.

El objetivo general del proyecto fue el de generar una metodología de diagnóstico sobre la vulnerabilidad ante diversos impactos adversos debidos a la variabilidad climática y el cambio climático, y proponer recomendaciones específicas para promover programas de adaptación, incluyendo el desarrollo de un sistema de alerta temprana *ad hoc* para el sector turístico.

En el proyecto se caracterizaron los elementos relacionados con la vulnerabilidad actual ante los impactos adversos derivados de la variabilidad climática y el cambio climático de los siguientes destinos turísticos de sol y playa:

1. Cancún: Benito Juárez, Quintana Roo

2. Riviera Maya: Solidaridad y Tulum, Quintana Roo
3. Acapulco: Acapulco de Juárez, Guerrero
4. Los Cabos: Los Cabos, Baja California Sur
5. Puerto Vallarta: Puerto Vallarta, Jalisco
6. Nuevo Vallarta: Bahía de Banderas, Nayarit
7. Mazatlán: Mazatlán, Sinaloa
8. Veracruz: Boca del Río y Veracruz, Veracruz
9. Ixtapa-Zihuatanejo: Zihuatanejo de Azueta, Guerrero
10. Huatulco: Santa María Huatulco, Oaxaca

En cada uno de los destinos turísticos estudiados, se identificaron y analizaron las amenazas y los elementos de vulnerabilidad actuales, representándolos por medios cartográficos, y conformando además un sistema de información geográfica con toda la información recabada y analizada. Los análisis consideraron escenarios de cambio climático generados expresamente para cada sitio.

Asimismo, se identificaron acciones concretas viables que se incorporaron a las Propuestas de los Programas de Adaptación, realizados a partir de la información científica, socio-económica y jurídico-institucional recabada y generada. Se elaboró un programa de adaptación por cada municipio en donde se ubican los diez destinos turísticos comprendidos en el proyecto, con medidas específicas de adaptación que sean viables y que permitan adaptarse a la variabilidad climática y el cambio climático para reducir la vulnerabilidad y los riesgos ante las amenazas climáticas. Dichas propuestas se lograron de manera socializada, con la participación de los diversos actores a los niveles federal, estatal y municipal, con base en un análisis de las barreras y oportunidades de los destinos turísticos seleccionados, del costo-beneficio y de la definición de esquemas financieros para su potencial instrumentación.

Como logro adicional, cabe mencionar que tales propuestas de programas de adaptación, contribuirán a proporcionar la información de base que podrá ser utilizada por el ayuntamiento al que pertenece cada destino turístico para elaborar su propio Programa de Adaptación Climática Municipal, como parte de sus obligaciones legales en materia de política sobre el cambio climático y gestión integral del riesgo.

El estudio también permitió analizar los sistemas de alerta temprana (SAT) que operan en la actualidad, y con base en ello, promover y fundamentar el desarrollo de un sistema de alerta temprana *ad hoc* para el sector turístico frente a los siguientes fenómenos hidrometeorológicos extremos: temperaturas extremas (ondas de calor), lluvias, vientos, oleaje de huracanes y aumento del nivel medio del mar. Este SAT del sector turístico debe incorporarse al propio de la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

En el presente resumen se mencionan los principales resultados obtenidos a partir del desarrollo del proyecto. La vulnerabilidad de cada destino turístico se abordó considerando tanto la parte física como la social, así como un diagnóstico sobre las causas jurídico-institucionales que inciden en la vulnerabilidad de los destinos turísticos seleccionados. Esto con la finalidad de enmarcar los resultados en un contexto integral.

## I. MARCO JURÍDICO

Para determinar la vulnerabilidad institucional se revisó y analizó el complejo entramado normativo de los órdenes federal, estatal y municipal, que involucra instrumentos de ordenamiento territorial, asentamientos humanos, ordenamiento ecológico, gestión integral del riesgo y adaptación al cambio climático. Se dio inicio con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) que define responsabilidades político-administrativas, tanto de forma exclusiva como concurrente. Específicamente se revisaron las atribuciones municipales, muchas de las cuales se relacionan de manera directa con acciones de adaptación al cambio climático, tales como: servicios de provisión de agua y saneamiento, elaboración de los ordenamientos ecológicos y planes de desarrollo urbano, así como disposiciones relativas al uso del suelo; lo cual exige contar con información científica de base para la determinación de criterios de adaptación al cambio climático.

Para determinar la situación imperante en los municipios objeto de estudio se elaboró un listado de leyes, reglamentos e instrumentos de política pública que se consideraron fundamentales para lograr la construcción de sociedades resilientes y resistentes ante el cambio climático. Concretamente nos referimos a:

1. Reglamento municipal en materia de protección civil. Instrumento normativo que permite efectuar acciones coordinadas, destinadas a prevenir, proteger y auxiliar a las personas y a la comunidad en general, en su patrimonio, su entorno, afectación de los servicios públicos y la planta productiva, así como la interrupción de las funciones esenciales de la sociedad, ante la posibilidad de un desastre, riesgo o emergencia.
2. Programa municipal de protección civil. Documento cuyo propósito consiste en mitigar los riesgos previamente identificados y definir acciones preventivas y de respuesta para estar en condiciones de atender la eventualidad de alguna emergencia o desastre.
3. Atlas Municipal de Riesgos. Documento cuyas evaluaciones de regiones o zonas geográficas vulnerables, consideran los actuales y futuros escenarios climáticos. Constituye el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la gestión integral del riesgo.
4. Plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos. Reduce el riesgo al disminuir el número de personas damnificadas después del desastre y, si está bien diseñado, puede facilitar mucho las actividades de recuperación.
5. Identificación de refugios y albergues necesarios. Señalamiento y difusión de la ubicación de instalaciones físicas habilitadas que brindan protección y bienestar a las personas en caso de riesgo inminente, emergencia o desastre.
6. Instrumento financiero municipal para enfrentar daños por desastres. Programas o mecanismos financieros para compartir o cubrir riesgos, mediante la transferencia del costo total o parcial a instituciones financieras nacionales o internacionales, ello a fin de lograr una pronta recuperación.

7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y prevención de riesgos. Instrumentos acordados entre diferentes instancias de gobierno para el fortalecimiento de políticas, lineamientos y acciones de coordinación entre la federación, los estados y los municipios, en materia de prevención de riesgos y medidas de adaptación ante el cambio climático.
8. Plan municipal de desarrollo urbano. Documento que formula el ayuntamiento para establecer los objetivos y políticas de ordenación y regulación del desarrollo urbano del municipio. Se relaciona de manera directa con la infraestructura urbana, el equipamiento de servicios públicos, la determinación de reservas territoriales, la ecología urbana, la administración urbana, la participación ciudadana y las emergencias urbanas.
9. Reglamento de construcción. Instrumento normativo que determina las condiciones de seguridad, estructurales y de higiene bajo las cuales toda construcción debe realizarse.
10. Reglamentación sobre uso de suelo, orientada a la prevención y reducción de riesgos. Instrumento normativo que, basado en información científica, permite disminuir la vulnerabilidad del municipio, al considerar la existencia de zonas de riesgo, así como la localización de cuencas hidrográficas para la ubicación de los asentamientos humanos y actividades productivas y de servicios.
11. Programa de ordenamiento ecológico: Determina las distintas áreas ecológicas del municipio (atributos físicos, bióticos y socioeconómicos). Regula, fuera de los centros de población, los usos del suelo con el propósito de proteger el ambiente en la realización de actividades productivas y la localización de asentamientos humanos, y establece criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población.

La integración del marco jurídico se realizó bajo la perspectiva de establecer procesos de adaptación al cambio climático y gestión municipal de riesgos. Como parte de los resultados sobresale la falta de normatividad sobre estos rubros y, en el mejor de los casos, la desvinculación respecto de la planeación territorial, las políticas para la prevención y gestión integral del riesgo, y la prácticamente nula capacidad de adaptación, lo que ha propiciado la expansión de los asentamientos humanos irregulares, el desarrollo de infraestructura hotelera en zonas no aptas, el incremento de la vulnerabilidad debido al aumento de fenómenos hidrometeorológicos asociados al cambio climático, el manejo inadecuado de cuencas hidrológicas y, entre otras, el deterioro ambiental. Esta información sirvió para la construcción del índice de gobernabilidad, cuyos resultados se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados del índice de gobernabilidad

INSTRUMENTO	Acapulco	Zihuatanejo	Huatulco	Boca del Río	Veracruz	Los Cabos
1. Reglamento municipal en materia de protección civil	✓	✓	✗	✓	✓	✓
2. Atlas Municipal de Riesgos	✓	✓	✗	✓	✓	✓
3. Programa municipal de protección civil	✓	✓	✗	✗	✗	✓
4. Plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos	✓	✓	✗	✗	✗	✓
5. Identificación de refugios y albergues temporales	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. Instrumento financiero municipal para enfrentar daños por desastres	✗	✗	✗	✗	✗	✗
7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y prevención de riesgos	✓	✓	✗	✓	✗	✗
8. Plan de desarrollo municipal	✓	✓	✗	✗	✗	✓
9. Reglamento municipal de construcción	✓	✓	✗	✗	✗	✗
10. Reglamentación sobre uso de suelo, orientado a la prevención y reducción de riesgos	✗	✗	✗	✗	✗	✗
11. Programa de ordenamiento ecológico local	✗	✓	✗	✗	✗	✓
12. Programa de Adaptación Climática Municipal	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<b>VALOR NORMALIZADO</b>	<b>0.67</b>	<b>0.75</b>	<b>0.08</b>	<b>0.33</b>	<b>0.25</b>	<b>0.58</b>

INSTRUMENTO	Puerto Vallarta	Bahía de Banderas	Mazatlán	Benito Juárez	Solidaridad	Tulum
1. Reglamento municipal en materia de protección civil	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. Atlas Municipal de Riesgos	✗	✗	✓	✓	✓	✗
3. Programa municipal de protección civil	✗	✗	✗	✓	✓	✓
4. Plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos	✗	✗	✗	✓	✓	✓
5. Identificación de refugios y albergues temporales	✓	✓	✗	✓	✓	✓
6. Instrumento financiero municipal para enfrentar daños por desastres	✗	✗	✗	✓	✗	✗
7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y prevención de riesgos	✓	✓	✗	✗	✓	✗
8. Plan de desarrollo municipal	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9. Reglamento municipal de construcción	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10. Reglamentación sobre uso de suelo, orientado a la prevención y reducción de riesgos	✗	✓	✗	✗	✗	✗
11. Programa de ordenamiento ecológico local	✗	✗	✗	✓	✓	✓
12. Programa de Adaptación Climática Municipal	✗	✗	✗	✓	✗	✗
<b>VALOR NORMALIZADO</b>	<b>0.42</b>	<b>0.50</b>	<b>0.33</b>	<b>0.83</b>	<b>0.75</b>	<b>0.58</b>

Como se advierte, crear capacidades en materia de adaptación, permitirá a los municipios enfrentar los desafíos e incertidumbre asociados al cambio climático y garantizar la infraestructura y el desarrollo, en especial de sectores estratégicos, como el turismo.

