

**“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 IV

VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO RIVIERA MAYA



FONDO SECTORIAL CONACYT-SECTUR
PROYECTO Clave: 165452

SECCIÓN IV. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO RIVIERA MAYA

ÍNDICE

I. CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA	5
1. MORFOLOGÍA DE LA ZONA LITORAL	5
2. BATIMETRÍA DE LA ZONA MARINA.....	9
3. CLIMA DEL OLEAJE	11
II. AMENAZAS	12
1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.....	12
2. AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR.....	14
3. EROSIÓN COSTERA.....	15
4. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA	24
5. INUNDACIÓN FLUVIAL	26
6. REFRACCIÓN DEL OLEAJE	26
III. VULNERABILIDAD FÍSICA	28
1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA	28
2. INDICADOR DE INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA.....	31
3. INDICADOR POR LLUVIAS EXTREMAS	31
4. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA	31
IV. VULNERABILIDAD SOCIAL	33
MUNICIPIO DE TULUM, Q.ROO.....	33
1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD.....	33
2. INDICADOR DE EXPOSICIÓN	33
3. INDICADOR DE PERCEPCIÓN CIUDADANA SOBRE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS AUTORIDADES	34
4. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL.....	34
5. INDICADOR DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SECTOR SALUD	35
6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL	35
MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, Q. ROO	36
7. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD.....	36
8. INDICADOR DE EXPOSICIÓN	36
9. INDICADOR DE PERCEPCIÓN CIUDADANA SOBRE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS AUTORIDADES	37
10. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL.....	37
11. INDICADOR DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SECTOR SALUD	38
12. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL	38
V. PROPUESTA DE PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Cancún y Riviera Maya.....	13
Tabla 2. Cambio Porcentual de la Precipitación Media Anual (%) en Cancún y Riviera Maya	13
Tabla 3. Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de la Riviera Maya	15
Tabla 4. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión en Puerto Morelos, Riviera Maya	16
Tabla 5. Tasa de acreción promedio anual en puntos críticos de mayor acreción en Puerto Morelos, Riviera Maya.	17
Tabla 6. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión en Playa del Carmen, Riviera Maya.	19
Tabla 7. Tasa de acreción promedio anual en puntos críticos de mayor acreción en Playa del Carmen, Riviera Maya	20
Tabla 8. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión en Akumal, Riviera Maya.....	22
Tabla 9. Tasa de acreción promedio anual en puntos de mayor acumulación en Akumal, Riviera Maya	23
Tabla 10. Variables para la estimación de la inundación causada por marea de tormenta en el destino turístico Riviera Maya.....	24
Tabla 11. Valores de las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas del destino turístico Riviera Maya...	28
Tabla 12. Valores de ponderación y del índice de vulnerabilidad costera en playas del destino turístico Riviera Maya	29
Tabla 13. Índices e indicadores utilizados en la determinación del índice de vulnerabilidad física	31
Tabla 14. Índice de Vulnerabilidad Física para el destino turístico Riviera Maya.....	32
Tabla 15. Instrumentos normativos con los que cuenta el municipio de Tulum	33
Tabla 16. Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Tulum.....	34
Tabla 17. Indicador de cohesión social para el municipio de Tulum	34
Tabla 18. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud para el municipio de Tulum	35
Tabla 19. Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Tulum.....	35
Tabla 20. Instrumentos normativos con los que cuenta el municipio de de Solidaridad.....	36
Tabla 21. Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Solidaridad.....	37
Tabla 22. Indicador de cohesión social para el municipio de Solidaridad.....	37
Tabla 23. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud para el municipio de Solidaridad	38
Tabla 24. Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Solidaridad.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las playas monitoreadas en el destino turístico de la Riviera Maya.....	6
Figura 2. Topografía de Puerto Morelos en el destino turístico Riviera Maya	7
Figura 3. Topografía de Playa del Carmen en el destino turístico Riviera Maya.....	7
Figura 4. Topografía de Akumal en el destino turístico Riviera Maya.....	8
Figura 5. Perfiles batimétricos de la línea de costa hacia mar adentro, en el destino turístico de Riviera Maya	9
Figura 6. Batimetría a detalle frente a Playa del Carmen.....	10
Figura 7. Perfil del sistema arrecifal de Puerto Morelos, Riviera Maya (Tomado de Alva-Basurto, 2007).....	10
Figura 8. Perfil del Sistema Arrecifal de Akumal, Riviera Maya (Tomado de Alva-Basurto, 2007).....	11
Figura 9. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Cancún y Riviera Maya	13
Figura 10. Rango de cambio en la Precipitación Media Anual (%) en Cancún y Riviera Maya	14
Figura 11. Gráfica del cambio del nivel del mar en cm, de 1990 a 2100.....	14
Figura 12. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en Puerto Morelos, Riviera Maya.....	16
Figura 13. Tasa de erosión en puntos críticos de Puerto Morelos, Riviera Maya.....	17
Figura 14. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación en Puerto Morelos, Riviera Maya.....	17
Figura 15. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en Playa del Carmen, Riviera Maya	18
Figura 16. Tasa de erosión en puntos críticos de Playa del Carmen, Riviera Maya	19
Figura 17. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación en Playa del Carmen, Riviera Maya	20
Figura 18. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en Akumal, Riviera Maya	21
Figura 19. Tasa de erosión en puntos críticos de Akumal, Riviera Maya	22
Figura 20. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación en Akumal, Riviera Maya	23
Figura 21. Zonas vulnerables a inundación por marea de tormenta en Punta Maroma, Riviera Maya	25
Figura 22. Zonas vulnerables a inundación por marea de tormenta al sur de Akumal, en la Riviera Maya	25
Figura 23. Comportamiento de ortogonales de oleaje en la zona de Playa del Carmen, provenientes de la dirección NE, con periodo de 8 segundos	26
Figura 24. Comportamiento de ortogonales de oleaje en la zona de Playa del Carmen, provenientes de la dirección S con periodo de 12 segundos.....	27
Figura 25. Índice de vulnerabilidad costera en Puerto Morelos, del destino turístico Riviera Maya	29
Figura 26. Índice de vulnerabilidad costera en Playa del Carmen, del destino turístico Riviera Maya	30
Figura 27. Índice de vulnerabilidad costera en Akumal, del destino turístico Riviera Maya	30

SECCIÓN IV. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO RIVIERA MAYA

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

La unidad fisiográfica en la que se encuentra la Riviera Maya, corresponde al banco calcáreo de la Península de Yucatán, en un estrato sólido de calizas con fuerte proceso de karstificación y un característico plano y bajo relieve con playas y caletas rocosas.

