

**“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”**

**SECCIÓN VIII**

**VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO MAZATLÁN**



**FONDO SECTORIAL CONACYT-SECTUR**

**PROYECTO Clave: 165452**

## SECCIÓN VIII. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO MAZATLÁN

### ÍNDICE

<b>I. CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA.....</b>	<b>5</b>
1. MORFOLOGÍA DE LA ZONA LITORAL .....	5
2. BATIMETRÍA DE LA ZONA MARINA.....	8
3. CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA LITORAL.....	10
4. CLIMA DEL OLEAJE .....	11
<b>II. AMENAZAS.....</b>	<b>12</b>
1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.....	12
2. AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR.....	14
3. EROSIÓN COSTERA.....	15
4. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA .....	19
5. INUNDACIÓN FLUVIAL .....	21
6. REFRACCIÓN DEL OLEAJE .....	22
<b>III. VULNERABILIDAD FÍSICA .....</b>	<b>24</b>
1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA .....	24
2. INDICADOR DE INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA.....	26
3. INDICADOR DE INUNDACIÓN FLUVIAL.....	27
4. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA .....	29
<b>IV. VULNERABILIDAD SOCIAL.....</b>	<b>30</b>
1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD.....	30
2. INDICADOR DE EXPOSICIÓN .....	31
3. INDICADOR DE PERCEPCIÓN CIUDADANA SOBRE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS AUTORIDADES.....	31
4. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL.....	31
5. INDICADOR DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SECTOR SALUD .....	32
6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL .....	33
<b>V. PROPUESTA DE PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Textura y composición de los sedimentos de playa del destino turístico Mazatlán .....	10
<b>Tabla 2.</b> Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Mazatlán .....	13
<b>Tabla 3.</b> Cambio Porcentual de la Precipitación Media Anual (%) en Mazatlán.....	13
<b>Tabla 4.</b> Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de Mazatlán .....	15
<b>Tabla 5.</b> Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión del destino turístico de Mazatlán.....	17
<b>Tabla 6.</b> Tasa de acreción promedio anual en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Mazatlán.....	18
<b>Tabla 7.</b> Variables para la estimación de la inundación causada por marea de tormenta en el destino turístico de Mazatlán.....	19
<b>Tabla 8.</b> Parámetros hidrológicos e indicador por inundación fluvial para el destino turístico de Mazatlán .....	21
<b>Tabla 9.</b> Valores de las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas del destino turístico Mazatlán .....	24
<b>Tabla 10.</b> Valores de ponderación y del índice de vulnerabilidad costera en playas del destino turístico Mazatlán ....	25
<b>Tabla 11.</b> Tipo de establecimientos vulnerables a inundación por marea de tormenta para el destino turístico de Mazatlán.....	26
<b>Tabla 12.</b> Parámetros para la estimación del Indicador de Inundación Fluvial para el destino turístico de Mazatlán	27
<b>Tabla 13.</b> Índices e indicadores utilizados en la determinación del índice de vulnerabilidad física .....	29
<b>Tabla 14.</b> Índice de Vulnerabilidad Física para el destino turístico Mazatlán.....	29
<b>Tabla 15.</b> Instrumentos normativos con los que cuenta el municipio de Mazatlán .....	30
<b>Tabla 16.</b> Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Mazatlán.....	31
<b>Tabla 17.</b> Indicador de cohesión social para el municipio de Mazatlán .....	32
<b>Tabla 18.</b> Indicador de capacidad de respuesta del sector salud para el municipio de Mazatlán .....	32
<b>Tabla 19.</b> Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Mazatlán.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de las playas monitoreadas en el destino turístico de Mazatlán.....	6
<b>Figura 2.</b> Topografía de las playas monitoreadas en Mazatlán.....	7
<b>Figura 3.</b> Batimetría de la zona de estudio en Mazatlán.....	8
<b>Figura 4.</b> Perfiles batimétricos de la línea de costa hacia el mar adentro, en el destino turístico de Mazatlán.....	9
<b>Figura 5.</b> Tipo de sedimentos de las playas del destino turístico de Mazatlán.....	11
<b>Figura 6.</b> Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Mazatlán.....	13
<b>Figura 7.</b> Rango de cambio en la Precipitación Media Anual (%) en Mazatlán.....	14
<b>Figura 8.</b> Gráfica del cambio del nivel del mar en cm, de 1990 a 2100.....	14
<b>Figura 9.</b> Puntos críticos de mayor erosión y acreción en el destino turístico de Mazatlán.....	16
<b>Figura 10.</b> Tasa de erosión en puntos críticos del destino turístico de Mazatlán.....	17
<b>Figura 11.</b> Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Mazatlán.....	18
<b>Figura 12.</b> Zonas vulnerables a inundación por marea de tormenta en el destino turístico Mazatlán.....	20
<b>Figura 13.</b> Comportamiento de ortogonales de oleaje en Mazatlán, provenientes de la dirección oeste (W), con periodo de 7 segundos.....	22
<b>Figura 14.</b> Comportamiento de ortogonales de oleaje en Mazatlán, proveniente de la dirección oeste (W), con periodo de 22 segundos, generalmente asociado a huracanes.....	23
<b>Figura 15.</b> Índice de vulnerabilidad costera en playas representativas del destino turístico de Mazatlán.....	25
<b>Figura 16.</b> Número de establecimientos, según los servicios que brindan, acumulados en el rango de 0 a 7 m de altura, vulnerables a inundación por marea de tormenta para el destino turístico de Mazatlán.....	27
<b>Figura 17.</b> Áreas de inundación fluvial del arroyo Jabalines en el destino turístico de Mazatlán.....	28

## SECCIÓN VIII. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO MAZATLÁN

### I. CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA

La zona litoral es uno de los ambientes más dinámicos y complejos que se tienen en nuestro planeta, donde se conjugan factores geológicos, oceanográficos, biológicos, meteorológicos y antropogénicos. Actualmente el cambio climático juega un papel importante en este ambiente debido al aumento del nivel medio del mar y al incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Lo anterior conlleva diferentes amenazas como son la erosión costera, las inundaciones causadas por marea de tormenta y por el desbordamiento de ríos durante lluvias extremas, entre otros. Estas amenazas impactan en el ambiente, en la población y sobre las diferentes actividades económicas de las zonas costeras, lo cual hace que sea necesario el estudio de la dinámica costera, para así poder determinar aquellas medidas de adaptación al cambio climático que reduzcan la vulnerabilidad.

#### 1. MORFOLOGÍA DE LA ZONA LITORAL

El destino turístico de Mazatlán está conformado por terrenos planos con pequeños promontorios, resultado de la acumulación de sedimentos en lagunas y pequeños esteros que se desarrollan en zonas bajas, paralelas a la línea de costa.

Las playas de Mazatlán se encuentran parcialmente protegidas por las islas Pájaros, Venados y Lobos, sin embargo, en el sur se presenta una costa abierta. Las playas ubicadas frente al canal que se forma entre Isla Pájaros e Isla Venados, se encuentran en un proceso de erosión. El oleaje rompe sobre la infraestructura (restaurantes, escolleras, etc.) ubicada en estas playas.

En Mazatlán se realizó un monitoreo de cuatro playas representativas que fueron: Holiday Inn, Malecón Lobos Marinos, Malecón Olas Altas y Malecón Olla Cerveza Pacífico (Figura 1), con una extensión promedio de un kilómetro cada una.