Entre las recomendaciones relativas al marco jurídico e institucional que podemos resaltar, se hallan:

1. Basar la toma de decisiones en la planeación y gestión territorial, el ordenamiento ecológico del territorio y la gestión integral del riesgo.
2. Actualizar el Atlas Nacional de Riesgos, así como elaborar o actualizar, según sea el caso, los atlas de riesgos estatales y municipales.
3. Actualizar o desarrollar, según sea el caso, el marco jurídico estatal y municipal relativo al desarrollo urbano y ordenamiento territorial (leyes y reglamentos de desarrollo urbano, leyes y reglamentos de fraccionamientos, planes o programa de desarrollo urbano, planes de ordenamiento territorial, leyes y reglamentos de construcción, etc.), a partir de la información contenida en el atlas de riesgos.
4. Actualizar la reglamentación sobre uso del suelo, orientada a la prevención y reducción de riesgos y garantizar que los instrumentos asociados al cambio de uso de suelo consideren la información del atlas de riesgos en la autorización respecto de la aptitud para el desarrollo de infraestructura urbana y turística.
5. Identificar e inventariar los suelos aptos para constituir reservas territoriales para la población de menores ingresos.
6. Identificar los asentamientos humanos irregulares establecidos en zonas de riesgo, proceder a su reubicación y desarrollar una estrategia para el monitoreo que evite nuevos asentamientos en dichas zonas.
7. Elaborar los ordenamientos ecológicos locales, a partir de las consideraciones del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Territorio y, en su caso, de los ordenamientos ecológicos regionales y estatales.
8. Modificar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, a fin de sujetar las evaluaciones de impacto ambiental, así como la autorización de proyectos, al análisis de la información contenida en los atlas de riesgos.
9. Trabajar en la coordinación institucional y formación de cuadros especializados en materia de adaptación.
10. Elaborar los Programas de Adaptación Climática Municipales para evaluar la vulnerabilidad actual de los municipios, e identificar medidas de adaptación.
11. Privilegiar las acciones de prevención de riesgos asociados al cambio climático y dejar en segundo plano la actuación reactiva.
12. Actualizar el Programa Municipal de Protección Civil, considerando las líneas generales que establezca el Programa Nacional y las etapas de la gestión integral de riesgos y la legislación sobre planeación.
13. Elaborar y/o actualizar, según sea el caso, el plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos.
14. Realizar convenios de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, a fin de lograr la capacitación y equipamiento de los municipios en materia de protección civil y prevención de riesgos.
15. Incorporar contenidos temáticos de protección civil en todos los niveles educativos, públicos y privados, considerándola como asignatura obligatoria.
16. Modificar la hacienda pública, estatal y municipal, para contar con mecanismos de financiamiento y aseguramiento para hacer frente a los retos planteados por el cambio climático.

17. Mejorar el proceso de seguimiento, vigilancia y cumplimiento de los lineamientos establecidos en los ordenamientos ecológicos territoriales decretados, de tal forma que se puedan obtener los beneficios esperados de una planificación participativa del uso del suelo en las diferentes escalas territoriales.
18. Diseñar una estrategia de comunicación y educación que involucre a la sociedad y consolide su participación el diseño de acciones preventivas y correctivas ante fenómenos hidrometeorológicos y gestión integral del riesgo.
19. Cumplir con la normatividad en materia prevención de riesgos e implementar un sistema de alerta temprana que faculte a los tomadores de decisiones, individuos y comunidades que enfrentan una amenaza para actuar con suficiente tiempo y de manera adecuada.
20. Elaborar e instrumentar el Ordenamiento Turístico del Territorio como instrumento de la política turística, con un enfoque social, ambiental y territorial, y cuya finalidad sea conocer e inducir el uso de suelo y las actividades productivas, a fin de lograr el aprovechamiento ordenado y sustentable de los recursos turísticos, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de medio ambiente y asentamientos humanos, lo cual implica la consideración de los atlas de riesgos y el ordenamiento ecológico del territorio.
21. Integrar el Atlas Turístico de México que identifica todos los bienes, recursos naturales y culturales que puedan constituirse en atractivos turísticos nacionales, a partir de la información contenida en los atlas de riesgo, a fin de evitar la promoción y desarrollo de infraestructura turística costera en zonas vulnerables.
22. Impulsar el turismo sustentable basado en el uso óptimo de los recursos naturales y que asegure el desarrollo de las actividades económicas viables que reportan beneficios socioeconómicos, para lo cual es fundamental considerar la gestión integral de riesgos y el ordenamiento ecológico del territorio.

## II. VULNERABILIDAD: MODELO CONCEPTUAL

La vulnerabilidad se refiere al grado de exposición y fragilidad de un sistema (p. ej. vida humana, economía, medio ambiente, etc.) frente a la intensidad de un evento natural. Los factores que configuran la vulnerabilidad ante el cambio climático se asocian a una amenaza derivada de los cambios o variaciones en el clima. Estos factores están determinados por el nivel de exposición ante una amenaza dada y la sensibilidad inherente de los sistemas naturales y humanos, contrarrestada por la habilidad de respuesta o capacidad adaptativa de dichos sistemas, que incluye recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación.

En este contexto, una amenaza se entiende como la probabilidad de que ocurra un evento en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daños (p. ej. tormentas tropicales de larga duración, ondas de calor, huracanes de alta intensidad, marejadas, etc.).

Para la construcción del modelo conceptual de vulnerabilidad, se considera al riesgo como producto de una amenaza por la vulnerabilidad. Sin embargo, las amenazas (naturales) en términos prácticos, no pueden ser reducidas, al menos en términos cortos o con las tecnologías actuales. Por consiguiente consideramos que la vulnerabilidad es la única variable en la que el factor humano puede introducir cambios para disminuir el riesgo.

Las amenazas para el sector turismo, en el contexto de cambio climático, provienen principalmente del impacto de los fenómenos hidrometeorológicos extremos (lluvias intensas, huracanes, tormentas tropicales), que provocan mareas de tormenta, inundaciones, deslizamientos de tierra y deslaves, entre otros. Por su parte la elevación de la temperatura constituye también una amenaza, principalmente por las ondas de calor.

En este sentido, la vulnerabilidad puede ser abordada en una perspectiva de escenarios, es decir, considerando que las amenazas climáticas que experimentará la región de México (el incremento de la temperatura, la alteración del patrón de lluvias, el aumento del nivel del mar y una mayor frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos) se harán cada vez más graves, es necesario disminuir el grado de exposición construyendo infraestructura resistente, adoptando planeaciones concertadas respecto del uso del suelo, etc. Todas estas medidas se enmarcan dentro de lo que se denomina adaptación, y en un enfoque de gestión del riesgo, la vulnerabilidad puede ser reducida vía adaptación.

Los sistemas más vulnerables son los más sensibles y menos adaptados a los fenómenos naturales, y lo que determina un desastre no es la intensidad del fenómeno sino la incapacidad del sistema afectado en absorberlo. Para los municipios con destinos turísticos costeros es importante el conocimiento acerca de las amenazas naturales, de su propia vulnerabilidad y del riesgo que presentan, pues ello les permitirá formular medidas de adaptación en un contexto de cambio climático.

### III. CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA

Diferentes factores geológicos y oceanográficos permiten conocer, de manera más completa, la dinámica costera. La metodología para la caracterización de la dinámica costera, comprendió la selección de los sitios de muestreo, el análisis de cambios en la línea de costa, la determinación de la morfología de la zona litoral a partir de un levantamiento topográfico de playa y una caracterización batimétrica de la zona marina cercana a la playa. Incluyó también un muestreo y la caracterización de los sedimentos en la zona litoral, un análisis de corrientes, así como un modelo hidrodinámico. El estudio de la dinámica costera de los diferentes destinos turísticos se realizó considerando las características geomorfológicas particulares de la costa de cuatro regiones del país: costa del Pacífico Sur, costa del Pacífico Norte, costa del Golfo de México y costa del mar Caribe.

### IV. AMENAZAS RELACIONADAS CON CAMBIO CLIMÁTICO

Se identificaron y evaluaron las principales amenazas para las zonas turísticas de sol y playa del país en el contexto de cambio climático. Éstas fueron: los propios escenarios de cambio climático (temperatura y precipitación), aumento en el nivel medio del mar, erosión costera, inundación por mareas de tormenta, inundación fluvial y refracción del oleaje. Las últimas tres están influenciadas por el cambio climático debido a la intensificación de los fenómenos hidrometeorológicos extremos relacionados con tales amenazas.

#### 1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Como resultado de la Cuarta Comunicación Nacional que México presentó ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en noviembre de 2009, se desarrollaron una serie de estudios sobre escenarios de cambio climático para el país, así como sobre la vulnerabilidad de diferentes sectores por el fenómeno del cambio climático. En este sentido se reconoce que México, por su ubicación geográfica, topografía y aspectos socioeconómicos, es especialmente vulnerable a los impactos de la variabilidad climática y el cambio climático.

En el presente estudio se obtuvieron los escenarios de cambio climático con base a la metodología propuesta por el IPCC en su Reporte Especial de Emisión de Escenarios (SRES, por sus siglas en inglés), vigente al momento de la elaboración del proyecto. Los escenarios de utilizados fueron el A1B, que contempla un futuro con tecnologías más eficientes, y el A2 que contempla un crecimiento poblacional acelerado con cambios tecnológicos fragmentados y más lentos. Considerando que las emisiones actuales de gases de efecto invernadero no han disminuido, el escenario A2 es el que más se acerca a la realidad, siendo el más tendencial, que proyecta mayores anomalías en las variables climáticas precipitación y temperatura, razón por la cual fue el que se utilizó posteriormente para la elaboración de los mapas de amenazas y de vulnerabilidad.

Como resultado de variación de la temperatura y la precipitación en el escenario de cambio climático A2 obtenido, se observa que es muy probable que el clima de México sea más cálido para mediados y finales del siglo, principalmente en el norte del país, siendo los aumentos máximos de temperatura proyectados para para el destino turístico de los Cabos, que se encuentra en la región Nor Occidente de la República Mexicana. Así, los mayores aumentos proyectados para la climatología del 2020 son de 1.5 °C, para la climatología del 2050 de 2.7 °C y para la climatología del 2080 de 4.3 °C. (Tabla 2).

**Tabla 2.** Cambio de temperatura media anual (°C) proyectada en el escenario **A2**

SITIO	2020				2050				2080			
	ANM	DIS	RANGO		ANM	DIS	RANGO		ANM	DIS	RANGO	
ACAPULCO	0.9	0.4	0.5	1.3	1.8	0.5	1.3	2.3	3.1	0.7	2.3	3.8
CANCÚN	0.7	0.3	0.4	1.0	1.5	0.4	1.0	1.9	2.7	0.7	2.0	3.3
RIVIERA MAYA	0.7	0.3	0.4	1.0	1.5	0.4	1.0	1.9	2.7	0.7	2.0	3.3
LOS CABOS	1.0	0.5	0.6	1.5	2.0	0.6	1.4	2.7	3.5	0.8	2.7	4.3
PUERTO VALLARTA	0.9	0.4	0.6	1.3	1.8	0.5	1.3	2.3	3.2	0.6	2.5	3.8
NUEVO VALLARTA	0.9	0.4	0.6	1.3	1.8	0.5	1.3	2.3	3.2	0.6	2.5	3.8
MAZATLÁN	1.0	0.4	0.6	1.4	2.0	0.5	1.4	2.5	3.4	0.7	2.8	4.1
VERACRUZ	0.8	0.3	0.5	1.1	1.6	0.4	1.2	2.0	2.8	0.6	2.2	3.4
ZIHUATANEJO	0.9	0.4	0.5	1.3	1.8	0.5	1.3	2.3	3.1	0.7	2.3	3.8
HUATULCO	0.8	0.3	0.5	1.1	1.6	0.4	1.2	2.1	2.9	0.6	2.3	3.5

ANM: Anomalía; DIS: Dispersión; RANGO: Intervalo de variación.