En la Riviera Maya se realizó un monitoreo, donde se seleccionaron 3 sitios representativos que fueron: Puerto Morelos al norte, Playa del Carmen al centro y Akumal al sur (Figura 1). En cada una de ellos se efectuó un levantamiento topográfico de dos o tres de sus playas.

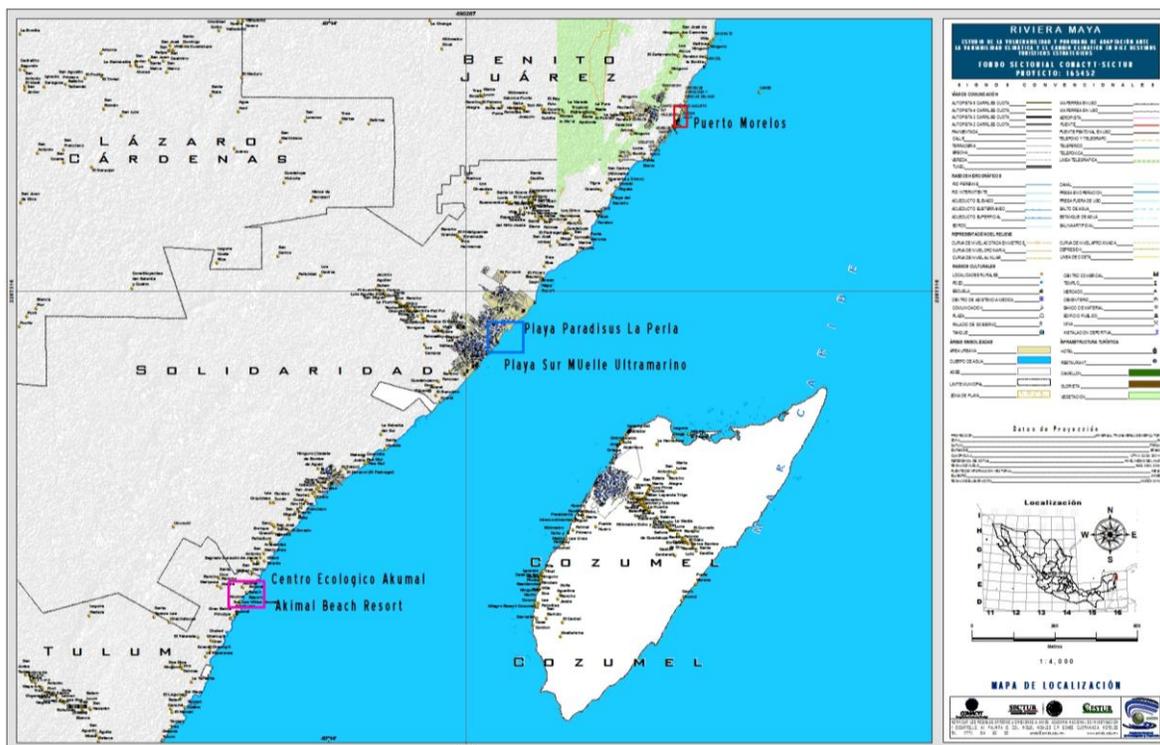


Figura 1. Localización de las playas monitoreadas en el destino turístico de la Riviera Maya

En Puerto Morelos resultó apreciable una franja de playa de 65 m de ancho en promedio en su parte norte y de 15 m en su parte sur, con una altura de playa promedio de 1 m, y una pendiente de 4.5% (Figura 2).

En la zona hotelera de Playa del Carmen, la franja de playa es de 30 m en la parte norte, mientras que en la parte sur, es de tan sólo 10 m de amplitud, con una altura promedio de 1.7 m, y una pendiente del 6% (Figura 3).