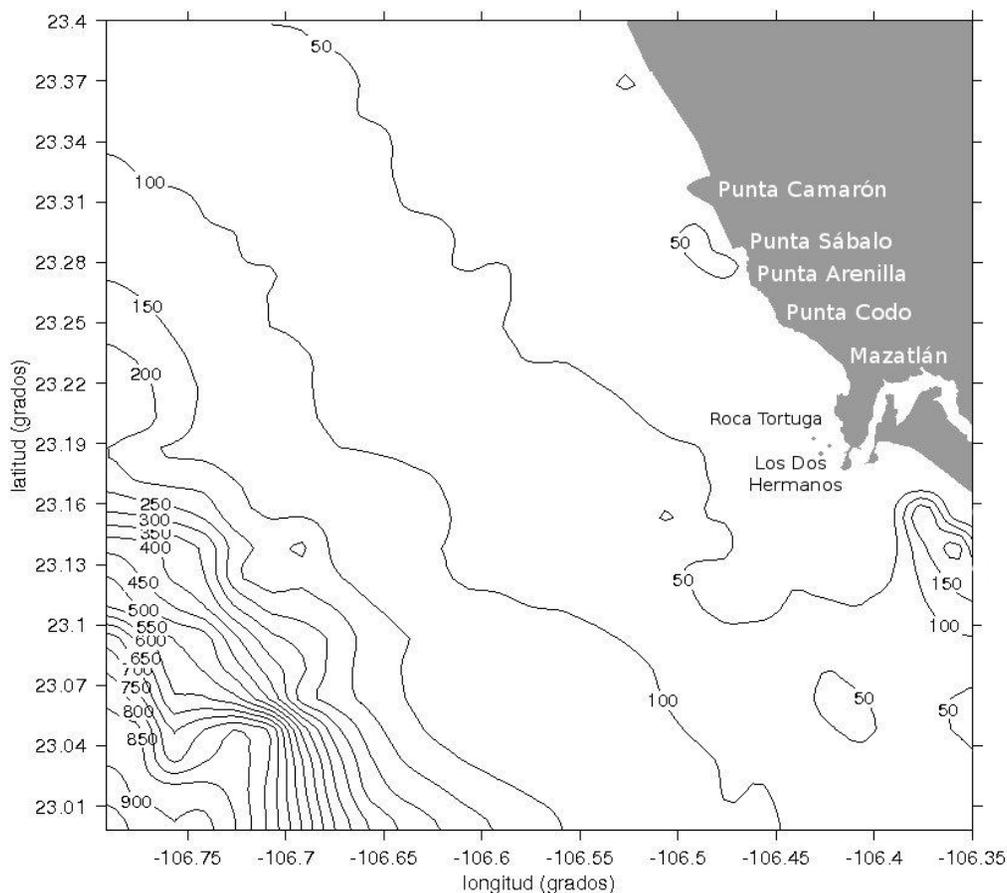
Figura 1. Localización de las playas monitoreadas en el destino turístico de Mazatlán

Las playas que se ubican al norte de Mazatlán tienen una amplitud de 35 m, una pendiente de 8.12% y una altura promedio de 1.8 m, mientras que las playas que están frente al malecón tienen una amplitud de 35 a 40 m y una pendiente de 8% (Figura 2).



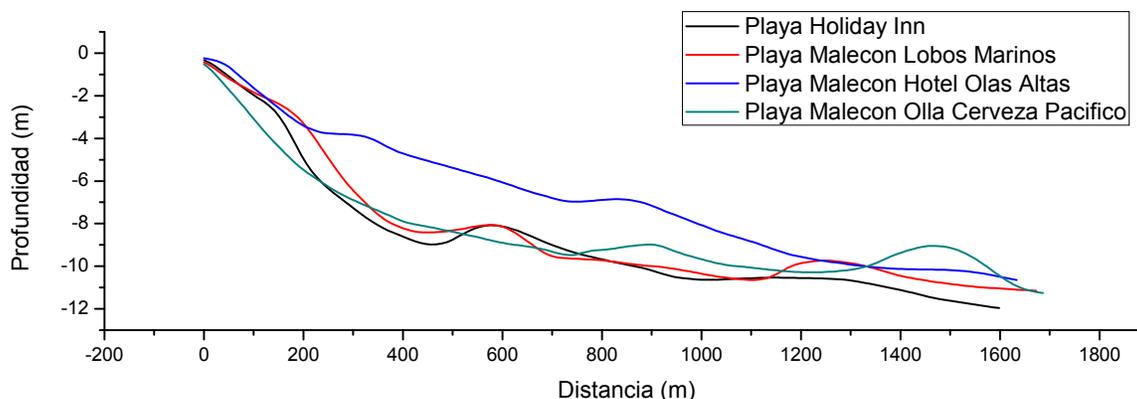
## 2. BATIMETRÍA DE LA ZONA MARINA

La batimetría frente al puerto de Mazatlán cuenta con una plataforma continental amplia, de aproximadamente 25 km (~14 millas náuticas) (Figura 3). Esta plataforma continental empieza en Nayarit y está presente en los estados de Sinaloa y Sonora. Al norte de Mazatlán, frente a Punta Piaxtla ( $23^{\circ}40'N$ ), la plataforma continental tiene un ancho de 32 km (18 millas náuticas).



**Figura 3.** Batimetría de la zona de estudio en Mazatlán

Las isóbatas frente a Mazatlán no son rectas (Figura 4), sino que tienden a mostrarse como curvas senoides de gran longitud de onda, tanto para la de 20 m como para la de 50 m. La consecuencia de esta disposición es que el oleaje que arriba desde mar profundo, es refractado en zonas de convergencia y divergencia (concentración y disminución de energía sobre la costa), como se verá más adelante.



**Figura 4.** Perfiles batimétricos de la línea de costa hacia el mar adentro, en el destino turístico de Mazatlán

En general, desde Punta Camarón, al norte, hasta la Bahía de Mazatlán, al sur, se extiende una franja costera de un kilómetro de ancho, con profundidad menor a 10 m. Sólo en la proximidad del Crestón, y el canal de acceso del puerto, dicha franja se angosta.

La zona hotelera está resguardada por las Islas Pájaros y Venado, cuyos ejes paralelos a la costa son de una longitud de ~500 m y de ~2,000 m, respectivamente. Estas islas actúan como rompeolas externos, y los depósitos de arena entre éstos y la costa son notorios.

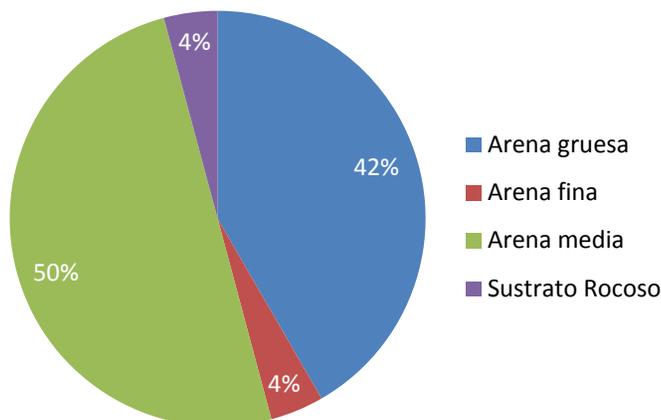
Al sur de Mazatlán, al oeste del Cerro del Vigía (donde se encuentra el faro) existe un pequeño archipiélago conformado por los Dos Hermanos y la Roca Tortuga. Estos islotes brindan protección a la zona hotelera del oleaje que proviene del sur.

### 3. CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA LITORAL

El análisis sedimentológico reveló que en Mazatlán los sedimentos son arenas medias, en un 50%, y gruesas, en un 42% (Tabla 1, Figura 5). Estos sedimentos están compuestos por arenas feldespáticas, provenientes de la erosión de los materiales de la Sierra Madre Occidental y de la erosión misma de la costa.

**Tabla 1.** Textura y composición de los sedimentos de playa del destino turístico Mazatlán

Sitio	Perfil	Zona	Coordenadas		Tipo de sedimentos	Composición mineralógica
			X	Y		
Playa Holiday Inn	1	Infraplaya	349789	2575009	Arena gruesa	Arena feldespática lítica
		lítica	349794	2575012	Arena gruesa	Arena feldespática
		Supraplaya	349804	2575016	Arena media	Arena feldespática
	2	Infraplaya	349879	2574842	Arena media	Arena feldespática
		Mesoplaya	349885	2574844	Arena media	Arena feldespática
		Supraplaya	349894	2574848	Arena media	Arena feldespática
Playa Malecón Lobos Marinos	1	Infraplaya	350441	2572736	Arena gruesa	Litarenita feldespática
		Mesoplaya	350446	2572740	Arena media	Arena feldespática
		Supraplaya	350453	2572744	Arena gruesa	Arena feldespática
	2	Infraplaya	350597	2572598	Arena gruesa	Arena feldespática lítica
		Mesoplaya	350600	2572600	Arena gruesa	Arena feldespática
		Supraplaya	350608	2572604	Arena gruesa	Arena feldespática
Playa Malecón Hotel Olas Altas	1	Infraplaya	352599	2570361	Sustrato rocoso	Sustrato rocoso
		Mesoplaya	352601	2570365	Arena media	Arena feldespática
		Supraplaya	352606	2570368	Arena media	Arena feldespática
	2	Infraplaya	352739	2570279	Arena fina	Arena feldespática
		Mesoplaya	352741	2570274	Arena gruesa	Arena feldespática
		Supraplaya	352747	2570271	Arena media	Arena feldespática
Playa Malecón Olla Cerveza Pacífico	1	Infraplaya	353298	2569786	Arena gruesa	Arena feldespática
		Mesoplaya	353302	2569792	Arena gruesa	Arena feldespática
		Supraplaya	353308	2569799	Arena media	Arena feldespática
	2	Infraplaya	353435	2569678	Arena media	Arena feldespática
		Mesoplaya	353430	2569673	Arena media	Arena feldespática
		Supraplaya	353441	2569684	Arena media	Arena feldespática