Los aumentos en la temperatura podrán generar también, un incremento de olas de calor que llevarán con frecuencia a incrementos en las temperaturas máximas y en el número de días considerados muy cálidos. Se proyectan disminuciones en la lluvia, así como cambios en su distribución temporal de la precipitación, con respecto al escenario base de 1961-1990. Por ejemplo, se esperan reducciones de hasta 15% en regiones del centro, y de menos de 5% en la vertiente del Golfo de México, principalmente entre enero y mayo. Como se muestra en la Tabla 2, es probable que la temperatura media anual, en los diferentes destinos, aumente, para el 2020, entre 0.5 y 1.5°C; aumento que pudiera ser continuo hasta llegar a los 4.3 °C para el 2080.

En lo que respecta a la precipitación, las proyecciones analizadas para el escenario A2 muestran tendencias a la disminución de las lluvias en la mayor parte del país y de los destinos hacia mediados y finales del presente siglo y con un rango muy amplio de variabilidad. La mayor magnitud de los cambios negativos porcentuales proyectada es

en el noroeste de México, en la parte alta del Golfo de California. En este sentido es en el destino turístico de los cabos donde se proyecta una disminución de hasta un 32 % en la precipitación.

En la Tabla 3 se muestra que es probable que la lluvia anual disminuya entre 12.8 (Puerto Vallarta y Nuevo Vallarta) y 24% (Los Cabos) para la climatología del 2020; entre 15.5% (Huatulco) y 24% (Los Cabos) para la climatología del 2050; y entre 17.4 % (Huatulco) y 32.7 % (Los Cabos) para el 2080. Cuando se consideran las dispersiones de los modelos, éstas son altas, con magnitudes de alrededor de 9 y 16%. Considerando que la anomalía de precipitación es relativamente baja con respecto al valor de su dispersión, pueden encontrarse escenarios donde es probable que la precipitación aumenta hasta 14% o disminuya hasta un 25.2%. Estos rangos de variabilidad generan mayor incertidumbre en cuanto a la valoración de la vulnerabilidad y disponibilidad del agua para los diversos usos: potable, servicios, industrial, agrícola, etc. Aún con pequeños cambios en la precipitación promedio anual, la disponibilidad de agua sería menor por los aumentos esperados de temperatura

**Tabla 3.** Cambio porcentual de la precipitación en el escenario **A2**.

SITIO	2020				2050				2080			
	ANM	DIS	RANGO		ANM	DIS	RANGO		ANM	DIS	RANGO	
ACAPULCO	-5.6	11.3	-16.9	5.7	-8.2	12.2	-20.4	4	-11.1	14.1	-25.2	3
CANCÚN	-6.2	9.0	-15.2	2.8	-7.9	11.1	-19.0	3.2	-9.2	12.7	-21.9	3.4
RIVIERA MAYA	-6.2	9.0	-15.2	2.8	-7.9	11.1	-19.0	3.2	-9.2	12.7	-21.9	3.4
LOS CABOS	-9.4	15.4	-24.8	6.0	-9.9	15.0	-24.9	5.1	-15.8	16.8	-32.7	1.0
PUERTO VALLARTA	-5.5	7.3	-12.8	1.7	-6.9	9.4	-16.3	2.4	-7.2	11.6	18.7	4.4
NUEVO VALLARTA	-5.5	7.3	-12.8	1.7	-6.9	9.4	-16.3	2.4	-7.2	11.6	18.7	4.4
MAZATLÁN	-5.8	8.6	-14.4	2.8	-7.3	10.2	-17.5	2.9	-9.0	11.6	-20.7	2.6
VERACRUZ	-7.9	8.9	-16.8	1.0	-8.0	-10.0	-18.0	2.0	-8.1	12.5	-20.6	4.4
ZIHUATANEJO	-5.6	11.3	-16.9	5.7	-8.2	12.2	-20.4	4	-11.1	14.1	-25.2	3.0
HUATULCO	-3.8	9.2	-13.0	5.4	-4.6	11.0	-15.5	6.4	-5.1	12.3	-17.4	7.2

ANM: Anomalía; DIS: Dispersión; RANGO: Intervalo de variación.

El ciclo hidrológico se volverá más intenso, por lo que aumentará el número de tormentas severas y la intensidad de los periodos de sequía.

Los eventos extremos, como huracanes y frentes fríos (nortes), requieren consideración especial en el caso de las proyecciones de precipitación para México. En el caso de los ciclones tropicales, se espera que aumenten en intensidad al ocurrir una disminución en la presión central media del sistema, en alrededor de 14%, con aumentos de 6% en la intensidad de los vientos y un aumento en las precipitaciones de alrededor de 18%, en un radio de 100 km con respecto al centro del huracán. Tales cambios proyectados pueden ser difíciles de detectar en los datos actuales,

ya que la incertidumbre que conlleva una muestra pequeña oscurece la señal frente a las grandes variaciones interanuales e interdecadales conocidas (CICC, 2009).

Con la publicación del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC publicado en septiembre del 2013, se presentaron nuevos escenarios de cambio climático, considerando que los escenarios anteriores son muy conservativos, ya que las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero no se han alcanzado, como ejemplo basta mencionar que en mayo de 2013 se registraron 400 ppm de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, según información dada por el observatorio de Mauna Loa (Earth System Research Laboratory, 2013). En este sentido, se reconoce la importancia de la actualización permanente de la información en todos los estudios relacionados con el cambio climático.

## 2. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

El aumento del nivel medio del mar se ha convertido en una amenaza seria en los últimos años. En el presente estudio se consideró una elevación del nivel del mar por cambio climático de 3.1 mm/año, valor que arroja la modelación mundial a partir de los escenarios de cambio climático a través del modelo MAGGIC (2009). Localmente existen factores geológicos que alteran el rango de variación del nivel del mar, como lo son los fenómenos de hundimiento o procesos acumulativos. Las tendencias de variación del nivel del mar analizadas por Zavala et al. (2011), a partir de datos de estaciones mareográficas del Servicio Mareográfico Nacional muestran que el Golfo de México presenta una tasa de elevación del nivel del mar de  $3.5 \pm 2.0$  mm/año, mientras que la elevación de la zona de Océano Pacífico y Mar de Cortés es de  $1.8 \pm 3.59$  mm/año (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tendencias de variación del nivel medio del mar en diferentes zonas costeras de México

Tendencias del nivel del mar en diferentes zonas costeras de México (tomado de Zavala <i>et al.</i> , 2011)		
Estación mareográfica	Tendencia del nivel del mar (mm/año)	Periodo
Cd. del Carmen, Campeche	$3.4 \pm 1.0$	1956 - 1990
Veracruz, Veracruz	$1.9 \pm 0.6$	1952 - 2003
Cd. Madero, Tamaulipas	$9.2 \pm 5.1$	1962 - 1979
Tuxpan, Veracruz	$2.8 \pm 2.3$	1958 - 1989
Alvarado, Veracruz	$1.8 \pm 2.3$	1955 - 1981
Coatzacoalcos, Veracruz	$2.9 \pm 1.5$	1952 - 1988
Progreso, Yucatán	$2.5 \pm 1.2$	1952 - 1984
<b>PROMEDIO GOLFO DE MÉXICO</b>	<b>3.5</b>	
Mazatlán, Sinaloa	$1.9 \pm 3.3$	1953 - 1992
Acapulco, Guerrero	$-2.4 \pm 3.2$	1952 - 1999
Ensenada, Baja California	$2.7 \pm 1.7$	1956 - 1992
La Paz, Baja California Sur	$1.0 \pm 2.2$	1952 - 1991
Salina Cruz, Oaxaca	$1.1 \pm 1.7$	1952 - 1992
Puerto Ángel, Oaxaca	$1.7 \pm 11.7$	1967 - 1990

Tendencias del nivel del mar en diferentes zonas costeras de México (tomado de Zavala <i>et al.</i> , 2011)		
Guaymas, Sonora	4.2 ± 1.7	1951 - 1991
Topolobampo, Sinaloa	3.0 ± 4.3	1952 - 1992
Manzanillo, Colima	3.3 ± 2.5	1954 - 1988
PROMEDIO OCÉANO PACÍFICO	1.83	
PROMEDIO GLOBAL MÉXICO	2.7	

La mayoría de los valores promedios de aumento del nivel del mar para el Golfo de México y Océano Pacífico ya rebasaron las estimaciones del IPCC (2007), las cuales eran del orden de un incremento de 1.8 mm/año para el 2100.

### 3. EROSIÓN COSTERA

Los procesos de erosión-acreción (pérdida-ganancia de playa) están presentes en ~~todo~~ el litoral de los diferentes destinos turísticos, y esto obedece a diversos factores geológicos, oceanográficos, biológicos, climáticos y antropogénicos que deben estar en equilibrio para la conservación de las playas.

Generalmente el proceso natural produce efectos de erosión durante las épocas de lluvias y de nortes, mientras que durante la época de secas (o estiaje) dominan los procesos de acreción-depósito. De igual forma, es de esperarse que exista un equilibrio espacial, esto es, si existen áreas de erosión, deben existir áreas de acreción, ya que el sedimento erosionado se deposita en otros sitios. Sin embargo, actualmente ese equilibrio ha sido alterado por factores naturales y antropogénicos, ya que, además del efecto de la variabilidad climática y el cambio climático, se encuentra el efecto negativo de impactos locales por infraestructuras como muelles, espigones y escolleras que interrumpen el transporte litoral y modifican así los procesos naturales de erosión- acreción.

El aumento del nivel del mar y de la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos, ambos ligados al cambio climático, son factores que inciden también en el proceso de erosión costera, el cual repercute en la pérdida de playas, de zonas de manglar y en el avance del mar hacia el continente, entre otros.

En el caso de los destinos turísticos evaluados, se encontró que los sitios con mayores tasas de erosión promedio anual fueron: Cancún (5.86 m/año, Figura 1), Mazatlán (1.08 m/año) y Riviera Maya (1.22 m/año) (Figura 1). Los destinos donde se registraron sitios con menor tasa de erosión fueron: Veracruz (0.32 m/año) y Huatulco (0.41 m/año). En Zihuatanejo se obtuvo una tasa de erosión de 0.58 m/año, mientras que en Acapulco la tasa fue de 0.42 m/año. Para el proceso de acreción, los destinos con sitios de mayor acumulación fueron: Nuevo Vallarta (2.22 m/año), Puerto Vallarta (0.49 m/año) y Los Cabos (0.45 m/año) (Figura 2). Cabe mencionar que no toda la acreción registrada en las playas de los destinos turísticos fue natural, ya que dentro del cálculo también se consideró el relleno de playas (caso Cancún) y el depósito ocasionado por estructuras como los espigones (caso Veracruz).