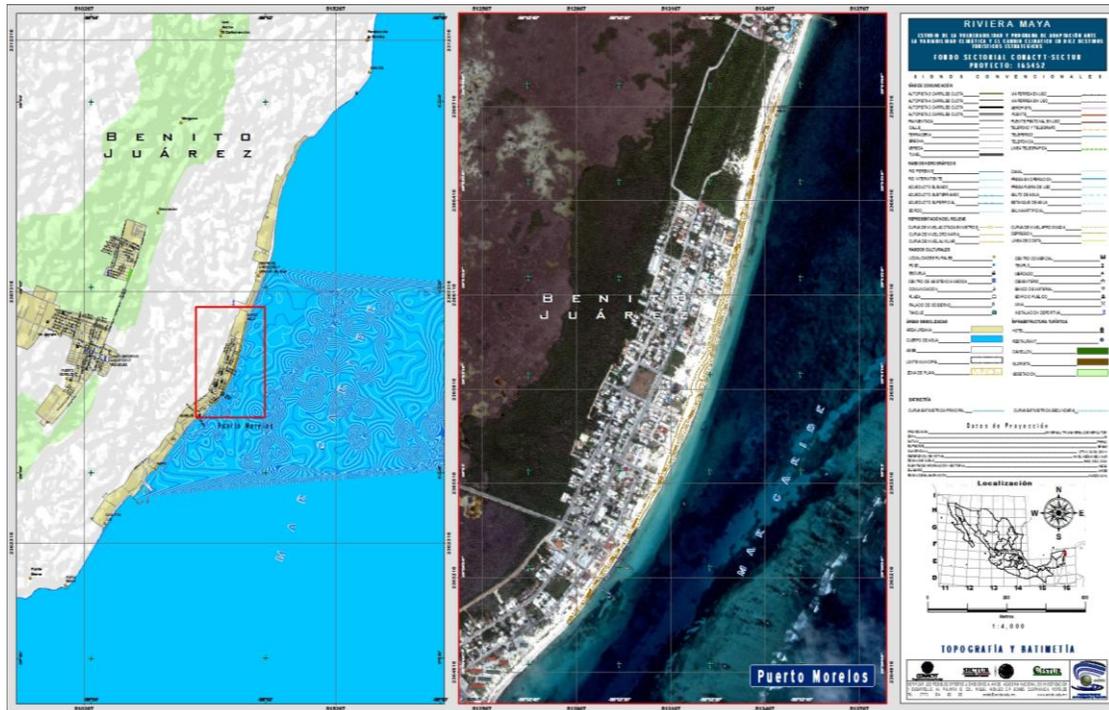


Figura 2. Topografía de Puerto Morelos en el destino turístico Riviera Maya



Figura 3. Topografía de Playa del Carmen en el destino turístico Riviera Maya

Akumal tiene dos bahías, una pequeña en la parte norte (Media Luna), y una más extensa en la parte sur, dejando una punta rocosa expuesta. Tiene una franja de costa que va de 15 a 20 m de ancho, donde se observan superficies rocosas que afloran en la zona intermareal. La pendiente promedio en esta zona es de 6.8%, y las alturas de playa de 1.5 m (Figura 4).

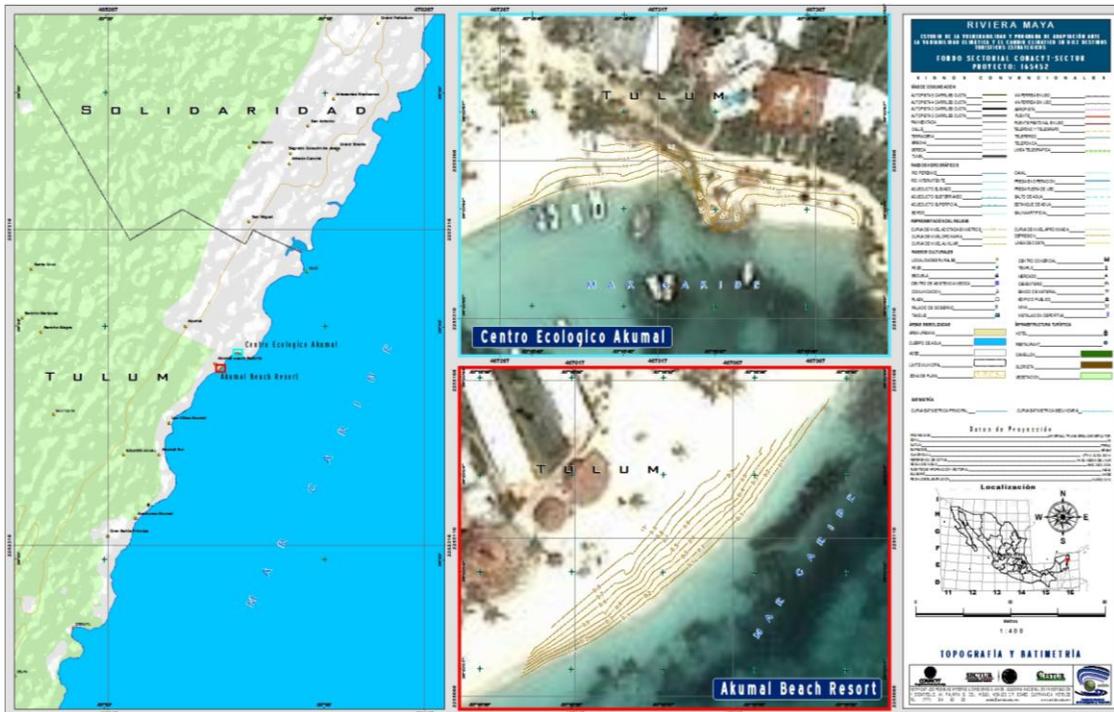


Figura 4. Topografía de Akumal en el destino turístico Riviera Maya

2. BATIMETRÍA DE LA ZONA MARINA

En la Riviera Maya, de Punta Nizuc a Puerto Morelos, se encuentra el sistema arrecifal mesoamericano. Esta barrera arrecifal alcanza la superficie y es claramente visible a no más de un kilómetro de la costa. Después de Puerto Morelos se interrumpe hasta Punta Maroma, y reaparece hasta Playa del Carmen, a una distancia aproximada de 500 m de la playa. Entre el arrecife y la costa, las profundidades son someras, van de 0 a -7.5 m, presentando, a partir de la cresta del arrecife y hasta la isobata de los 30 m, una pendiente suave que se extiende a un poco más de los 2,000 m después del arrecife (Figura 5).

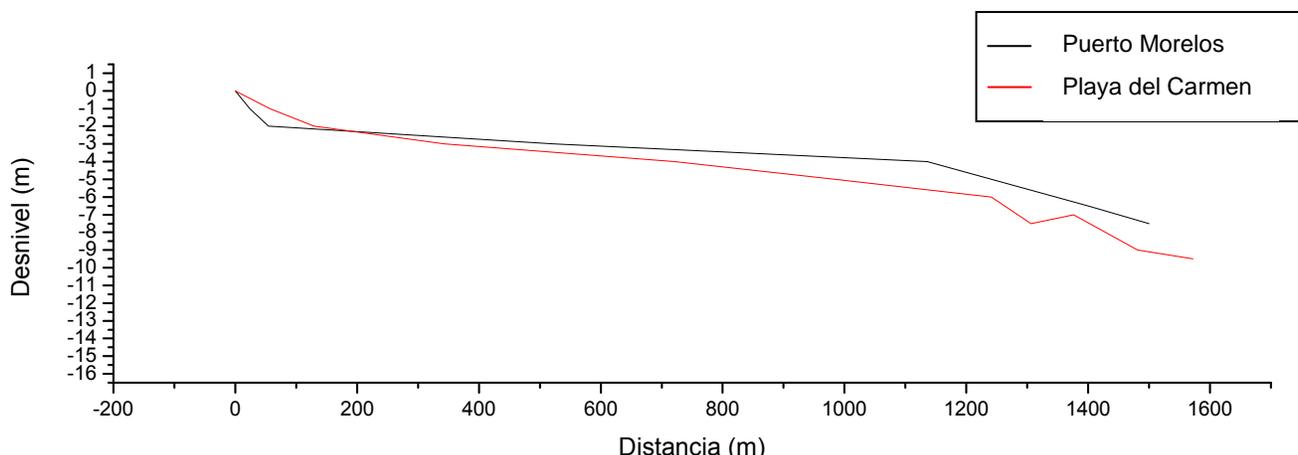


Figura 5. Perfiles batimétricos de la línea de costa hacia mar adentro, en el destino turístico de Riviera Maya