**Figura 5.** Tipo de sedimentos de las playas del destino turístico de Mazatlán

#### 4. CLIMA DEL OLAJE

El patrón de oleaje de alta energía es por lo general en verano, y es causado por la época de huracanes que se trasladan de la zona ciclogénica, en el domo de Costa Rica, hacia el norte y oeste, y que en ocasiones penetran al continente. En su tránsito, el huracán genera oleaje que es radiado hacia la costa; este oleaje llega a Mazatlán del sector sur, con periodos de 12 a 22 segundos, y alturas que pueden llegar a los 4 metros en aguas profundas. Los sistemas de brisa que se generan en la costa, dan lugar a oleaje de periodo corto (4-7 segundos) y de poca altura (0.5-1.0 m); oleaje que por su corta longitud de onda tiene refracción muy cerca de la playa.

Las islas Pájaros y Venado, frente a la zona turística hotelera, y los Dos Hermanos y Tortuga, afuera del Mazatlán Viejo, ofrecen una cómoda protección a la zona norte de Mazatlán para los oleajes que provienen del oeste. El oleaje del oeste entra de manera franca a la bahía de Mazatlán (Posada Los Tabachines y Hacienda Mazatlán), esto es en las inmediaciones de la ciudad de Mazatlán antiguo.

Punta Camarón, al norte de la zona hotelera, y frente al Hotel María Coral, al sur de la boca del puerto de Mazatlán, presentan repetición de concentración de oleaje en distintos periodos y direcciones. Por lo que respecta a la marea, ésta presenta un rango mareal medio de 2.3 m.

## II. AMENAZAS

### 1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

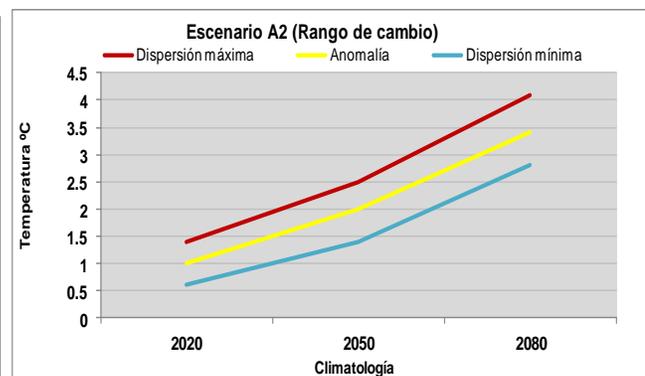
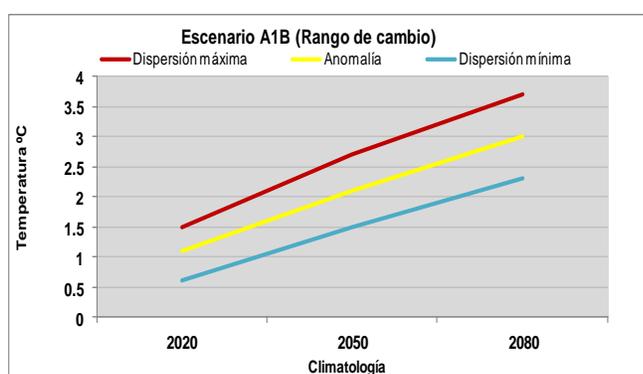
Para el destino turístico de Mazatlán se obtuvieron los valores de anomalía y dispersión para las variables meteorológicas temperatura y precipitación, para los escenarios A1B y A2. A partir de estos escenarios regionalizados de cambio climático se integraron las proyecciones, considerando períodos de 30 años, con lo cual se obtuvieron tres climatologías: a) 2020s (representa el periodo 2010-2039); b) 2050s (representa el periodo 2040-2069), y c) 2080s (representa el periodo 2070-2099). El año que se tomó como referencia fue el de 1990. El escenario A1B describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido, donde la población mundial alcanza su nivel más alto a mitad del siglo y disminuye posteriormente, produciéndose una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficaces, con un equilibrio entre todas las fuentes energéticas (combustibles de origen fósil y de origen no fósil). El escenario A2 describe un mundo muy heterogéneo, con altas emisiones de GEI, en el cual los índices de natalidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea una disminución constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios.

De acuerdo con los resultados obtenidos, para las climatologías 2020, 2050 y 2080 en la zona estudiada, se proyectaron aumentos de la temperatura media anual desde 0.6°C hasta 4.1°C. En el caso de la precipitación, las proyecciones analizadas muestran una tendencia a la disminución de las lluvias, con un rango muy amplio de variabilidad, lo cual generan mayor incertidumbre en cuanto a la valoración de la vulnerabilidad de los sectores relacionados con el agua. Se puede observar que el escenario A2 es el que presenta los cambios máximos en las variables de temperatura y precipitación, lo que a la vista de las emisiones actuales nos ha colocado, como humanidad, en la realidad de escenarios más drásticos como es el A1FI que considera mayores emisiones. Por lo tanto, es importante entender que las proyecciones del escenario A2, se encuentran subestimadas por el aumento registrado recientemente en la concentración de CO<sub>2</sub> en algunos sitios de observación y monitoreo como el observatorio de Mauna Loa, Hawaii (Scripps CO<sub>2</sub> Program, 2013).

El escenario climático A1B, obtenido para la región que comprende el destino turístico de Mazatlán, mostró que es probable que la temperatura media anual aumente hasta 1.5°C para el 2020, aumento que pudiera ser continuo y alcanzar los 3.7°C para el 2080 (Tabla 2, Figura 6). El escenario climático A2 también mostró un claro aumento de la temperatura media anual, pudiendo alcanzar hasta 1.4°C más para el 2020, y continuar aumentando hasta 4.1°C más para el 2080 (Tabla 2, Figura 6). En cuanto a la confiabilidad de los modelos de temperatura puede observarse que la dispersión es baja (de 0.5°C a 0.7°C en el escenario A1B y de 0.4°C a 0.7°C en el escenario A2), por lo que la probabilidad de que estos modelos se cumplan es alta.

**Tabla 2.** Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Mazatlán

TEMPERATURA (°C)	ESCENARIO A1B			TEMPERATURA (°C)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalía	1.1	2.1	3	Anomalía	1	2	3.4
Dispersión	0.5	0.6	0.7	Dispersión	0.4	0.5	0.7
Rango de cambio (±)	1.5	2.7	3.7	Rango de cambio (±)	1.4	2.5	4.1
	0.6	1.5	2.3		0.6	1.4	2.8



**Figura 6.** Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Mazatlán

Para el caso de la precipitación, que es una variable más complicada debido a los elevados rangos de variabilidad que presenta, la tendencia es a disminuir, en ambos escenarios, principalmente en el A2, sin embargo existe una mayor incertidumbre en cuanto al comportamiento futuro de esta variable. El escenario climático A1B mostró que es probable que la precipitación media anual disminuya hasta en un 15.9% en la climatología del 2080, mientras que en el escenario A2, esta disminución podría ser de hasta 20.7% para ese mismo periodo (Tabla 3, Figura 7).