Figura 1. Imágenes de erosión en la zona hotelera de Cancún (2007)

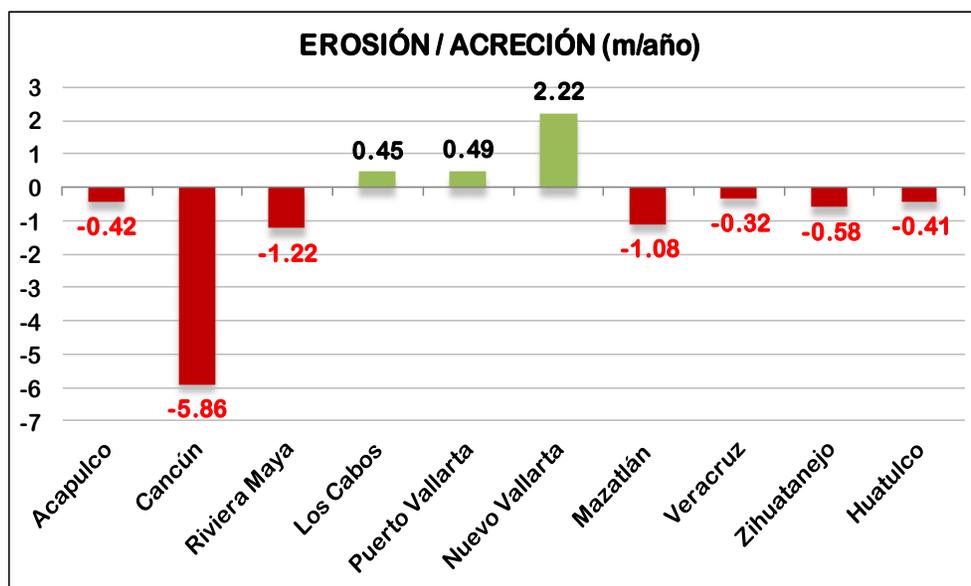


Figura 2. Tasa de erosión y acreción promedio anual en cada destino turístico

#### 4. MAREA DE TORMENTA

La marea de tormenta es una amenaza identificada en las zonas costeras, que se intensifica con el cambio climático. El impacto de este fenómeno en los destinos turísticos estudiados se ha dado en las zonas con topografía más plana y de menor elevación.

En la Tabla 5 se muestra la máxima amplitud de marea de tormenta registrada en cada destino turístico, así como su clasificación según CENAPRED (2012).

**Tabla 5.** Máxima amplitud de marea de tormenta registrada en los destinos turísticos y su clasificación según CENAPRED (2012)

Sitio	Máxima amplitud de marea de tormenta registrada	Clasificación
Acapulco	5.2	Extraordinaria
Cancún	5.2	Extraordinaria
Riviera Maya	5.2	Extraordinaria
Los Cabos	5.6	Extraordinaria
Puerto Vallarta	4.0	Muy alta
Nuevo Vallarta	5.2	Extraordinaria
Mazatlán	5.3	Extraordinaria
Veracruz	3.1	Alta
Zihuatanejo	3.6	Muy alta
Huatulco	5.3	Extraordinaria

CLASIFICACIÓN DE LA INUNDACIÓN CAUSADA POR MAREA DE TORMENTA	
Amplitud de la marea de tormenta (m)	Categoría
< 0.5	Somera
0.51 a 1.00	Baja
1.01 a 2.00	Moderada
2.01 a 3.50	Alta
3.51 a 5.00	Muy alta
> 5.00	Extraordinaria

En la Figura 3 se puede observar que la vulnerabilidad de inundación por marea de tormenta es muy alta o alta en todos los destinos estudiados, debido a la amplitud de marea registrada mayor a 5 metros, y a la topografía con zonas de menor elevación.

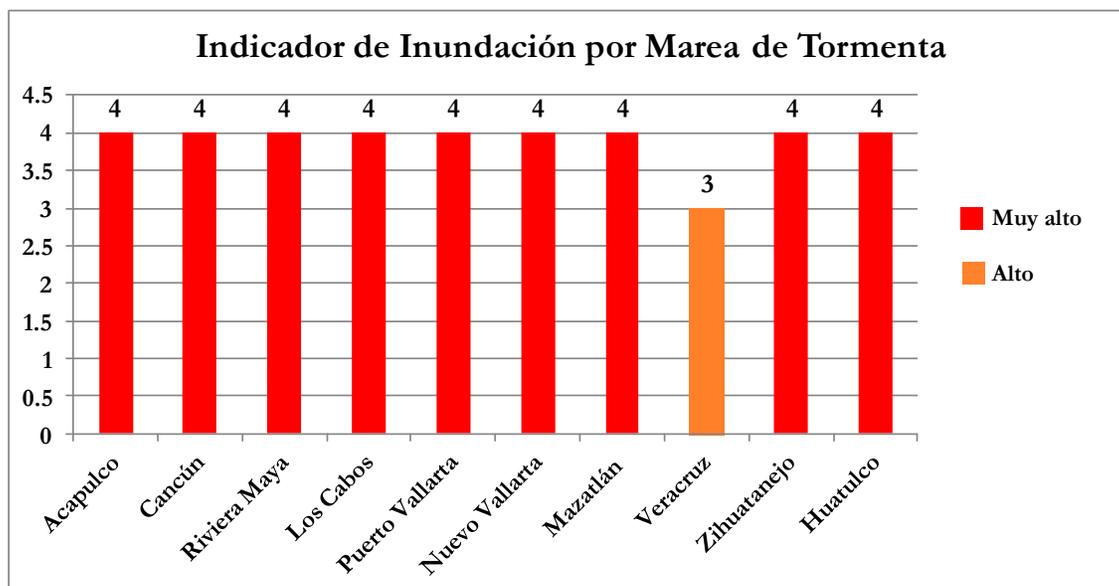


Figura 3. Indicador de inundación por marea de tormenta para los destinos turísticos

Al cruzar las zonas vulnerables a la inundación por marea de tormenta con la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI (2013), se obtuvo la relación de establecimientos relacionados con el sector turístico dentro del área de potencial de inundación. En la Figura 4 se muestra el número de establecimientos en cada destino turístico que son vulnerables a inundación por marea de tormenta, considerando una distancia de un kilómetro de la línea de costa hacia el continente. Es importante hacer notar que la inundación por marea de tormenta puede afectar principalmente a los establecimientos localizados en las zonas bajas, las cuales se estimaron de acuerdo a la amplitud de marea, en un rango de 1 a 7 metros de altura.

Los resultados obtenidos mostraron que Cancún es el destino turístico más vulnerable frente a esta amenaza, con más de 1000 establecimientos que brindan servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas que pueden inundarse en caso de una contingencia de inundación por marea de tormenta. El siguiente destino turístico más vulnerable a inundación por marea de tormenta es Puerto Vallarta, con 1553 establecimientos; seguido de Mazatlán, con alrededor de 1400. En la Riviera Maya no se encontraron establecimientos reportados dentro del área de inundación por marea de tormenta, sin embargo, en este destino se han presentado huracanes de categoría 5, con amplitudes de mareas de tormenta de más de 5 metros, lo cual implica que la zona es muy vulnerable.

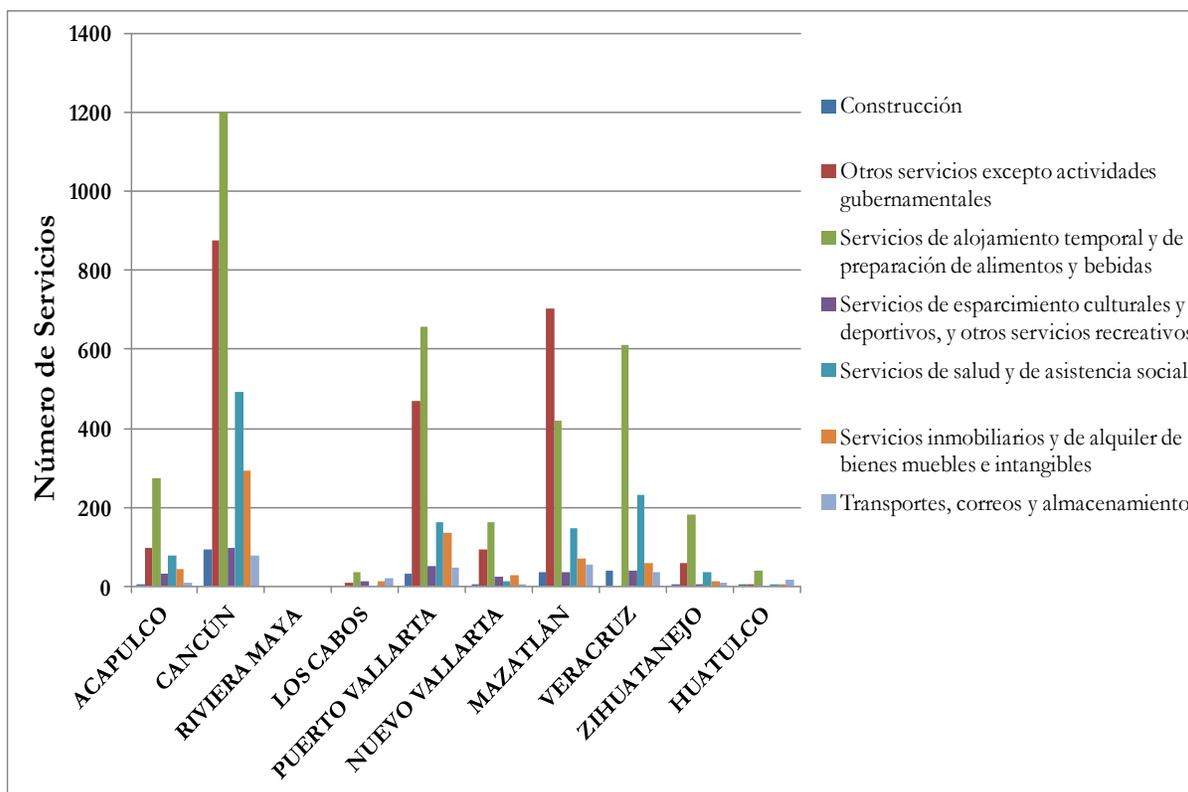


Figura 4. Establecimientos-vulnerables a inundación por marea de tormenta

## 5. INUNDACIÓN FLUVIAL

De acuerdo a los valores calculados del caudal máximo registrado en los diferentes destinos, se obtuvo que la mayoría de ellos tiene un río o arroyo que supera los 100 m<sup>3</sup>/s (Tabla 6), situación que los ubica dentro de la categoría de inundación fluvial “Muy alta” (CENAPRED, 2001). Esto implica que los destinos turísticos sean muy vulnerables a inundaciones fluviales (Indicador de inundación fluvial), ya que ante la presencia de lluvias extremas los ríos se pueden desbordar fácilmente.

En el caso de Cancún y Riviera Maya, no existen ríos superficiales, sin embargo, por ser regiones planas y con poca elevación, se tienen reportes frecuentes de inundación por lluvias extremas, por lo que se consideró esta información para reflejarla en el Indicador de inundación fluvial. De acuerdo a los resultados obtenidos, ambos destinos se encuentran en zonas de alta inundación, lo cual se ve reflejado en su vulnerabilidad alta frente a este fenómeno.

**Tabla 6.** Indicador de vulnerabilidad fluvial en cada destino turístico

Sitio	Caudal máximo registrado (m <sup>3</sup> /s)	Indicador de Inundación Fluvial (IIF)
Acapulco	111.5 (Río Camarón)	Muy Alta
Cancún	*00	Alta
Riviera Maya	*00	Alta
Los Cabos	141.9 (Arroyo Salto Seco)	Muy Alta
Puerto Vallarta	533.59 (Río Pitillal)	Muy Alta
Nuevo Vallarta	1835.68 (Río Ameca)	Muy Alta
Mazatlán	206.2 (Río Presidio)	Muy Alta
Veracruz	1572.4 (Río Jamapa)	Muy Alta
Ixtapa Zihuatanejo	420.22 (Arroyo Zihuatanejo)	Muy Alta
Huatulco	789.86 (Río Copalita)	Muy Alta

\*En el caso de Cancún y Riviera Maya, no existen ríos superficiales, por lo que se consideró la inundación por lluvias extremas

## 6. REFRACCIÓN DE OLEAJE

Al igual que los rayos de luz se curvan cuando viajan de un medio a otro, las olas son distorsionadas por cambios en la profundidad (campo de velocidad) en aguas relativamente someras. Este curvamiento de las crestas de las olas, o frentes, es llamado refracción. Si una serie de olas largas (longitud de onda  $L$  larga) regulares se aproximan a la costa con algún ángulo oblicuo, y los contornos del fondo (isóbatas) son relativamente uniformes, la porción de cresta de ola más cercana a la costa sentirá el fondo primero y tendrá un retardo relativo a la porción de la cresta de ola en aguas más profundas. En general, las crestas de las olas tienden a hacerse paralelas con los contornos del fondo (Aldeco, 1986).