En la Figura 6 se observa la batimetría a detalle frente a Playa del Carmen, mientras que en las Figuras 7 y 8, tomadas de Alva Basurto (2007), se muestra la protección que tienen Akumal y Puerto Morelos por la presencia de barreras de arrecife. Estas formaciones arrecifales brindan un servicio de protección porque disminuyen la potencia del oleaje, sin embargo, como se ha mencionado, existen áreas de erosión que son formadas en condiciones de tormenta, y que sobrepasan esta protección.

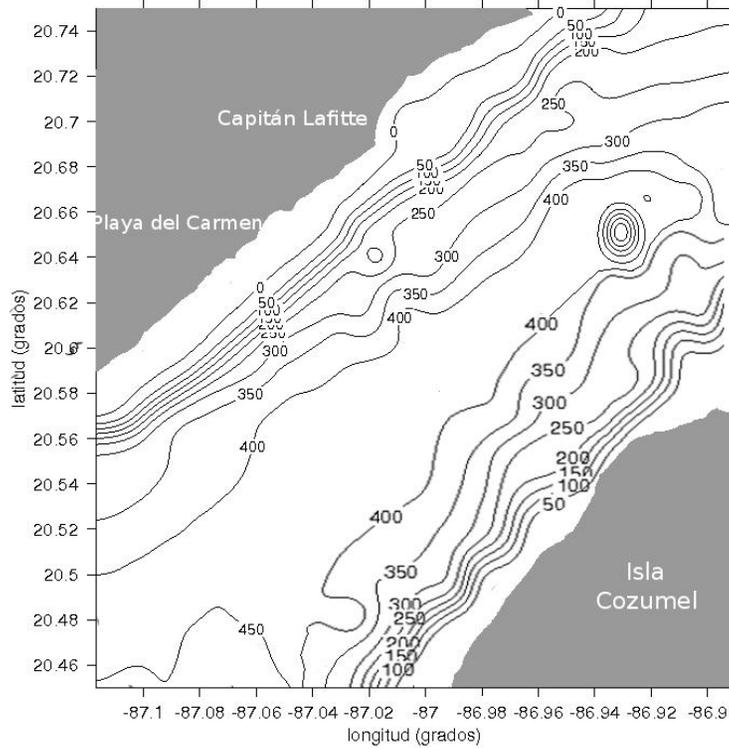


Figura 6. Batimetría a detalle frente a Playa del Carmen

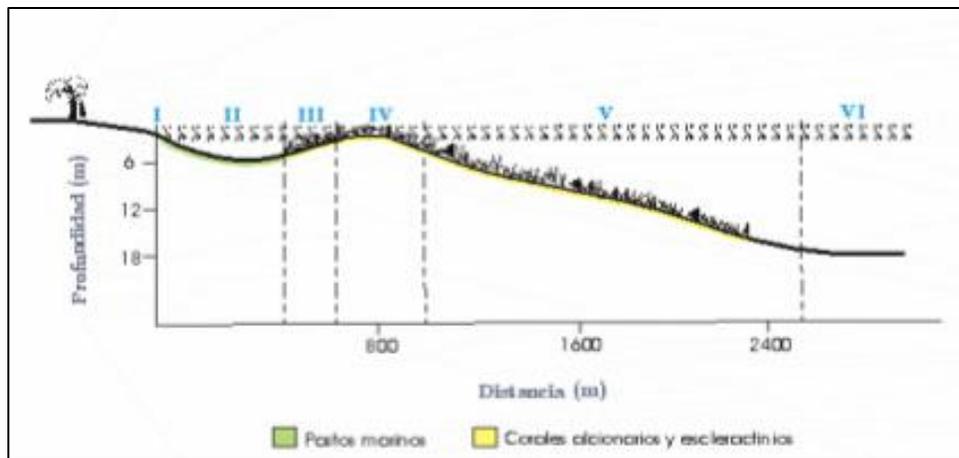


Figura 7. Perfil del sistema arrecifal de Puerto Morelos, Riviera Maya (Tomado de Alva-Basurto, 2007)

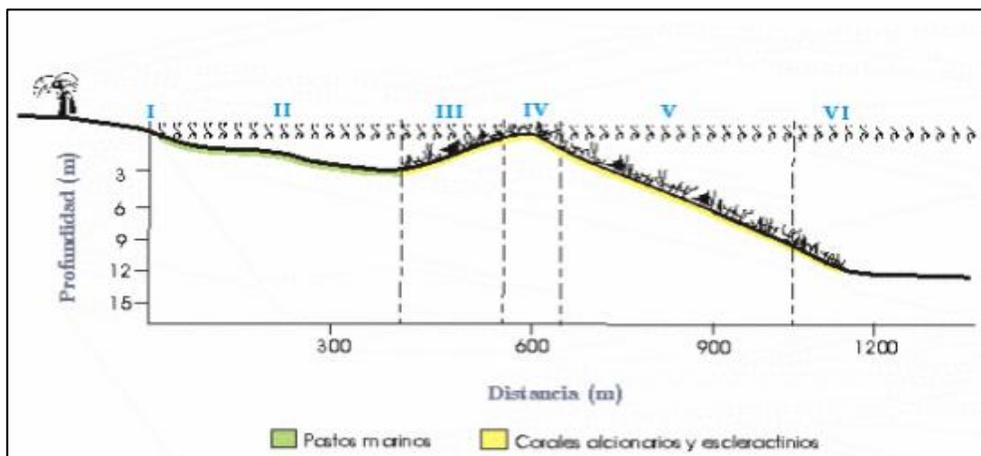


Figura 8. Perfil del Sistema Arrecifal de Akumal, Riviera Maya (Tomado de Alva-Basurto, 2007)