**Tabla 3.** Cambio Porcentual de la Precipitación Media Anual (%) en Mazatlán

Precipitación (%)	ESCENARIO A1B			Precipitación (%)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalía	-3.9	-5.2	-5.2	Anomalía	-5.8	-7.3	-9
Dispersión	9.2	9.5	10.8	Dispersión	8.6	10.2	11.6
Rango de cambio (±)	5.3	4.3	5.6	Rango de cambio (±)	2.8	2.9	2.6
	-13.1	-14.6	-15.9		-14.4	-17.5	-20.7

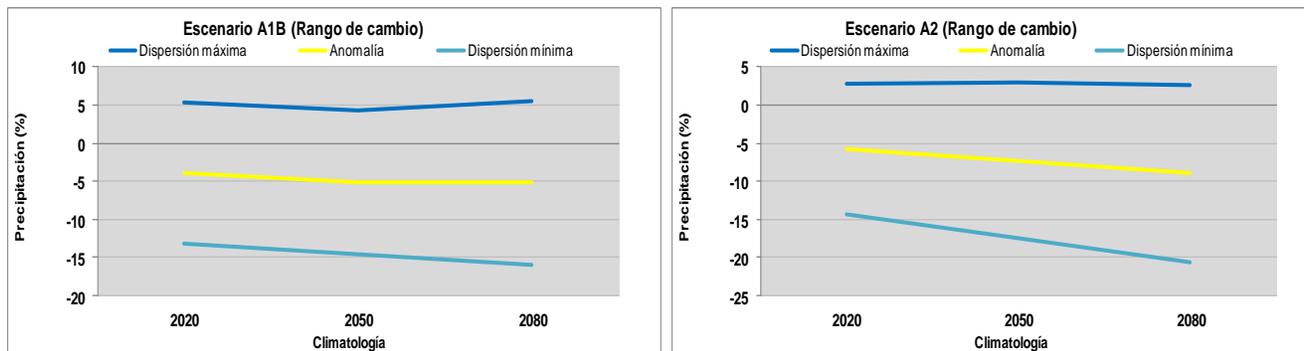


Figura 7. Rango de cambio en la Precipitación Media Anual (%) en Mazatlán

## 2. AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

Para el caso de Mazatlán se consideró una variación del nivel del mar por cambio climático de 3 mm/año (Figura 8), valor que arroja la modelación mundial a partir de los escenarios de cambio climático (MAGICC, 2009), ya que localmente existen factores geológicos que alteran el rango de variación del nivel del mar, como lo son los fenómenos de hundimiento o procesos acumulativos.

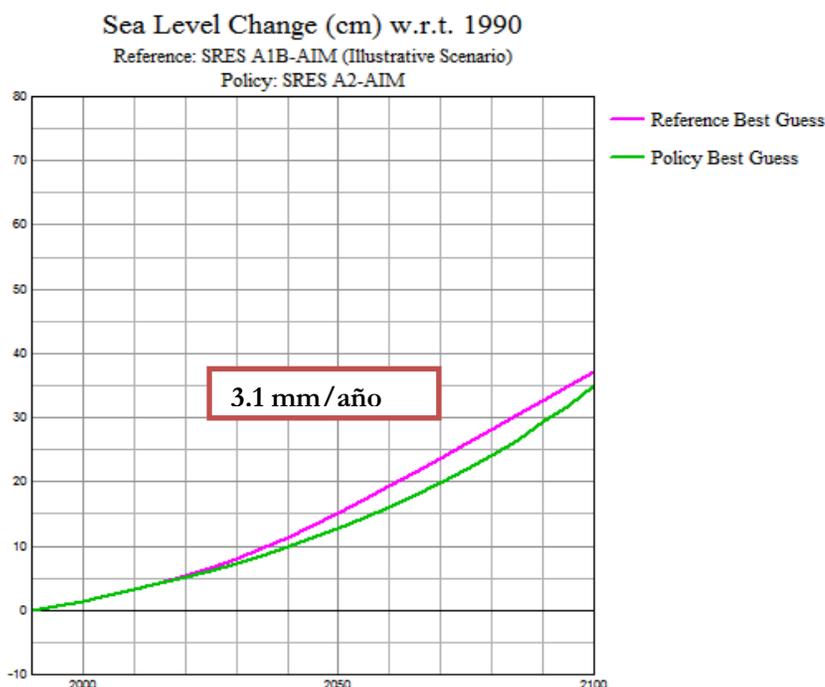


Figura 8. Gráfica del cambio del nivel del mar en cm, de 1990 a 2100

### 3. EROSIÓN COSTERA

Una de las zonas más dinámicas dentro del litoral son las playas, donde existe un continuo intercambio de sedimentos debido al transporte litoral y al aporte continental y/o marino. Para evaluar los procesos de erosión en las playas del destino turístico de Mazatlán se realizó un análisis del cambio de la línea de costa a partir de imágenes de satélite de los últimos 13 años. El sedimento (arena) que se mueve de un sitio, se deposita en otro, de esta forma se presentan dos procesos sedimentarios en las playas: la acreción o depósito y la erosión o pérdida de playa.

Los resultados del estudio de la erosión y acreción en Mazatlán mostraron una tasa de erosión de 1.08 m/año (Tabla 4), lo cual indica un predominio de los procesos erosivos sobre los de acumulación.

**Tabla 4.** Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de Mazatlán

Destino Turístico	Año inicial	Año final	Intervalo (años)	Desplazamiento total promedio (m)	Tasa de erosión-acreción (m/año)
<b>MAZATLÁN</b>	1999	2012	13	-14.08	-1.08

Mazatlán presenta procesos de erosión-acreción (Figura 9). En la zona de estudio se registraron sitios críticos de erosión con pérdidas de hasta 4.7 m/año como es el caso de la Playa Isla de la Piedra (Punto 6) (Tabla 5, Figura 10), donde el transporte litoral ha sido interrumpido por la escollera del Puerto, ocasionando el punto crítico de mayor erosión.

La parte norte de Mazatlán, hacia playa Cerritos, muestra tasas de erosión entre 3 y 4 m/año (Tabla 5), lo que la hace una zona vulnerable a la fuerte acción del oleaje por estar en mar abierto.

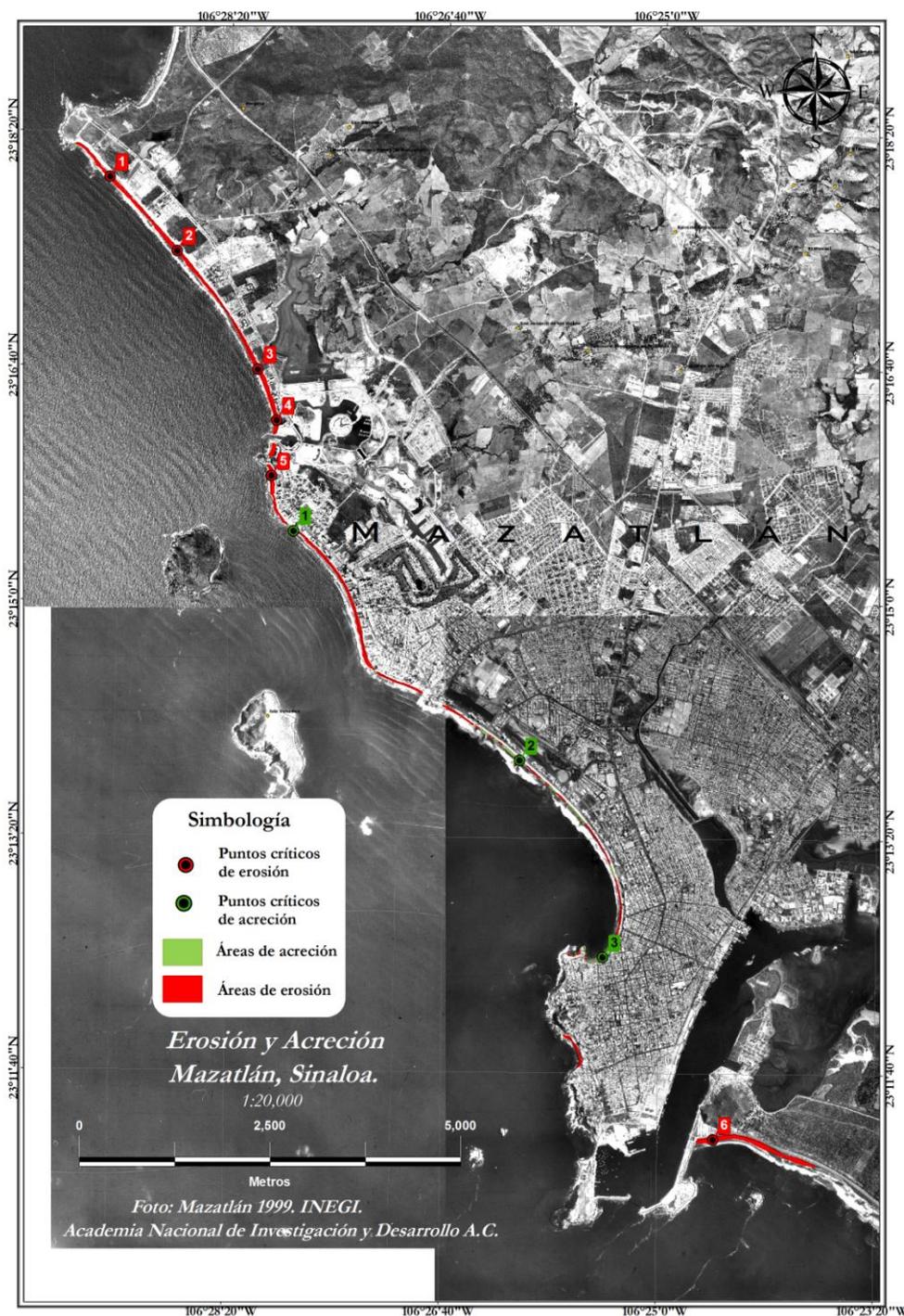
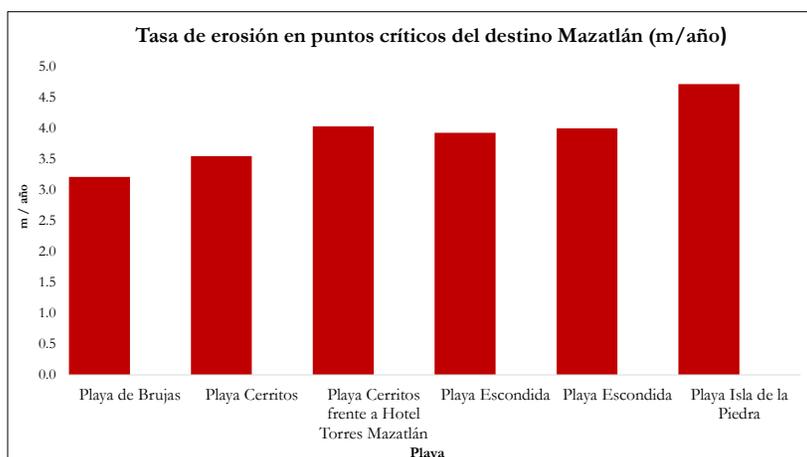