En el presente estudio se revisó la incidencia de ortogonales del oleaje en cada uno de los destinos turísticos. Los oleajes que se utilizaron corresponden a los más frecuentes generados por sistemas locales y con periodos cortos con menor frecuencia de ocurrencia generados por fenómenos hidrometeorológicos; y a los de poca ocurrencia con periodos largos como los *swell* del sur.

La refracción del oleaje representa una amenaza que se intensifica con el cambio climático, ya que dependiendo del ángulo de incidencia en la costa puede ocasionar mayor erosión costera. La importancia de la refracción del oleaje repercute en la estabilidad estructural de la infraestructura costera, sea hotelera o habitacional. En algunos destinos las zonas hoteleras se encuentran resguardadas del oleaje por la presencia de puntas, islas y bahías, tal es el caso de Nuevo Vallarta, Acapulco y Huatulco, entre otros. Sin embargo, también se observaron destinos muy vulnerables, con desarrollo urbano y turístico que se encuentran en ubicaciones donde el oleaje llega de una manera directa, o en ángulo que provoca una mayor erosión, tal es el caso de la zona hotelera de Cancún y la zona de Mocambo y Boca del Río en Veracruz.

## V. VULNERABILIDAD FÍSICA

En el presente estudio, se evaluó la vulnerabilidad física de diez destinos turísticos frente a los fenómenos hidrometeorológicos en escenarios de cambio climático, a partir de indicadores de vulnerabilidad. La selección de estos indicadores se determinó en base a las amenazas de mayor efecto para el sector turístico, generadas por eventos hidrometeorológicos extremos en cambio climático, las cuales fueron: la inundación por el aumento del nivel del mar, la inundación por marea de tormenta y la inundación fluvial por precipitaciones extremas. Para calcular estos indicadores se llevó a cabo un trabajo de campo y gabinete que permitió contar con la información disponible para caracterizar las amenazas del cambio climático de cada lugar.

Para obtener la vulnerabilidad física, se calcularon los siguientes indicadores: Índice de vulnerabilidad costera (CVI), Indicador de inundación por marea de tormenta (IIMT) e Indicador de inundación fluvial (IIF), los cuales fueron integrados en una ecuación de vulnerabilidad física.

Para calcular el CVI, en la metodología propuesta se estableció un conjunto de seis variables que tienen una clara influencia en la evolución de la costa, estas variables se agruparon en:

1) Variables geológicas-geomorfológicas consideradas en función de: a) la resistencia que ofrece el medio geológico/geomorfológico a la erosión; b) las tendencias del cambio de la línea de costa a largo plazo (tasa de erosión), y c) la susceptibilidad a los procesos de inundación marina (pendiente costera).

2) Variables físicas. Incluye tres variables que contribuyen significativamente a los procesos de erosión e inundación del sector costero analizado: d) altura del oleaje significativo o modal; e) tasa de cambio del nivel relativo del mar, y f) rango mareal medio.

En el caso del IIMT, las variables que intervinieron fueron:

- 1) Amplitud de marea (vientos máximos)
- 2) Períodos de retorno (probabilidad de ocurrencia)
- 3) Elevación del terreno

Para el caso del IIF se analizaron las siguientes variables:

- 1) Período de Retorno
- 2) Morfometría del cauce
- 3) Escurrimiento promedio
- 4) Gasto máximo (caudal)

Los resultados de los índices de vulnerabilidad (Tabla 7) revelaron que la mayoría de los destinos turísticos tienen una vulnerabilidad física muy alta, a excepción de Huatulco, Acapulco y Nuevo Vallarta, con una vulnerabilidad alta. La muy alta vulnerabilidad física se debe principalmente a que cuentan con áreas de baja altura, con playas expuestas a los fenómenos de oleaje y pendientes suaves, ocasionando problemas de erosión e inundación

debido al aumento del nivel del mar, a los fenómenos de marea de tormenta y a la inundación fluvial por lluvias extremas.

**Tabla 7.** Índice de vulnerabilidad física en cada destino turístico

REGIÓN	DESTINO	Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI)	Indicador de Inundación por Marea de Tormenta (IIMT)	Indicador de Inundación Fluvial y/o pluvial (IIF)	Índice de Vulnerabilidad Física (IVF)
Pacífico sur	Huatulco	1	4	4	3
	Acapulco	1	4	4	3
	Zihuatanejo	2	4	4	4
Pacífico norte	Puerto Vallarta	3	4	4	4
	Nuevo Vallarta	1	4	4	3
	Mazatlán	3	4	4	4
	Los Cabos	3	4	4	4
Golfo de México y Mar Caribe	Veracruz	4	3	4	4
	Cancún	4	4	3	4
	Riviera Maya	4	4	3	4

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA (IVF)			
BAJA	1	ALTA	3
MEDIA	2	MUY ALTA	4

## VI. VULNERABILIDAD SOCIAL

Para determinar las variables sociodemográficas que se utilizaron para obtener la vulnerabilidad social, se realizó un diagnóstico preliminar a partir de fuentes oficiales. En el presente análisis también se llevaron a cabo entrevistas realizadas a las autoridades municipales y encuestas a la población, que, en su conjunto, permitieron identificar las áreas de oportunidad donde pueden implementarse medidas de adaptación con la finalidad de aumentar la capacidad para resistir los embates del cambio climático. Las encuestas a la sociedad civil fueron aplicadas según el cálculo del tamaño muestral obtenido (68 pobladores) y las siguientes características de los pobladores: a) encontrarse en la zona de estudio, b) ser pobladores locales, c) ser residentes del destino turístico (por lo menos un año), y d) ser mayores de 18 años. Una vez obtenida la información, se construyeron los siguientes indicadores:

### 1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD

El indicador se construyó considerando el cumplimiento de 12 instrumentos jurídicos que son obligatorios de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y en la Ley General de Protección Civil (LGPC). En la Figura 5 se presenta gráficamente el comparativo del valor obtenido para el indicador de gobernabilidad de cada municipio, donde se muestra que los municipios con menos instrumentos jurídicos obligatorios y, por lo tanto, con los valores mínimos para el indicador, son Huatulco y Veracruz, con 0.08 y 0.25 respectivamente, mientras que los valores más altos se obtuvieron en los municipios de Benito Juárez con 0.83 y Zihuatanejo y Solidaridad con 0.75, cada uno.

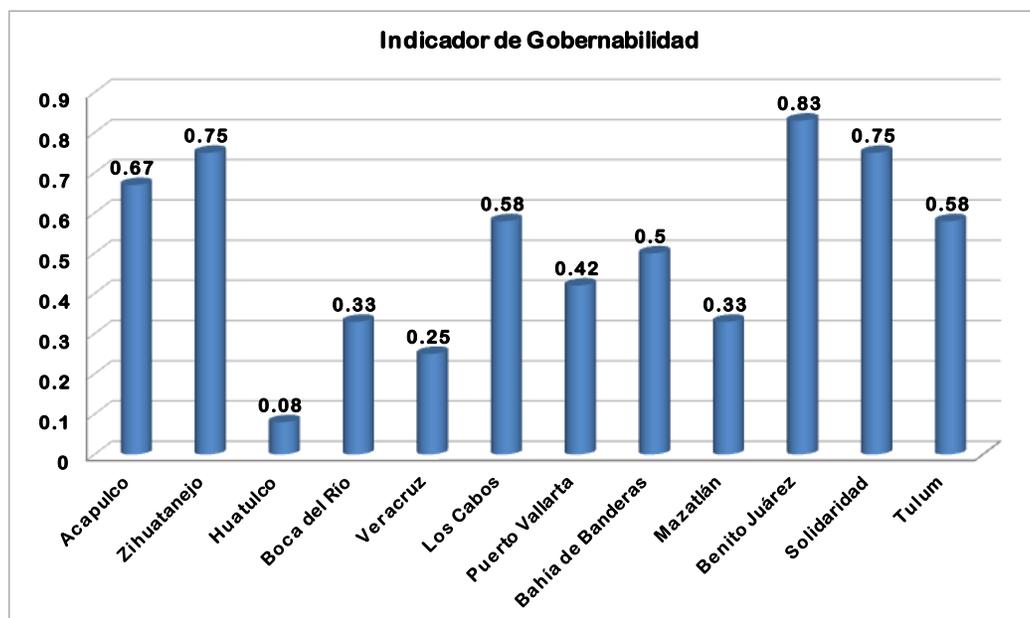
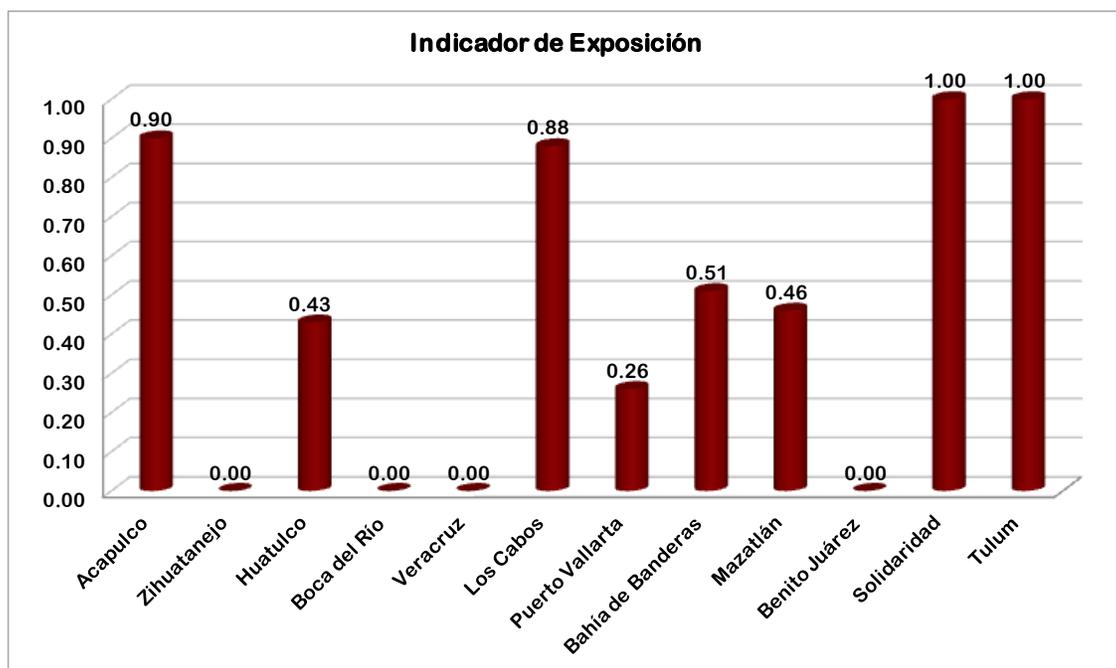


Figura 5. Comparativo de los valores obtenidos para el Indicador de Gobernabilidad en los municipios de los diez destinos turísticos

## 2. INDICADOR DE EXPOSICIÓN

Este indicador consideró el porcentaje de los establecimientos, que brindan algún tipo de servicio, ubicados en zonas de inundación por marea de tormenta y que probablemente quedarían sumergidos en caso de una inundación máxima, en un buffer de 1000 m tierra adentro. Se eligió este tipo de fenómeno, por ser una de las amenazas del cambio climático y la variabilidad climática. El mayor porcentaje de establecimientos afectados, con respecto al total de la zona de estudio, refleja mayor exposición del destino frente a este tipo de fenómeno, sin embargo, para conservar la lógica de la escala del Índice de Vulnerabilidad Social, en la que los valores cercanos a 1 reflejan la *No Vulnerabilidad*, se normalizó el inverso del porcentaje. Lo anterior significa que los municipios con menos establecimientos expuestos a inundación por marea de tormenta, y por lo tanto, menos vulnerables, tienen un indicador de exposición con algún valor cercano o igual a uno (p. ej. Solidaridad y Tulum), mientras que los municipios que tienen un mayor número de establecimientos vulnerables a inundación por marea de tormenta, tienen un indicador de exposición con algún valor cercano o igual a cero (p. ej. Zihuatanejo y Benito Juárez).