3. CLIMA DEL OLAJE

Las direcciones de oleaje incidentes en la zona de estudio están determinadas por la ubicación geográfica. Del noreste (NE) llega oleaje generado por los nortes, y penetra por el canal de Cozumel. Del sector sur (S) ingresa oleaje al canal de Cozumel cuando pasan huracanes al sur de esta región, (p. ej. Ernesto, Wilma y Rina). Cabe mencionar que aunque el canal de Cozumel es estrecho, los oleajes del sur entran sin obstáculos (bajos) a la zona de Playa del Carmen. Los bajos al nor-noreste (NNE) de la Isla de Cozumel representan la profundidad limitante para el rompimiento de la ola; dado que la altura de ola máxima está gobernada por esta profundidad, al aproximarse las olas de huracán a estos bajos, no penetran hacia la Riviera Maya. Las olas de periodos cortos penetran en los bajos y son refractadas en su viaje a la línea de costa.

II. AMENAZAS

1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Para los destinos turísticos de Cancún y Riviera Maya 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 0.4°C hasta 3.3°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 CO₂ en algunos sitios de observación y monitoreo como el observatorio de Mauna Loa, Hawaii (Scripps CO2 Program, 2013).

El escenario climático A1B, obtenido para la región que comprende los destinos turísticos de Cancún y Riviera Maya, mostró que es probable que la temperatura media anual aumente hasta 1.1°C para el 2020, aumento que pudiera ser continuo y alcanzar los 2.9°C para el 2080 (Tabla 1, Figura 9). El escenario climático A2 también mostró un claro aumento de la temperatura media anual, pudiendo alcanzar hasta 1°C más para el 2020, y continuar aumentando hasta 3.3 °C más para el 2080 (Tabla 1, Figura 9). En cuanto a la confiabilidad de los modelos de temperatura puede observarse que la dispersión es pequeña (de 0.3°C a 0.6°C en el escenario A1B y de 0.3°C a 0.7°C en el escenario A2), por lo que la probabilidad de que estos modelos se cumplan es alta.

Tabla 1. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Cancún y Riviera Maya

TEMPERATURA (°C)	ESCENARIO A1B			TEMPERATURA (°C)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalía	0.8	1.6	2.3	Anomalía	0.7	1.5	2.7
Dispersión	0.3	0.5	0.6	Dispersión	0.3	0.4	0.7
Rango de cambio (±)	1.1	2	2.9	Rango de cambio (±)	1	1.9	3.3
	0.5	1.1	1.7		0.4	1	2

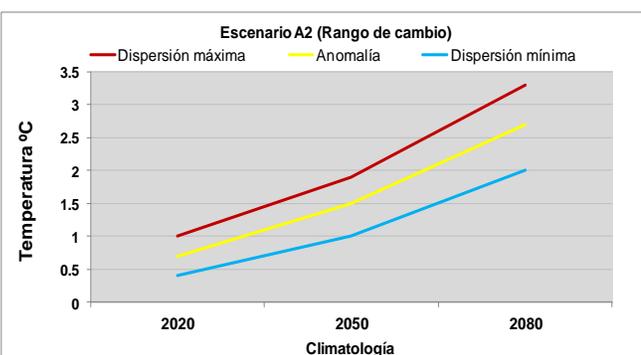
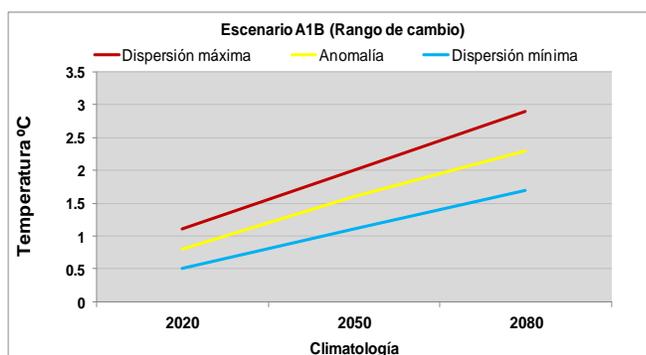


Figura 9. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Cancún y Riviera Maya

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 A1B y 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 15.4% en la climatología del 2080, mientras que en el escenario A2, esta disminución podría ser de hasta 21.9% para ese mismo periodo (Tabla 2, Figura 10).

Tabla 2. Cambio Porcentual de la Precipitación Media Anual (%) en Cancún y Riviera Maya

Precipitación (%)	ESCENARIO A1B			Precipitación (%)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalía	-4.4	-3.9	-3.9	Anomalía	-6.2	-7.9	-9.2
Dispersión	10.4	10.2	11.5	Dispersión	9	11.1	12.7
Rango de cambio (±)	6	6.2	7.5	Rango de cambio (±)	2.8	3.2	3.4
	-14.7	-14.1	-15.4		-15.2	-19	-21.9