Figura 9. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en el destino turístico de Mazatlán

**Tabla 5.** Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión del destino turístico de Mazatlán

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Erosión Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Erosión Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Mazatlán	1	Playa de Brujas	347855.009	2577525.05	41.7	13	3.2
	2	Playa Cerritos	348734.564	2576551.08	46.1	13	3.5
	3	Playa Cerritos frente a Hotel Torres Mazatlán	349791.269	2574997.45	52.4	13	4.0
	4	Playa Escondida	350031.462	2574325.82	51.0	13	3.9
	5	Playa Escondida	349969.271	2573597.99	52.0	13	4.0
	6	Playa Isla de la Piedra	355746.249	2564878.32	61.3	13	4.7

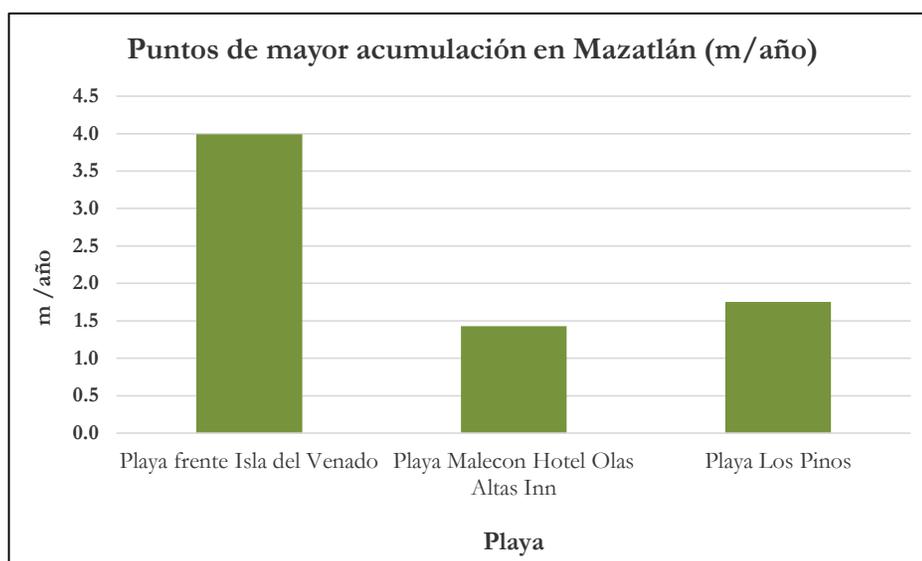


**Figura 10.** Tasa de erosión en puntos críticos del destino turístico de Mazatlán

La playa localizada frente a Isla del Venado (Punto1) presentó la tasa de acreción más alta, con un valor de 4.0 m/año (Tabla 6, Figura 11), debido a la protección que le brinda la isla y a un rompeolas que se colocó en dicha playa.

**Tabla 6.** Tasa de acreción promedio anual en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Mazatlán

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Acreción Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Acreción Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Mazatlán	1	Playa frente Isla del Venado	350254.53	2572874.92	51.9	13	4.0
	2	Playa Malecón Hotel Olas Altas Inn	353216.796	2569859.29	18.6	13	1.4
	3	Playa Los Pinos	354304.786	2567273.93	22.8	13	1.8



**Figura 11.** Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Mazatlán

#### 4. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA

El indicador de inundación por marea de tormenta (IIMT) en Mazatlán se determinó a partir de la máxima amplitud de marea de tormenta registrada para el destino que fue de 5.3 m (Tabla 7) (CENAPRED, 2001). El área más vulnerable a las inundaciones por marea de tormenta, corresponde a la zonas aledañas al estero Urias, donde la topografía es muy baja (Figura 12).

**Tabla 7.** Variables para la estimación de la inundación causada por marea de tormenta en el destino turístico de Mazatlán

Datos para la estimación de amenaza y vulnerabilidad ante huracanes y tormentas tropicales en Mazatlán, Sinaloa.				
Localidad	Categ. huracán	Amplitud marea tormenta (m)	Tiempo de retorno años	Probabilidad anual
Mazatlán	H5	7.3	0	0%
	H4	5.3	57	5%
	H3	4.1	33.7	7%
	H2	3.2	19.6	8%
	H1	2.6	10.7	16%
	TT	2.4	5.6	32%
	DT	1.3	3.8	32%

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

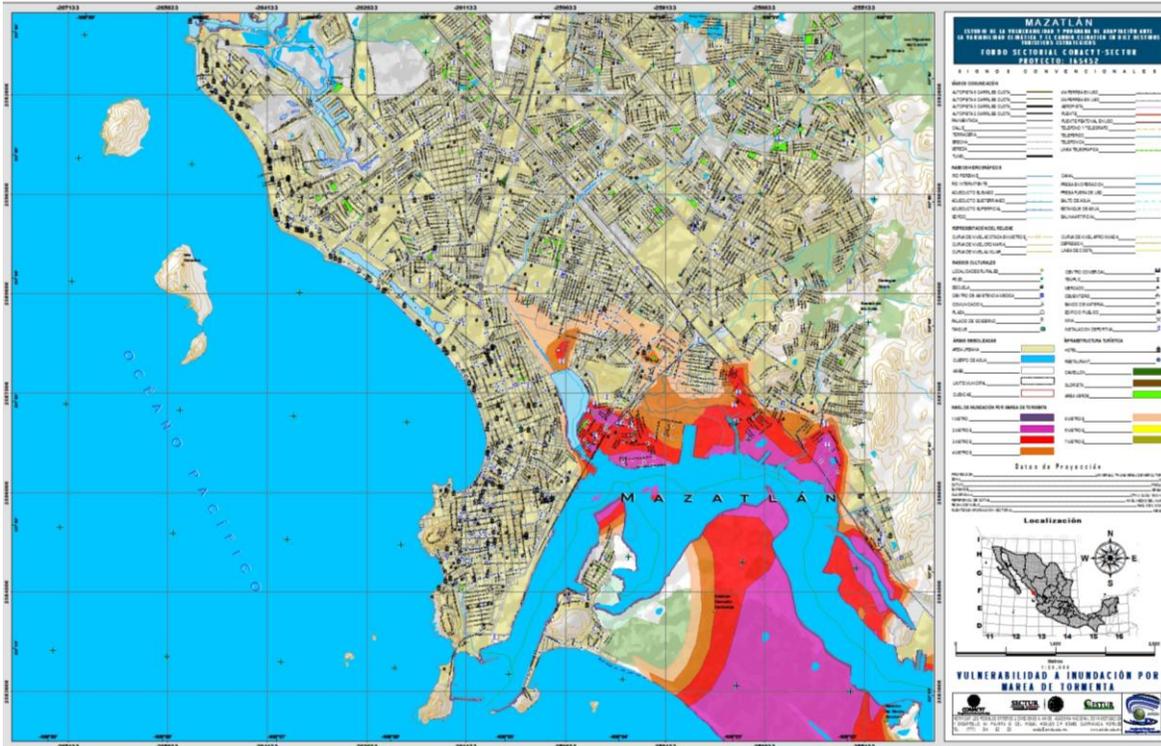


Figura 12. Zonas vulnerables a inundación por marea de tormenta en el destino turístico Mazatlán

## 5. INUNDACIÓN FLUVIAL

Uno de los efectos de las precipitaciones extremas son las inundaciones por el desbordamiento de los cauces fluviales, por lo que en Mazatlán se estimó la inundación fluvial ante lluvias extremas (Tabla 8).