Los municipios de Zihuatanejo, Boca del Río, Veracruz y Benito Juárez, a la fecha, son los más expuestos, ya que la totalidad de la infraestructura de la zona de estudio quedaría sumergida en caso de que se presentara un evento máximo de inundación por marea de tormenta. En el caso de Puerto Vallarta (0.26), el 74% de su infraestructura quedaría sumergida, por lo que se considera que este municipio también se encuentra muy expuesto. Los municipios de Huatulco (0.43), Mazatlán, (0.46) y Bahía Banderas de Banderas (0.51), arrojaron un valor medio, por lo que se encuentran medianamente expuestos a este tipo de evento. Los municipios de Tulum y Solidaridad, aunque se encuentran susceptibles a eventos de marea de tormenta, fueron los menos vulnerables por no contar con establecimientos expuestos a un evento máximo de inundación por marea de tormenta (Figura 6).



**Figura 6.** Indicador de exposición de los establecimientos relacionados con el sector turismo a inundación por marea de tormenta para los municipios de los diez destinos turísticos

### 3. INDICADOR DE PERCEPCIÓN CIUDADANA

En base a cuatro de las preguntas de las encuestas realizadas, se analizó la percepción de la población sobre la actuación de Protección Civil: si saben a quién acudir en caso de riesgo y si identifican a las autoridades involucradas en la atención y gestión del riesgo como instituciones públicas confiables y con capacidad para responder ante situaciones de riesgo.

Aunque, en general, en todos los municipios se tienen limitaciones en cuanto a presupuesto, personal, equipo y recursos, en todos los destinos se observó que el personal dedicado a Protección Civil está muy comprometido, y realizan actividades que no son percibidas por la sociedad, por lo que se considera que la percepción social es una gran área de oportunidad que debe ser trabajada en todos los destinos, con la finalidad de incrementar la credibilidad y confianza de la población, que debe ser aliada de la autoridad para una adecuada gestión del riesgo en cualquier circunstancia.

Los destinos con los valores más bajos para este indicador, fueron Puerto Vallarta, Acapulco e Ixtapa-Zihuatanejo con 0.30, 0.34 y 0.38 respectivamente, mientras que Benito Juárez (0.74), Boca del Río (0.69) y Tulum (0.65), fueron los municipios que arrojaron los valores más altos (Figura 7).

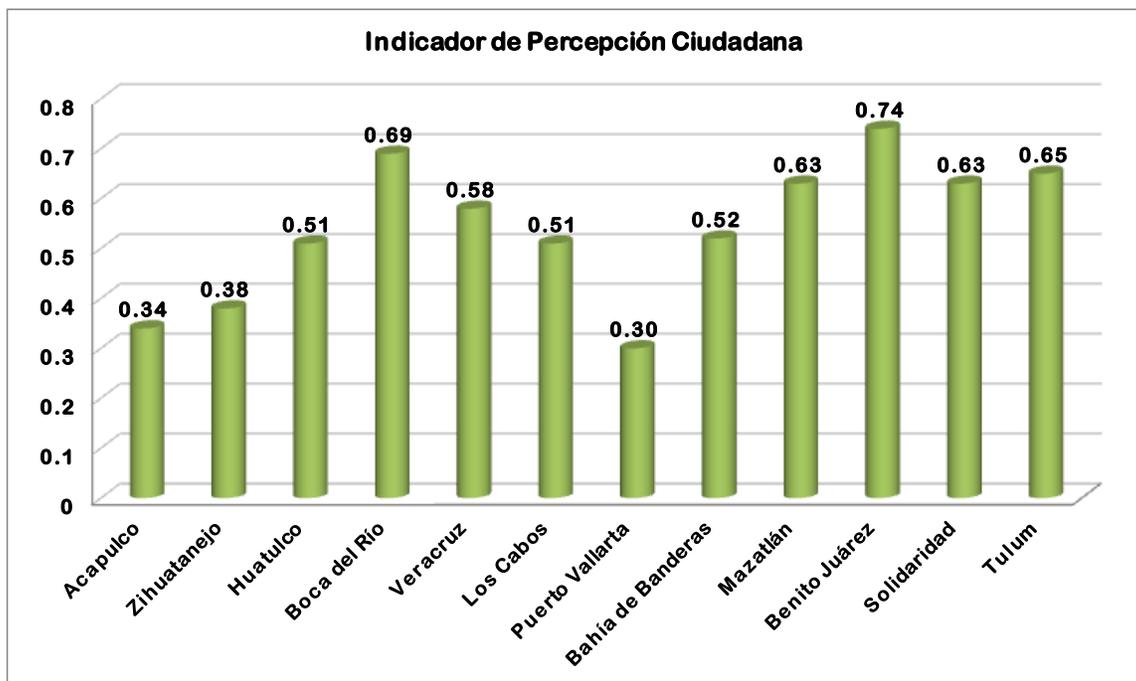


Figura 7. Indicador de percepción ciudadana para los municipios de los diez destinos turísticos

#### 4. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL

Este indicador evaluó el sentido de pertenencia y disposición de la población para participar en acciones o realizar cambios constructivos en sus viviendas y disminuir el riesgo frente a fenómenos hidrometeorológicos, si conocen organizaciones civiles en materia de protección civil, derechos humanos y protección al ambiente, entre otros, con el fin de saber si existe organización civil formal en los municipios. Al analizar los valores obtenidos, se encontró que, en general todos los destinos obtuvieron valores altos, a excepción de Benito Juárez (0.56) (Figura 8). Los valores más altos se encontraron en Bahía de Banderas y Huatulco con 0.81 y 0.79 respectivamente.

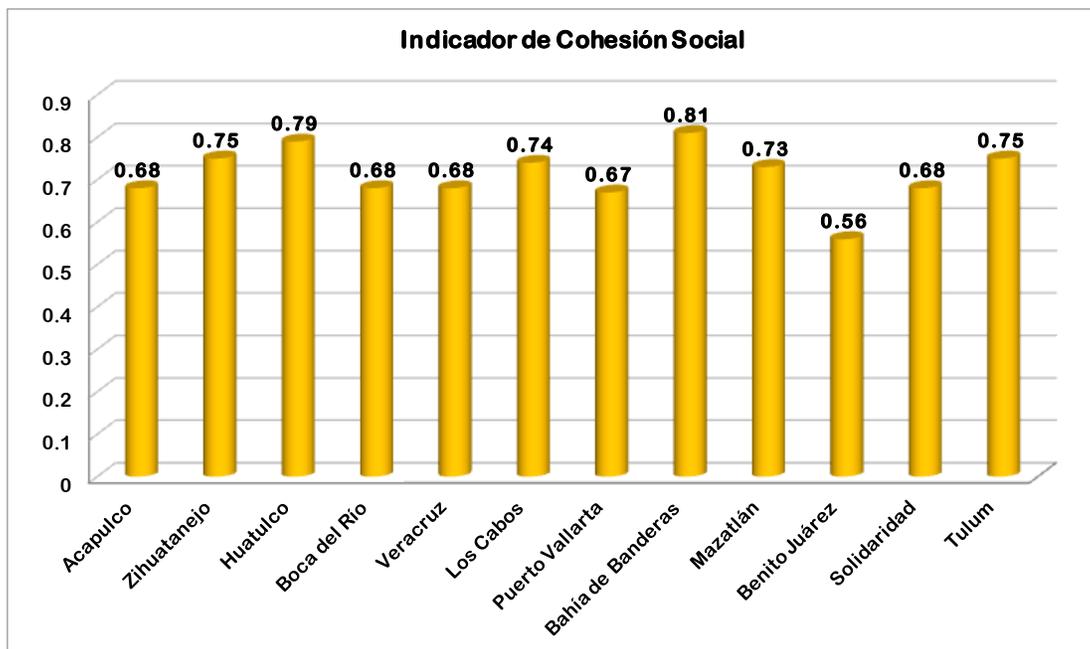


Figura 8. Indicador de cohesión social para los municipios de los diez destinos turísticos

## 5. INDICADOR DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SECTOR SALUD

El municipio debe garantizar que la infraestructura física, cobertura, capacidad y calidad del sector salud sea suficiente para atender a la población y a las víctimas en casos de desastre. La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2009) define que el número ideal de médicos por cada 10,000 habitantes es de 25. Así que para este indicador se utilizó como valor de referencia 2.5 médicos por cada 1000 habitantes. Se obtuvo una gran variación entre los resultados. Tulum obtuvo el valor más bajo (0.01) y Veracruz el más alto (1.0), con un promedio de 3.10 médicos por cada 1000 habitantes, es decir por arriba del valor recomendado por la OMS (Figura 9).

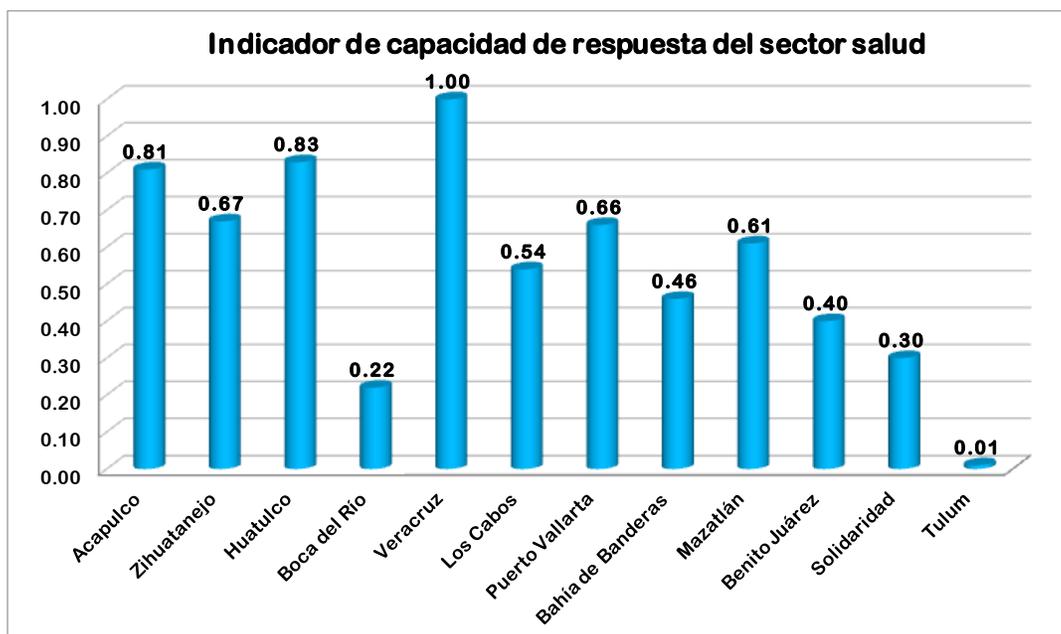


Figura 9. Indicador de capacidad del sector salud para los municipios de los diez destinos turísticos

## 6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

A partir del promedio de los cinco indicadores mencionados, se construyó el Índice de Vulnerabilidad Social, dentro de una escala de 0 a 1, donde los valores cercanos a cero reflejan la mayor vulnerabilidad, mientras que los valores cercanos a uno, la no vulnerabilidad. Los resultados obtenidos se clasificaron en cuatro rangos de valores: muy vulnerable, vulnerable, poco vulnerable y no vulnerable, lo cual permitió construir la escala de vulnerabilidad social. A cada rango se asignó un color como se muestra en la Tabla 8. En la Figura 10 se muestra el comparativo de los Índices de Vulnerabilidad Social para cada municipio de los diez destinos turísticos, así como el rango al que corresponde cada valor obtenido.