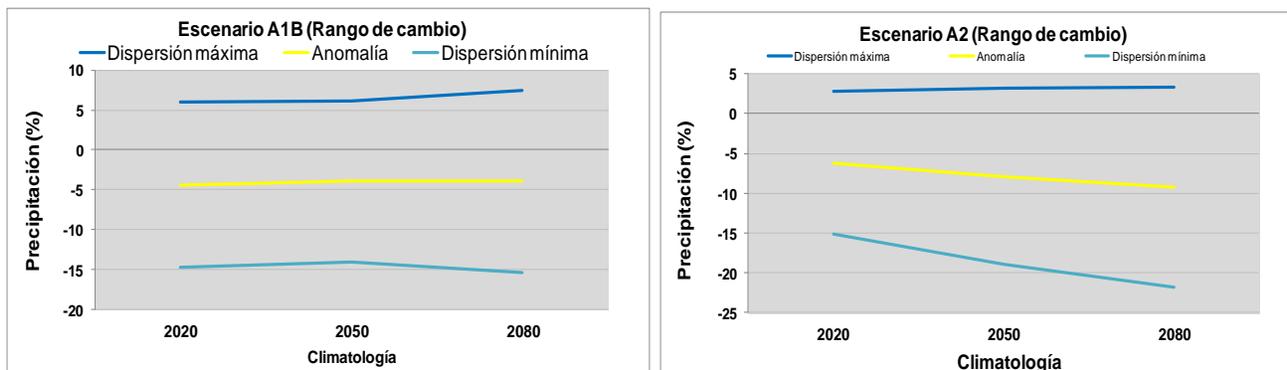


Figura 10. Rango de cambio en la Precipitación Media Anual (%) en Cancún y Riviera Maya

2. AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

Para el caso de la Riviera Maya se consideró una variación del nivel del mar por cambio climático de 3 mm/año (Figura 11), 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.

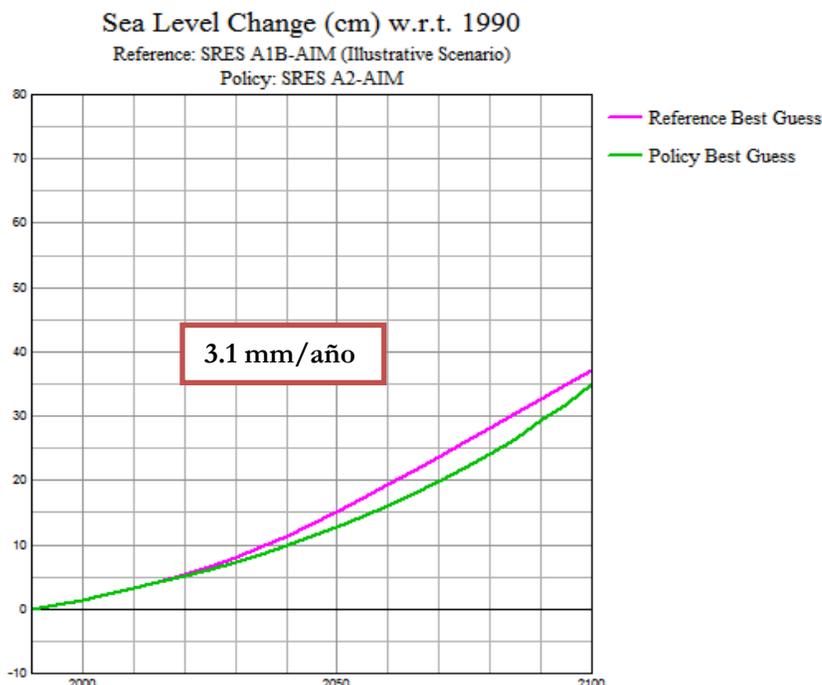


Figura 11. Gráfica del cambio del nivel del mar en cm, de 1990 a 2100

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 la Riviera Maya se realizó un análisis del cambio de la línea de costa a partir de imágenes de satélite de los últimos 8 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 la Riviera Maya mostraron una tasa de erosión promedio de 1.22 m/año (Tabla 3), lo cual muestra un predominio de los procesos erosivos sobre los de acumulación.

Tabla 3. Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de la Riviera Maya

Destino Turístico	Año inicial	Año final	Intervalo (años)	Desplazamiento total promedio (m)	Tasa de erosión-acreción (m/año)
Puerto Morelos	2004	2012	8	-2.30	-0.29
Playa del Carmen	2004	2012	8	-13.56	-1.70
Akumal	2004	2012	8	-13.45	-1.68
PROMEDIO				-9.77	-1.22

El estudio de la erosión costera en el destino turístico de la Riviera Maya, se llevó a cabo en tres sitios: Puerto Morelos, Playa del Carmen y Akumal.

Puerto Morelos presenta procesos de erosión-acreción (Figura 12), donde existen zonas críticas con pérdidas de hasta 4.9 m/año, como es el caso de la playa frente al Puerto Morelos Restaurant (Punto 4) (Tabla 4, Figura 13), donde el transporte litoral ha sido interrumpido por el muelle.

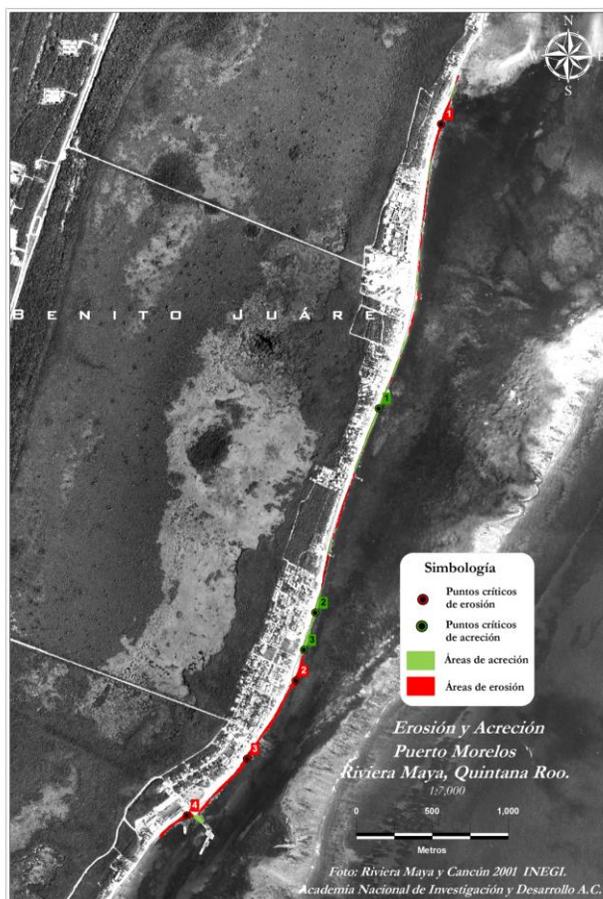


Figura 12. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en Puerto Morelos, Riviera Maya