**Tabla 8.** Parámetros hidrológicos e indicador por inundación fluvial para el destino turístico de Mazatlán

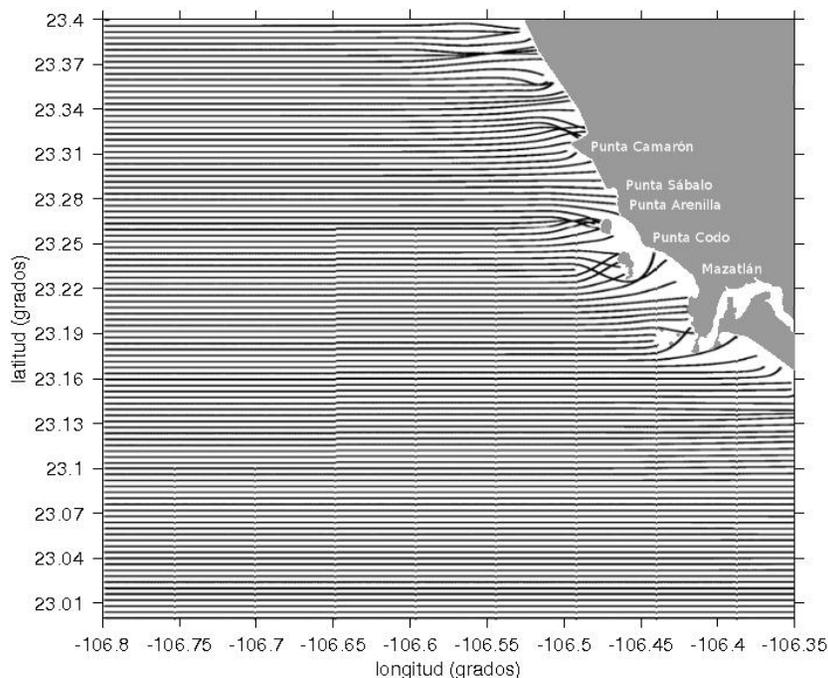
Cauce	Tiempo de concentración $t_c$ (h)	Precipitación ( $t_c$ /mm)	Intensidad (mm/h)	Caudal pico en $t_c$ ( $m^3/s$ )	Área de sección requerida ( $m^2$ )	Dimensiones requeridas en la sección (m)	
						Ancho	Profundidad
A. Jabalines (tramo10)	2.17	233.49	107.82	27.61	24.01	15.00	1.60
A. Jabalines (tramo11)	3.58	268.20	75.00	82.30	74.06	60.00	1.23
A. Jabalines (tramo12)	1.84	222.30	120.66	153.83	113.77	100.00	1.14
A. Jabalines (tramo13)	2.94	254.61	86.65	98.72	78.39	50.00	1.57
A. Jabalines (tramo14)	4.39	282.39	64.34	147.74	121.79	100.00	1.22
Rio Presidio (tramo3)	1.92	225.10	117.34	126.19	87.15	65.00	1.34
Rio Presidio (tramo5)	3.94	275.00	69.71	98.84	73.33	60.00	1.22
Rio Presidio (tramo6)	6.04	304.48	50.42	114.16	86.07	65.00	1.32
Rio Presidio (tramo8)	6.76	312.33	46.17	146.14	112.67	100.00	1.13
Rio Presidio (tramo9)	1.74	218.28	125.56	83.77	52.08	45.00	1.16
Rio Presidio (tramo10)	8.81	330.60	37.54	163.27	130.69	100.00	1.31
Rio Presidio (tramo11)	9.62	336.74	34.99	206.2	166.19	100.00	1.66

CATEGORÍA DE LA AMENAZA POTENCIAL DE LA CORRIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS ( $m^3 s^{-1}$ )			
MUY ALTO	> 100	MEDIO - BAJO	10.1 - 30
ALTO	70.1 - 100	BAJO	5.0 - 10.0
MEDIO - ALTO	50.1 - 70	MUY BAJO	< 5
MEDIO	30.1 - 50		

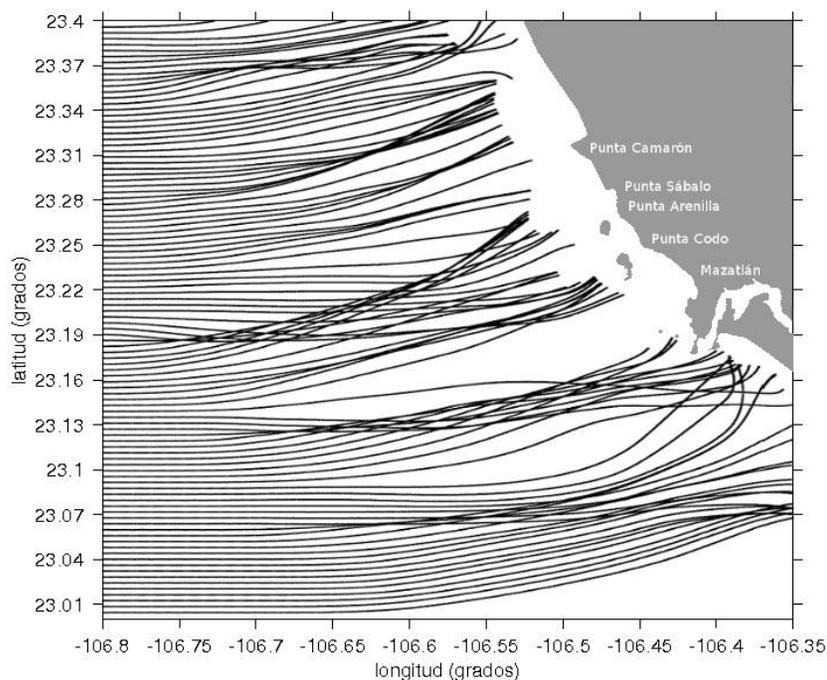
## 6. REFRACCIÓN DEL OLEAJE

Para el análisis de la refracción del oleaje en el destino turístico de Mazatlán, los periodos que se analizaron fueron los de 7 segundos, que representan un oleaje de poca energía y de generación local, esencialmente sistemas de brisa (Figura 13). El oleaje de 12 segundos, considerado de alta energía, puede ser el representativo por su relativa alta frecuencia de ocurrencia. Los oleajes con periodos de 16 y 22 segundos son también de alta energía, y llegan a presentarse en la zona (Figura 14), sin embargo su frecuencia de ocurrencia es relativamente menor (p. ej. el oleaje generado por un huracán, medianamente lejano, estacionado o que se dirija perpendicular a la costa de Mazatlán). Las consecuencias de estos últimos serían muy desfavorables.

El oleaje de 4 y 7 segundos, es generado localmente por el sistema de brisa, y sólo se observa poca concentración de energía (oleaje alto) en la zona norte de Punta Camarón y en la parte exterior de Isla Pájaros; mientras que los oleajes con periodos de 12, 16 y 22 segundos se observan en zonas alternadas de concentración y disminución de la energía, en la proximidad de la línea de costa. Los oleajes de 12 y 16 segundos ingresan a la bahía de Mazatlán con cierta concentración de energía, para incidir en el frente de la playa del Hotel Posada Los Tabachines, al sur de Punta Codo; en la zona sureste de la boca del puerto, frente al Hotel María Coral se observa una importante concentración de energía.



**Figura 13.** Comportamiento de ortogonales de oleaje en Mazatlán, provenientes de la dirección oeste (W), con periodo de 7 segundos



**Figura 14.** Comportamiento de ortogonales de oleaje en Mazatlán, proveniente de la dirección oeste (W), con periodo de 22 segundos, generalmente asociado a huracanes

### III. VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física del destino turístico de Mazatlán se evaluó a partir del estudio de las amenazas de erosión costera, aumento del nivel medio del mar, marea de tormenta e inundación fluvial, para lo cual fue necesario determinar la dinámica costera por medio de un estudio complejo e integral de diferentes factores geológicos y oceanográficos. Esta metodología comprendió el análisis del cambio de 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, la determinación del tipo de sedimentos de playa, y un modelo hidrodinámico (refracción del oleaje).