Tabla 8. Escala de vulnerabilidad social

ESCALA DE VULNERABILIDAD SOCIAL	Valor	Rango	Color
	Muy vulnerable	0.00 - 0.25	Red
	Vulnerable	0.26 - 0.50	Orange
	Poco vulnerable	0.51 - 0.75	Yellow
No vulnerable	0.75 - 1.00	Green	

### Índice de Vulnerabilidad Social

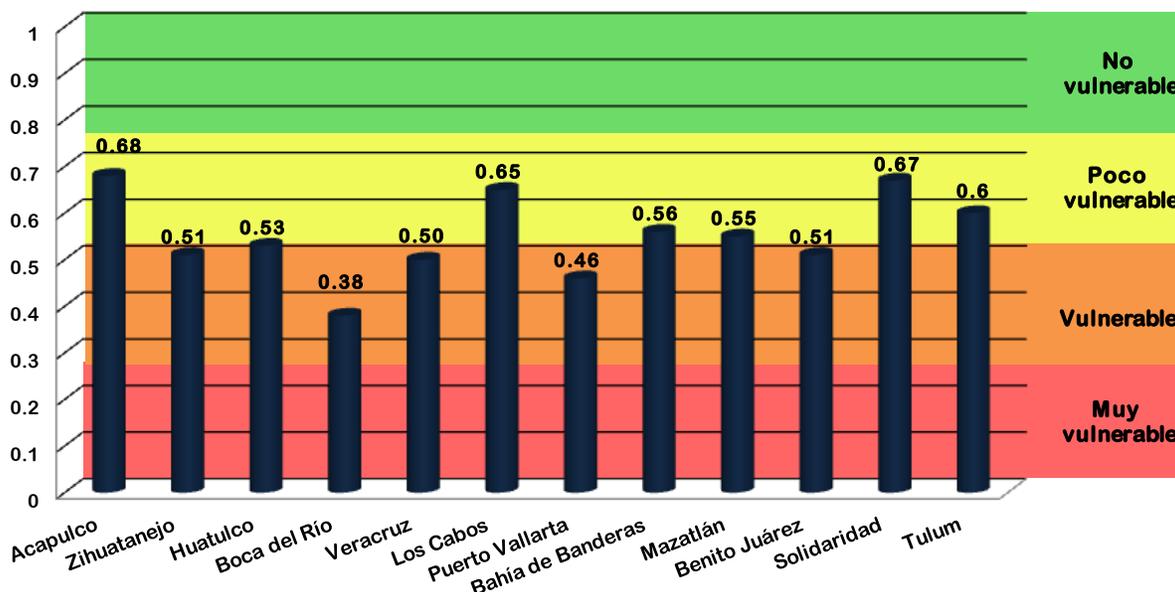


Figura 10. Índice de Vulnerabilidad Social por municipio

Los resultados obtenidos muestran que de los doce municipios evaluados, tres se clasifican como vulnerables y nueve como poco vulnerables. Los tres municipios considerados como vulnerables son: Boca del Río (0.38), Puerto Vallarta (0.46) y Veracruz (0.50). Sin embargo, es importante considerar que cada uno de los municipios que conforman los destinos turísticos, requieren de la implementación de las Propuestas de Medidas de Adaptación para disminuir su vulnerabilidad social en el sector turismo y atender las áreas de oportunidad que se ven reflejadas en los indicadores de vulnerabilidad social, dando atención prioritaria al desarrollo de los instrumentos normativos en el contexto de atención al cambio climático y gestión integral del riesgo.

## VII. PROTOCOLO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA *AD HOC* AL SECTOR TURISMO

Los efectos más importantes del fenómeno del cambio climático en el país son el incremento de la temperatura, la disminución de la precipitación promedio y el incremento de la intensidad de las lluvias y de la temporada de ciclones tropicales. Lo anterior conduce a la necesidad de que los sistemas de alertamiento vayan dirigidos a la detección de eventos extremos tales como ciclones, lluvias torrenciales y golpes de calor, todos ellos potenciados en el entorno de cambio climático anotado.

Si bien es cierto que el clima ha experimentado cambios, el incremento en el número y magnitud de los desastres de tipo climático en el mundo tiene mayor relación con el modelo de desarrollo seguido hasta ahora y la propia vulnerabilidad. Asentamientos irregulares, deterioro de paisajes naturales, sobreexplotación de recursos, por mencionar algunas acciones humanas, han llevado a que la población sea más vulnerable ante anomalías del clima de lo que era en el pasado. El reconocer que la vulnerabilidad tiene una gran importancia en la explicación de los desastres, ha permitido definir estrategias sobre la reducción de riesgo, y es gracias al abandono gradual de la visión naturalista del desastre que la prevención y la gestión integral del riesgo (GIR) comienzan a cobrar importancia y a trascender en la política pública.

Ante la recurrencia de eventos climáticos y meteorológicos extremos en México (huracanes, lluvias intensas y sequía), el tema de la gestión integral del riesgo es prioritario. La gestión del riesgo se integra directamente en los procesos de desarrollo del país y refleja el deseo de autoridades y de la sociedad de pasar de la respuesta a la emergencia, a la prevención del desastre. La GIR se desarrolla en tres dimensiones:

1. Prevenir la ocurrencia de un desastre a través de una mejor preparación de la sociedad civil y de las instituciones responsables, por ejemplo Protección Civil.
2. Reducir los efectos causados por desastres, incrementando la resiliencia.
3. Disminuir la construcción del riesgo (a largo plazo), actuando sobre sus causas, como por ejemplo, la degradación ambiental, propiciando un aprovechamiento de los recursos naturales adecuado.

A diferencia del trabajo con escenarios de cambio climático, la GIR se puede realizar con pronósticos de tiempo o de clima en donde la condición de la amenaza no puede ser modificada por la acción humana. Es en este contexto de análisis de riesgo que se puede crear un Sistema de Alerta Temprana (SAT), que corresponde a un conjunto de procedimientos articulados a través de los cuales se recolecta y procesa información sobre amenazas previsible, a fin de alertar a la población ante un fenómeno natural que pueda causar desastres, y de esta manera generar respuestas sociales ante emergencias para minimizar daños e impactos. Dichos sistemas se incorporan a la gestión de riesgos de desastres como forma de adaptación (Gómez *et al.*, 2007). En México, el único SAT que funciona es el sistema de alerta temprana para ciclones tropicales (SIAT-CT) gestionado por la Dirección General de

Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, creado en 2000 y actualizado en 2003. A nivel local existe el Sistema de Alerta Hidrometeorológica de Acapulco, creado en 2009.

Al igual que en el SIAT-CT, un sistema de alertamiento para el turismo de playa debe contemplar acciones antes, durante y después de la emergencia. La temporada de huracanes en México está definida en el tiempo (mayo a noviembre), y las zonas afectadas históricamente han sido documentadas. Sin embargo, la vulnerabilidad es dinámica y el crecimiento de la infraestructura y la población hacen necesario mantener sistemas de monitoreo-diagnóstico de la vulnerabilidad de forma continua y permanente. Los hoteles, centros de información turística, centros de diversión, restaurantes y otras zonas donde se concentren los visitantes, deben tener acceso permanente a información sobre las condiciones del tiempo meteorológico, disponible en todo momento, pero principalmente en temporada de huracanes y/o de ondas de calor.

Las encuestas a la población de zonas turísticas costeras, realizadas por la ANIDE, revelaron que la mayoría de las personas perciben la existencia de importantes modificaciones en el clima y que éstas son consecuencia del cambio climático, sin embargo, más del 30% de la población no sabe a ciencia cierta qué hacer en caso de una contingencia, particularmente a quién acudir. Esto muestra deficiencias en los mecanismos de comunicación entre el sector de protección civil y la población, o bien que estos mecanismos de protección son deficientes. Por otro lado, los resultados obtenidos muestran que la mayoría de la población está dispuesta a cambiar de lugar de residencia en caso de que se le informe que vive en una zona de riesgo, lo cual refleja una mayor conciencia y determinación por realizar una acción importante para proteger su vida.

El manejo de información para turistas, así como para prestadores de servicios turísticos es muy importante, ya que bajo un contexto de cambio climático las condiciones de peligro pueden ser más recurrentes. Ello puede marcar la diferencia entre que una contingencia sea bien o mal atendida, lo que se traduce en el número de pérdidas humanas económicas, ambientales y de paisaje. A partir de ésta información se pretende crear una cultura de prevención. El estado tiene la obligación de proporcionar la información suficiente, verídica, oportuna y confiable para que los operadores y visitantes de zonas turísticas tomen las decisiones sobre su protección personal. En la medida en que las personas tengan esta información y sepan qué hacer ante una situación de riesgo, estarán en mejores condiciones para responder frente a los efectos del cambio climático. Todo sistema de alertamiento a la población debe enfatizar las acciones que se esperan de ella, sin menoscabo de las acciones sobre las que las autoridades tienen la responsabilidad central.

El sistema de alertamiento ante condiciones extremas del tiempo debe considerar también ondas de calor y sus efectos en las personas. Gran parte de los destinos de playa alcanzan niveles de índice de calor (combinación de temperatura máxima y humedad) que constituyen peligro y peligro extremo, sobre los que se debe alertar a la población.

El sector de prestadores de servicios turísticos debe realizar acciones de monitoreo que identifiquen los impactos locales de condiciones meteorológicas extremas para comenzar a estimar los niveles de vulnerabilidad en la zona. La información de las características de la amenaza será proporcionada por las agencias especializadas. Dado

que el Servicio Meteorológico debe atender las demandas de diversos usuarios, se debe solicitar información de diagnóstico diario de:

- 1) Índice de calor, considerando los valores máximos alcanzados en los dos días más recientes, para que se comparen los impactos reales, con los percibidos por las personas
- 2) Niveles de Radiación Solar (IR, UV)
- 3) Análisis de las intensidades (horarias y diarias) de las lluvias recientes
- 4) Información sobre vientos y oleaje.

El caso más importante de seguimiento de información meteorológica es durante la temporada de ciclones tropicales, cuando se debe hacer caso de todas las recomendaciones del sector Protección Civil incluso antes de que se alcancen los niveles verde y amarillo del semáforo del SIAT. Es necesario contar con un Plan de Comunicación de la Información que puede incluir volantes repartidos a las habitaciones de los huéspedes, con recomendaciones sobre las acciones que pueden incluir:

- 1) Planear actividades para los siguientes días considerando las condiciones del tiempo esperado.
- 2) Solicitar información al hotel sobre los planes de emergencia con los que se cuenta, así como las responsabilidades de las personas.
- 3) Confirmar con el medio de transporte correspondiente los problemas que pueden presentarse en caso de condiciones de ciclones tropicales.
- 4) Conocer las posibles rutas de carreteras por las que podría desplazarse a otra ciudad con menor riesgo.
- 5) Revisar la Guía de Protección Civil sobre qué hacer en caso de ciclón tropical.
- 6) Informarse sobre las condiciones del tiempo y las recomendaciones a seguir en el canal de televisión correspondiente, o en la pantalla de la televisión del hotel.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que el estado tiene la obligación de proporcionar a la población la información suficiente, verídica, oportuna y confiable para que los operadores y visitantes de zonas turísticas tomen las decisiones sobre su protección personal.