Tabla 4. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión en Puerto Morelos, Riviera Maya

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Erosión Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Erosión Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Puerto Morelos	1	Playa frente al Ocean Coral & Turquesa	514205.1722	2309322.733	16.3	8	2.0
	2	Playa frente a Cabañas Puerto Morelos	513248.3063	2305655.075	27.0	8	3.4
	3	Playa frente a Mayan Riviera Properties	512926.7412	2305138.304	31.6	8	4.0
	4	Playa frente al Puerto Morelos Restaurant	512530.0802	2304765.981	39.6	8	4.9

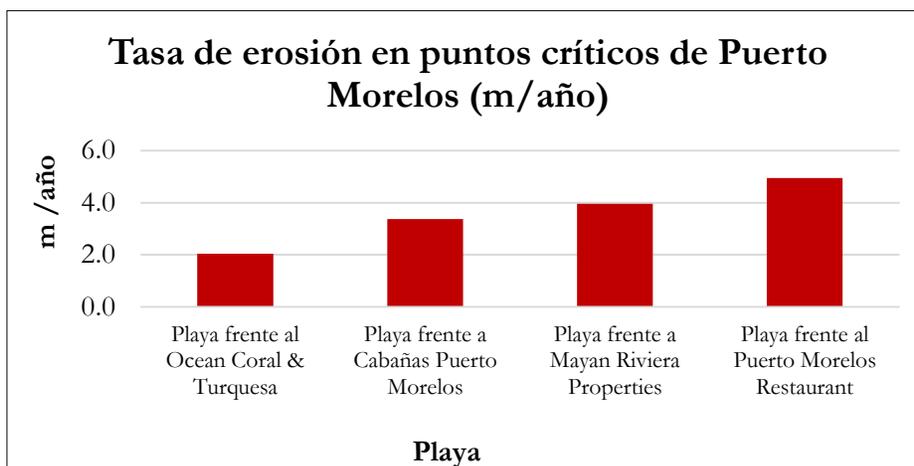


Figura 13. Tasa de erosión en puntos críticos de Puerto Morelos, Riviera Maya

Por otro lado la playa frente al Hotel Ojo Agua, presentó la tasa de acreción más alta, con un valor de 3.2 m/año (Punto 3) (Tabla 5, Figura 14), donde la protección del arrecife y el transporte litoral hacia el sur, producen acumulación en este punto.

Tabla 5. Tasa de acreción promedio anual en puntos críticos de mayor acreción en Puerto Morelos, Riviera Maya

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Acreción Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Acreción Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Puerto Morelos	1	Playa entre Puerto Morelos y Hotel Paradisus	513794.5614	2307448.248	13.3	8	1.7
	2	Playa frente a Único Beach	513377.8342	2306102.581	16.6	8	2.1
	3	Playa frente al Hotel Ojo Agua	513302.5201	2305856.604	25.8	8	3.2

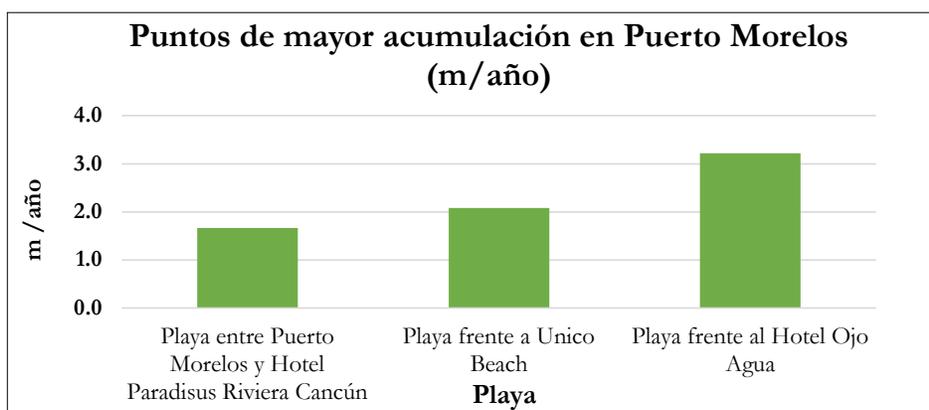


Figura 14. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación en Puerto Morelos, Riviera Maya

Playa del Carmen presenta procesos de erosión-acreción (Figura 15). En la zona de estudio se registraron puntos críticos de erosión con pérdidas de hasta 10.8 m/año, como es el caso de la playa frente al Hotel Grand Coco Bay (Punto 1) (Tabla 6, Figura 16), donde el transporte litoral ha sido interrumpido por el cambio en la línea de costa, en una pequeña punta que modifica el transporte litoral causando erosión



Figura 15. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en Playa del Carmen, Riviera Maya

Tabla 6. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión en Playa del Carmen, Riviera Maya

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Erosión Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Erosión Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Playa del Carmen	1	Playa frente al Hotel Grand Coco Bay	493901.0074	2281974.358	86.4	8	10.8
	2	Playa a un costado de Mahékal Beach Resort	493466.6171	2281572.553	36.6	8	4.6
	3	playa frente al Hotel Royal Porto Real Luxury	492968.4019	2280900.101	47.1	8	5.9
	4	Playa frente al Sunset Fishermen	491517.7254	2279223.797	25.6	8	3.2
	5	Playa frente al Hotel Viva Wyndham Maya	490825.3178	2278461.918	35.1	8	4.4