#### 1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA

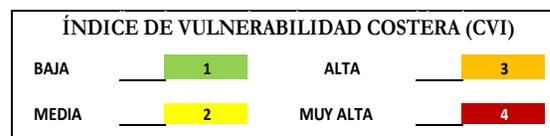
En el destino turístico de Mazatlán, el índice de vulnerabilidad costera (CVI) se calculó para las siguientes playas: Playa Holiday Inn, Playa Malecón Lobos Marinos, Playa Malecón Hotel Olas Altas y Playa Malecón Olla Cerveza Pacífico, con las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas presentes en la Tabla 9, determinando la ponderación de las mismas para obtener el CVI. Los resultados obtenidos para estas playas fue un CVI de categoría alta (Tabla 10, Figura 15). La categoría alta en las playas monitoreadas, se debe a que están expuestas, en su parte sur, además de que sus pendientes son suaves, de 7° aprox., y tienen una altura promedio de 1.8 metros, lo que hace que se eleve el riesgo potencial de aumento del nivel del mar.

**Tabla 9.** Valores de las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas del destino turístico Mazatlán

Playa	Tasa de erosión/acreción (m/año)	Distancia por elevación del nivel del mar (m)	Pendiente media (%)	Altura media (m)	Oleaje significativo medio (m)	Tasa de cambio del nivel relativo del mar (mm/año)	Rango mareal medio (m)
Playa Holiday Inn	-1.6	70	8.1	1.8	2 a 3	3	2.3
Playa Malecón Lobos Marinos	-0.4	60	9.5	1.9	2 a 3	3	2.3
Playa Malecón Hotel Olas Altas	-0.6	51	9.8	1.7	2 a 3	3	2.3
Playa Malecón Olla Cerveza Pacífico	-0.6	115	7.3	2.7	2 a 3	3	2.3

**Tabla 10.** Valores de ponderación y del índice de vulnerabilidad costera en playas del destino turístico Mazatlán

Playa	Geología/ Geomorfología	Tasa de erosión/acr ción	Índice topográfico	Oleaje significativo medio	Tasa de cambio del nivel relativo del mar	Rango mareal medio	CVI
Playa Holiday Inn	3 (moderado)	4 (alto)	2 (bajo)	5 (muy alto)	3 (moderado)	4 (alto)	3 Alta
Playa Malecón Lobos Marinos	3 (moderado)	3 (moderado)	2 (bajo)	5 (muy alto)	3 (moderado)	4 (alto)	3 Alta
Playa Malecón Hotel Olas Altas	3 (moderado)	3 (moderado)	2 (bajo)	5 (muy alto)	3 (moderado)	4 (alto)	3 Alta
Playa Malecón Olla Cerveza Pacífico	3 (moderado)	3 (moderado)	2 (bajo)	5 (muy alto)	3 (moderado)	4 (alto)	3 Alta



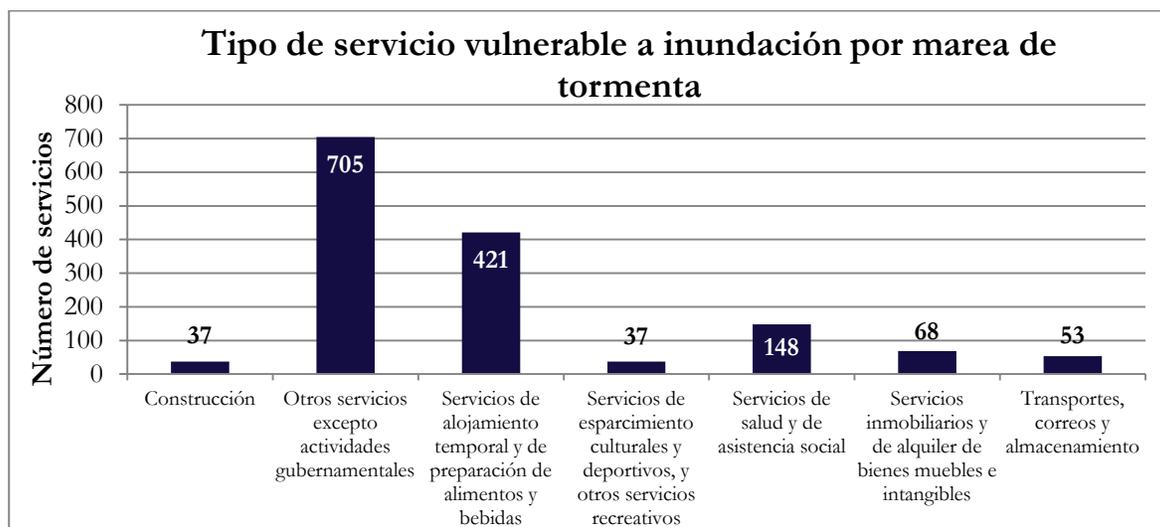
**Figura 15.** Índice de vulnerabilidad costera en playas representativas del destino turístico de Mazatlán

## 2. INDICADOR DE INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA

Al cruzar las zonas vulnerables a 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 inundación, que abarca desde el nivel del mar hasta los 7 metros (Tabla 11). Los establecimientos que brindan “otros servicios excepto actividades gubernamentales” son los que, por el momento, tienen mayor cantidad de locales ubicados entre los 1 y 7 m de altura (705), seguidos de los establecimiento que brindan servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (421) y servicios de salud y asistencia social (148) (Figura 16).

**Tabla 11.** Tipo de establecimientos vulnerables a inundación por marea de tormenta para el destino turístico de Mazatlán

Mazatlán										
Tipo de servicio	Número de servicios	Buffer 1000 m	Marea de tormenta (m)							TOTAL
			1	2	3	4	5	6	7	
Construcción	161	82	3	0	3	3	7	8	13	37
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	2871	822	10	27	49	34	173	236	176	705
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	2065	898	0	21	37	15	88	131	129	421
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	245	116	2	0	3	4	8	10	10	37
Servicios de salud y de asistencia social	932	536	0	1	3	5	47	51	41	148
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	365	181	2	0	4	4	16	22	20	68
Transportes, correos y almacenamiento	192	79	1	2	10	4	15	7	14	53
<b>Total</b>	<b>6831</b>	<b>2714</b>	<b>18</b>	<b>51</b>	<b>109</b>	<b>69</b>	<b>354</b>	<b>465</b>	<b>403</b>	<b>1469</b>



**Figura 16.** Número de establecimientos, según los servicios que brindan, acumulados en el rango de 0 a 7 m de altura, vulnerables a inundación por marea de tormenta para el destino turístico de Mazatlán

### 3. INDICADOR DE INUNDACIÓN FLUVIAL

De acuerdo con los resultados obtenidos, el arroyo Jabalines, el río Presidio y el río que desemboca a la Marina Mazatlán, son los más vulnerables a desbordarse e inundar sus riberas (Tabla 12).

**Tabla 12.** Parámetros para la estimación del Indicador de Inundación Fluvial para el destino turístico de Mazatlán

Cauce	Caudal pico en $t_c$ (m <sup>3</sup> /s)	Área de sección requerida (m <sup>2</sup> )	Dimensiones requeridas en la sección (m)		IIF
			Ancho	Profundidad	
A. Jabalines (tramo10)	27.61	24.01	15.00	1.60	Medio Bajo
A. Jabalines (tramo11)	82.30	74.06	60.00	1.23	Medio Alto
A. Jabalines (tramo12)	153.83	113.77	100.00	1.14	Muy Alto
A. Jabalines (tramo13)	98.72	78.39	50.00	1.57	Alto
A. Jabalines (tramo14)	147.74	121.79	100.00	1.22	Muy Alto
Río Presidio (tramo3)	126.19	87.15	65.00	1.34	Muy Alto
Río Presidio (tramo5)	98.84	73.33	60.00	1.22	Alto
Río Presidio (tramo6)	114.16	86.07	65.00	1.32	Muy Alto
Río Presidio (tramo8)	146.14	112.67	100.00	1.13	Muy Alto
Río Presidio (tramo9)	83.77	52.08	45.00	1.16	Medio Alto
Río Presidio (tramo10)	163.27	130.69	100.00	1.31	Muy Alto
Río Presidio (tramo11)	206.2	166.19	100.00	1.66	Muy Alto

La zona costera del municipio de Mazatlán tiene un riesgo muy alto de inundación, mientras que la zona alejada de la costa tiene un riesgo medio por estar más alto topográficamente (SEGOB-CENAPRED, 2001). El mayor riesgo de inundación por desbordamiento en lluvias, fue el arroyo Jabalines, que atraviesa toda la ciudad de Mazatlán y desemboca en el estero Urias, afectando la zona urbana y turística (Figura 17).