## **PROPUESTAS DE PROGRAMAS DE ADAPTACIÓN DEL SECTOR TURISMO**

Una vez identificadas las amenazas de cada una de las regiones de interés, y obtenida la vulnerabilidad física y social de los destinos, se procedió a elaborar una serie de propuestas de Programas de Medidas de Adaptación para el Sector Turismo. Cada una de las medidas que integró cada programa, se asoció a una o más de las amenazas identificadas para la localidad, así como al efecto esperado en caso de ocurrencia (amenaza por vulnerabilidad física, institucional, social o económica). En los programas también se definieron los actores involucrados en su atención, así como los grupos o sectores beneficiados, las posibles fuentes de financiamiento, los mecanismos para poder dar seguimiento en su avance y el fundamento legal aplicable en el contexto de cambio climático y gestión integral del riesgo.

El proceso mediante el cual se validaron las propuestas de matrices de medidas de adaptación en cada destino, fue un taller participativo, al cual se convocaron actores claves de los tres niveles de gobierno, que, de manera conjunta y planeada, revisaron y ampliaron la propuesta preliminar. Así mismo, en el taller, fueron aportadas nuevas medidas de adaptación propuestas por los asistentes en los talleres participativos.

Una vez validadas las matrices, se construyeron los programas de adaptación por municipio, por lo que se conformaron 12 Propuestas de Programas de Adaptación para el Sector Turismo, con la finalidad de que los municipios cuenten con elementos para articular y orientar los instrumentos de política y las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia y fortalecer las capacidades de adaptación de la sociedad y de los ecosistemas, atendiendo, en este caso, de manera prioritaria, al sector turismo.

## VIII. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Se integró un sistema de información geográfica con toda la información obtenida en el proyecto, la cual se encuentra organizada, sistematizada y actualizada. El contenido y estructura del SIG elaborado rebasaron las expectativas del proyecto, quedando en poder de SECTUR, una herramienta y bases de datos utilizables en las muchas actividades adicionales y colaterales de dicha Secretaría. El SIG incluyó coberturas como: Mapa Base, Localización de Sitios de Muestreo, Topografía, Batimetría, Zonas de Erosión y Acreción., Vulnerabilidad por Inundación Fluvial, Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI), Vulnerabilidad a Inundación por Marea de Tormenta, para los diez destinos turísticos.

## IX. CONCLUSIONES

1. Para hacer frente al cambio climático, una aproximación de “abajo hacia arriba” es decir, de lo local a lo global es adecuada considerando la incertidumbre de los escenarios de cambio climático, ya que parte de un análisis de vulnerabilidad y de una proyección al futuro de acuerdo a su tendencia actual, lo que permite realizar acciones de adaptación apropiadas.
2. Los sitios de playa de los diferentes destinos están inmersos a la geomorfología prevaleciente de bahías que se encuentran protegidos al oleaje, formados por sedimentos medios a finos debido a la erosión local, o bien, los sitios se encuentran en playas abiertas donde los procesos del oleaje tienen mayor impacto por estar menos protegidos. Podemos distinguir diferencias de geomorfología, sedimentología y oceanografía entre los sitios localizados en el Pacífico Sur, en el Pacífico Norte, el Golfo de México y el Mar Caribe.
3. A partir de los estudios de dinámica costera se determinaron las principales amenazas por el cambio climático, siendo los parámetros evaluados el aumento del nivel medio del mar, la erosión costera, la inundación por marea de tormenta, la inundación por escorrentías fluviales y la refracción del oleaje.

4. Los datos de elevación del nivel del mar muestran que mayoría de los valores y los promedios para el Golfo de México y el Océano Pacífico ya rebasaron las estimaciones del IPCC, las cuales eran del orden de un incremento máximo de 1.59 mm/año, para el 2100. Las tendencias de variación del nivel del mar analizadas por Zavala (2011) a partir de datos de estaciones mareográficas del Servicio Mareográfico Nacional muestran que el Golfo de México tendrá una elevación del nivel del mar en  $3.5 \pm 2.0$  mm/año, mientras que la elevación de la zona de Océano Pacífico y Mar de Cortés será de  $1.8 \pm 3.59$  mm/año.

5. En todas las costas estudiadas prevalece el fenómeno de erosión. Las mayores tasas de erosión promedio anual se encontraron en Cancún (5.86 m/año), Mazatlán (1.08 m/año) y Riviera Maya (1.22 m/año). Los destinos donde se registraron sitios de menor tasa de erosión fueron Veracruz (0.32 m/año) y Huatulco (0.41 m/año). El resto de los destinos registraron sitios con tasas de erosión de alrededor de 0.5 m/año.

6. Para el proceso de acreción, los destinos con sitios de mayor acumulación, fueron Nuevo Vallarta (2.22), Puerto Vallarta (0.49) y Los Cabos (0.45 m/año). Cabe mencionar que no toda la acreción registrada en las playas de los destinos turísticos fue natural, ya que dentro del cálculo está estimándose también el relleno de playas (caso Cancún) y el depósito ocasionado por estructuras como los espigones (caso Veracruz).

7. La refracción del oleaje representa una amenaza que se intensifica con el cambio climático, ya que dependiendo del ángulo de incidencia en la costa puede ocasionar mayor erosión costera. La importancia de la refracción del oleaje repercute en la estabilidad estructural de la infraestructura costera, sea hotelera o habitacional. En algunos destinos las zonas hoteleras se encuentran resguardadas del oleaje por la presencia de puntas, islas y bahías, tal es el caso de Nuevo Vallarta, Acapulco y las bahías de Huatulco, entre otras. Sin embargo, también se observaron sitios muy vulnerables con desarrollo urbano y turístico que se encuentran en ubicaciones donde el oleaje llega de una manera directa, o en ángulo que provoca una mayor erosión, tal es el caso de la zona hotelera de Cancún y la zona de Mocambo y Boca del Río en Veracruz.

8. La vulnerabilidad frente al efecto de inundación por marea de tormentas es muy alta en casi todos los destinos turísticos, excepto Veracruz que presenta valores altos porque en este destino se registraron menores amplitudes de mareas. Sin embargo, Cancún es el destino con el mayor número de servicios afectados por marea de tormenta: alrededor de 3132 servicios.

9. Las inundaciones fluviales son muy altas en ocho de los diez destinos turísticos, debido a la presencia de algún río o arroyo con caudales que superan los 100 m<sup>3</sup>/s, cuyos cauces son proclives a desbordarse e inundar sus riberas y afectar zonas urbanas o de infraestructura turística.

10. Los resultados obtenidos revelaron que la mayoría de los destinos tienen una vulnerabilidad física muy alta, a excepción de Acapulco, Huatulco y Nuevo Vallarta, cuya vulnerabilidad es alta. La muy alta vulnerabilidad se debe principalmente a que cuentan con áreas de baja altura, pendientes suaves, con playas expuestas a los fenómenos de oleaje.

11. Ahora bien, en contexto de cambio climático partimos del reconocimiento de que la vulnerabilidad social constituye la causa principal del incremento de los desastres (CICC, 2012) y que ésta tiene una dimensión local, dinámica y compleja frente a este fenómeno, por lo que los tomadores de decisiones requieren del fortalecimiento de capacidades para evaluar los riesgos y la vulnerabilidad, y estar en posibilidad de diseñar e implementar políticas de adaptación (SEMARNAT, 2012a) e instrumentos normativos que consideren la gestión integral de riesgos, a partir de colocar a la prevención en el eje transversal. Crear capacidades de adaptación en materia institucional permitirá a nuestro país enfrentar los desafíos e incertidumbre asociados al cambio climático y garantizar la infraestructura y el desarrollo, en especial de sectores estratégicos, como el turismo.

12. Los escenarios previstos en la Cuarta Comunicación del IPCC (2007) han sido rebasados, de acuerdo con los modelos calculados para la zona de estudio. Según los escenarios climáticos analizados para el año 2030, 2050 y 2080 para las zonas estudiadas, se proyectan aumentos continuos de la temperatura mínima y máxima del aire, estos aumentos presentan un rango de variación desde 0.6 para la climatología del 2020, hasta 4.3 °C para la climatología del 2080; los aumentos más drásticos se presentan en el escenario A2. En el caso de la precipitación las proyecciones analizadas muestran tendencias a la disminución de las lluvias con un rango muy amplio de variabilidad que generan mayor incertidumbre en cuanto a la valoración de la vulnerabilidad y disponibilidad del agua para los diversos usos: potable, servicios, industrial, agrícola, etc.

13. A partir de los resultados obtenidos del Índice de Vulnerabilidad Social, se encontró que de los 12 municipios que abarcan los destinos turísticos del estudio, 3 son vulnerables: Boca del Río, Veracruz y Puerto Vallarta, mientras que los 9 municipios restantes se clasificaron como poco vulnerables. No obstante, cada uno de los municipios en los que se localizan los destinos turísticos del estudio requiere diseñar e implementar medidas de adaptación al cambio climático, a fin de disminuir su vulnerabilidad social, en especial del sector turismo. Para ello es necesario poner énfasis en los aspectos relacionados con aquellos indicadores que representan mayores áreas de oportunidad, para lo cual resulta fundamental acudir a las Propuestas de Programas de Medidas de Adaptación del Sector Turismo, resultado de este estudio, las cuales fueron elaboradas bajo el principio de prevención, en contexto de cambio climático, y gestión integral del riesgo, considerando las particularidades ambientales, sociales, económicas e institucionales de cada uno de los municipios objeto de análisis, con la finalidad de que éstos cuenten con elementos para articular y orientar los instrumentos normativos, de política pública y las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia y fortalecer las capacidades de adaptación de la sociedad, atendiendo en este caso de manera prioritaria al sector turismo.

14. Los sistemas de alerta temprana son un elemento principal en la gestión del riesgo y la prevención de desastres. En México existen SAT para ciclones, pero aún se requiere estructurar esquemas de prevención de este tipo para otros fenómenos hidrometeorológicos como heladas, lluvias torrenciales y ondas de calor. Los resultados han sido favorables, y es por ello que se deben implementar diversos SAT para los fenómenos que afectan a la población.

15. Crear capacidades en materia de adaptación, permitirá a los municipios enfrentar los desafíos e incertidumbre asociados al cambio climático y garantizar la infraestructura y el desarrollo, en especial de sectores estratégicos, como el turismo.

16. El manejo de información para turistas, así como para prestadores de servicios turísticos es muy importante, ya que, bajo un contexto de cambio climático, las condiciones de peligro pueden ser más recurrentes. A partir de ésta información se pretende crear una cultura de prevención.

17. La estrategia de adaptación al cambio climático debe de responder ante situaciones de emergencia, pero sobre todo contar con un carácter preventivo para la construcción paulatina de capacidades de adaptación, siendo fundamental que los sectores involucrados tengan una participación directa, considerando sus necesidades específicas y los recursos con los que cuenta, además de incluir a la sociedad en general considerando niños, jóvenes y adultos con acciones concretas de comunicación apropiada y capacitación sobre la dinámica de los fenómenos meteorológicos, sus amenazas, riesgos presentes y previsibles que consolide su participación en el diseño de acciones preventiva y correctivas.