Figura 17. Áreas de inundación fluvial del arroyo Jabalines en el destino turístico de Mazatlán.

#### 4. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA

El índice de vulnerabilidad física (IVF) se determinó considerando el índice de vulnerabilidad costera (CVI) para las playas representativas del destino, el indicador de inundación por marea de tormenta (IIMT) y el indicador por inundación fluvial para los principales ríos (IIF) (Tabla 13).

**Tabla 13.** Índices e indicadores utilizados en la determinación del índice de vulnerabilidad física

Playa	Índice de vulnerabilidad costera	Río	Indicador de inundación fluvial	Localidad	Indicador de inundación por marea de tormenta
Playa Holiday Inn	Alta	Río Presidio	Muy alta	Ribera del estero Urias	Muy alta
Playa Malecón Lobos Marinos	Alta	Marina Mazatlán	Muy alta		
Playa Malecón Hotel Olas Altas	Alta	Arroyo Jabalines	Muy alta		
Playa Malecón Olla Cerveza Pacífico	Alta				

Finalmente, al integrar los índices e indicadores anteriormente descritos, se determinó el Índice de Vulnerabilidad Física (IVF) para el destino turístico de Mazatlán, resultando un IVF de categoría muy alta (Tabla 14), debido a su geomorfología de planicie costera con playas extensas, pendientes suaves y relativa baja altura con respecto al nivel medio del mar.

**Tabla 14.** Índice de Vulnerabilidad Física para el destino turístico Mazatlán

Destino	Índice de vulnerabilidad costera	Indicador de inundación por marea de tormenta	Indicador de inundación fluvial	Índice de vulnerabilidad física
Mazatlán	3 Alta	4 Muy alta	4 Muy alta	4 Muy alta

#### IV. VULNERABILIDAD SOCIAL

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Mazatlán, se presentan a continuación, para cada indicador de vulnerabilidad social.

##### 1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD

Para determinar la situación imperante en el municipio de Mazatlán 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. En la Tabla 15 se presentan los instrumentos normativos con los que cuenta el municipio, a partir de los cuales se construyó el Indicador de gobernabilidad.

**Tabla 15.** Instrumentos normativos con los que cuenta el municipio de Mazatlán

Instrumento	SI	NO
1. Reglamento municipal en materia de protección civil	X	
2. Atlas Municipal de Riesgos (no está disponible)	X	
3. Programa de protección civil		X
4. Plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos		X
5. Identificación de refugios y albergues necesarios (el listado no está disponible)		X
6. Instrumento financiero para enfrentar daños por desastres (propuesta del Alcalde Higuera Osuna a través del predial)		X
7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y prevención de riesgos (entre el Gobierno del Estado de Sinaloa, el Consejo Estatal de Seguridad Pública del Estado y los Ayuntamientos de los Municipios del Estado de Sinaloa)		X
8. Plan de desarrollo urbano municipal	X	
9. Reglamento municipal de construcción	X	
10. Reglamentación sobre uso de suelo orientados a la prevención y reducción de riesgos		X
11. Programa de ordenamiento ecológico local		X
12. Programa de Adaptación Climática Municipal (PACMUN en elaboración)		X
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>Valor normalizado</b>	<b>0.33</b>	

## 2. INDICADOR DE EXPOSICIÓN

Este indicador se construyó a partir del cruce de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, con los resultados de áreas vulnerables a inundación por marea de tormenta, en caso de fenómenos hidrometeorológicos extremos. El indicador refleja el porcentaje de establecimientos que brindan servicios al sector turístico en zonas de riesgo, el cual fue de 54.13% para el municipio de Mazatlán. Es decir, de la totalidad de los establecimientos de la zona de estudio (en un buffer de 1000 metros a partir de la línea de costa), el 54.13% quedaría dentro del área expuesta en caso de un evento máximo de inundación por marea de tormenta. Al normalizar el valor para la zona de estudio, se obtuvo un Indicador de Exposición igual a 0.46.

## 3. INDICADOR DE PERCEPCIÓN CIUDADANA SOBRE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS AUTORIDADES

En el Indicador de percepción ciudadana, que está construido a partir de los resultados de las encuestas de percepción social, con preguntas sobre qué tanto la población considera que la autoridad municipal está preparada para atender eventos hidrometeorológicos extremos, arrojó los valores que se muestran en la Tabla 16 para el municipio de Mazatlán.

**Tabla 16.** Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Mazatlán

Pregunta	Calificación
¿Sabe a quién acudir en caso de emergencia o desastre hidrometeorológico?	0.71
¿Cree que Protección Civil cuenta con infraestructura y capacitación para atender un desastre?	0.52
¿Cree que el gobierno municipal está preparado para atender una emergencia?	0.44
¿Recibe apoyo la población en caso de desastre?	0.86
<b>Valor normalizado</b>	<b>0.63</b>

## 4. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL

El Indicador de cohesión social se evaluó a partir de preguntas de las encuestas realizadas en cada destino turístico, las cuales proporcionaron información del sentido de pertenencia y de la disposición de la población para participar en acciones para disminuir el efecto de fenómenos hidrometeorológicos. Esto permitió saber qué tan dispuesta está la población para realizar acciones, en caso de ser necesario, y si existe o se identifica la organización social formal en los municipios. En el municipio de Mazatlán se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Indicador de cohesión social para el municipio de Mazatlán

Pregunta	Calificación
¿Piensa usted quedarse a residir definitivamente en este municipio?	0.72
¿Participaría en acciones para disminuir el efecto de eventos hidrometeorológicos?	0.93
¿Estaría dispuesto a realizar cambios constructivos en su vivienda para disminuir los efectos de fenómenos hidrometeorológicos?	0.97
¿Conoce organizaciones civiles involucradas en protección civil, derechos humanos, protección al ambiente, etc.?	0.31
<b>Valor normalizado</b>	<b>0.73</b>

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

El Indicador de capacidad de respuesta del sector salud se utilizó para saber si los municipios tienen la capacidad para atender a su población, así como para conocer, en caso contrario, qué tanto falta desarrollar para cumplir con un estándar considerado óptimo de acuerdo con la OMS, que establece que el número ideal de médicos por cada 10, 000 habitantes es de 25. Para este indicador se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 18 para el municipio de Mazatlán.

**Tabla 18.** Indicador de capacidad de respuesta del sector salud para el municipio de Mazatlán

Indicador	Número de médicos por cada 1000 habitantes	Valor normalizado
Personal médico de las Instituciones públicas del sector salud entre la población total municipal*.	1.52	0.61

\*Fuente: INEGI, 2010

## 6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

El Índice de Vulnerabilidad Social obtenido para el municipio de Mazatlán arrojó un valor de 0.55 (Tabla 19), el cual está dentro del rango poco vulnerable. Para disminuir esta vulnerabilidad se requiere, además de la implementación de las propuestas de medidas de adaptación (ver Sección XXII), atender los aspectos relacionados con el desarrollo de los instrumentos normativos faltantes, en el contexto de atención al cambio climático y la gestión integral del riesgo.

**Tabla 19.** Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Mazatlán

Indicador	Calificación
1. Indicador de gobernabilidad	0.33
2. Indicador de exposición	0.46
3. Indicador de percepción ciudadana	0.63
4. Indicador de cohesión social	0.73
5. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud	0.61
<b>Índice de Vulnerabilidad</b>	<b>0.55</b>

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

## V. PROPUESTA DE PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La propuesta del programa de adaptación al cambio climático para el destino turístico de Mazatlán, se realizó con base en los resultados obtenidos del análisis de las amenazas y de la propia vulnerabilidad del destino. La propuesta inicial fue posteriormente trabajada y validada en el taller de análisis de medidas de adaptación, en el cual participaron autoridades de los distintos niveles de gobierno y representantes de las organizaciones relacionadas con la actividad turística, así como representantes de organizaciones civiles.

Para consultar el programa de adaptación al cambio climático para el destino turístico de Mazatlán, ver Sección XXII del presente informe final.