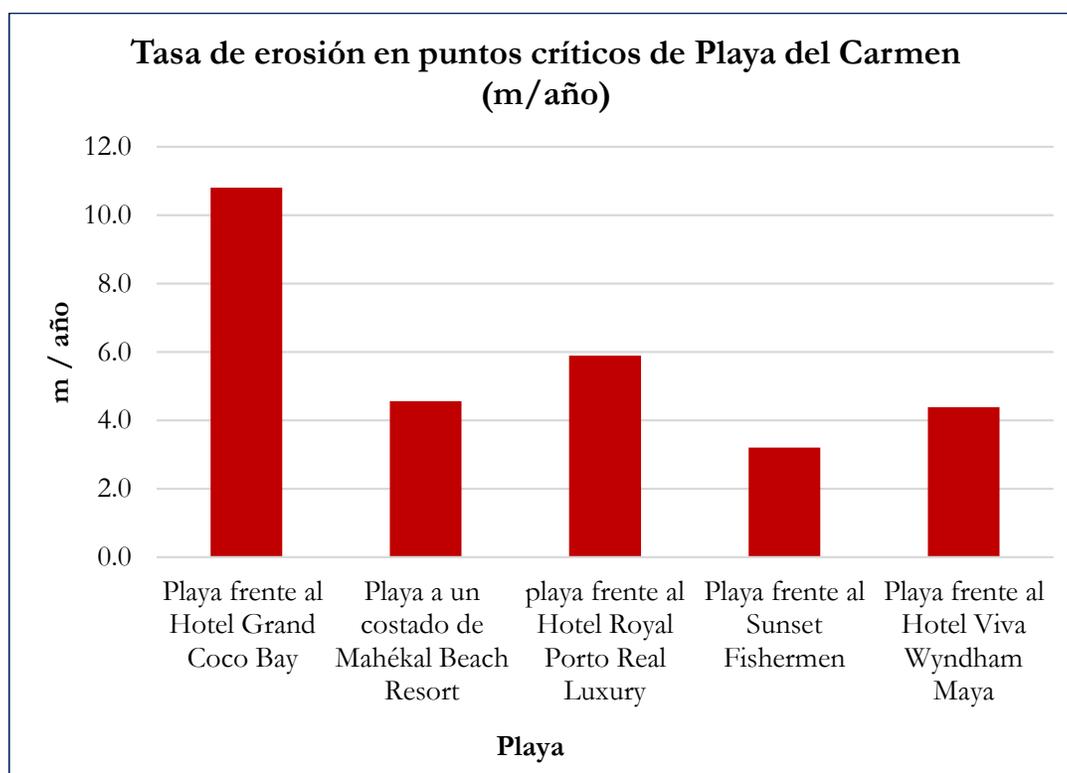


Figura 16. Tasa de erosión en puntos críticos de Playa del Carmen, Riviera Maya

Por otro lado, la playa frente a Xaman-ha presentó la tasa de acreción más alta, con un valor de 6.2 m/año (Punto 3) (Tabla 7, Figura 17), debido a que el transporte litoral y la baja energía del oleaje en esta zona producen acumulación de sedimentos.

Tabla 7. Tasa de acreción promedio anual en puntos críticos de mayor acreción en Playa del Carmen, Riviera Maya

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Acreción Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Acreción Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Playa del Carmen	1	Playa frente al Bull Sharks Diving Center	492362.375	2280375.6	29.0	8	3.6
	2	Playa frente al Hotel Playacar Palace	492070.465	2280022	24.8	8	3.1
	3	Playa frente a Xaman-ha	491939.758	2279809.2	49.9	8	6.2
	4	Playa frente al Hotel Iberostar Tucan	490451.526	2278037.9	25.4	8	3.2

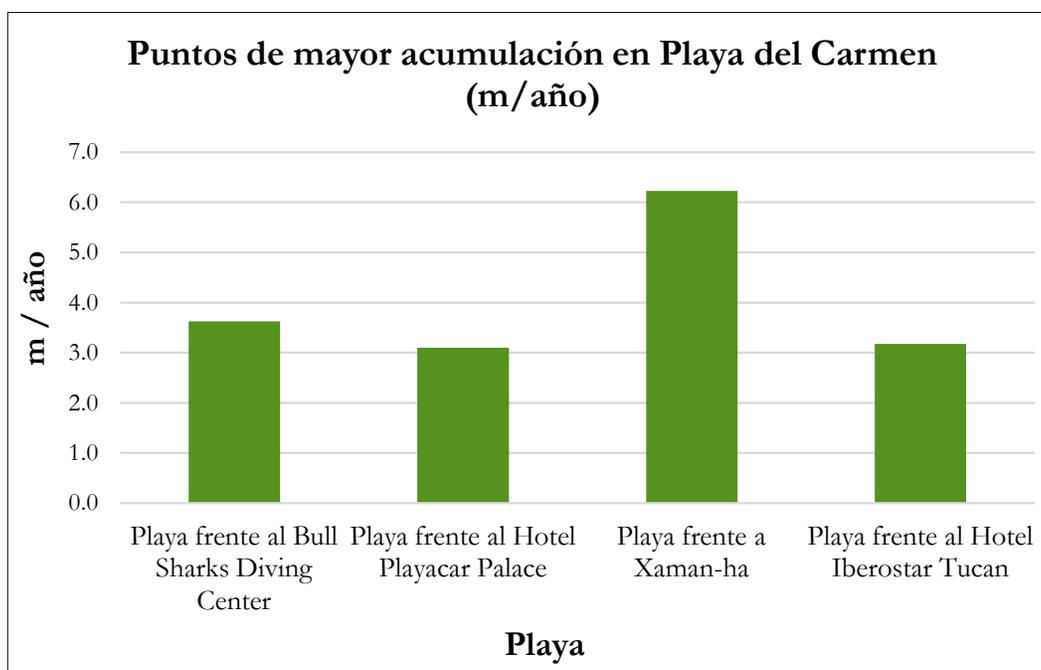


Figura 17. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación en Playa del Carmen, Riviera Maya

Akumal presenta procesos de erosión-acreción (Figura 18). En la zona de estudio se registraron puntos críticos de erosión con pérdidas de hasta 11.4 m/año, como es el caso de la playa frente al Centro Ecológico de Akumal (Punto 5) (Tabla 8, Figura 19), donde el transporte litoral ha sido interrumpido por la propia forma de la línea de costa, y el arrecife que forma un canal relativamente profundo por donde el oleaje llega y erosiona en este punto.

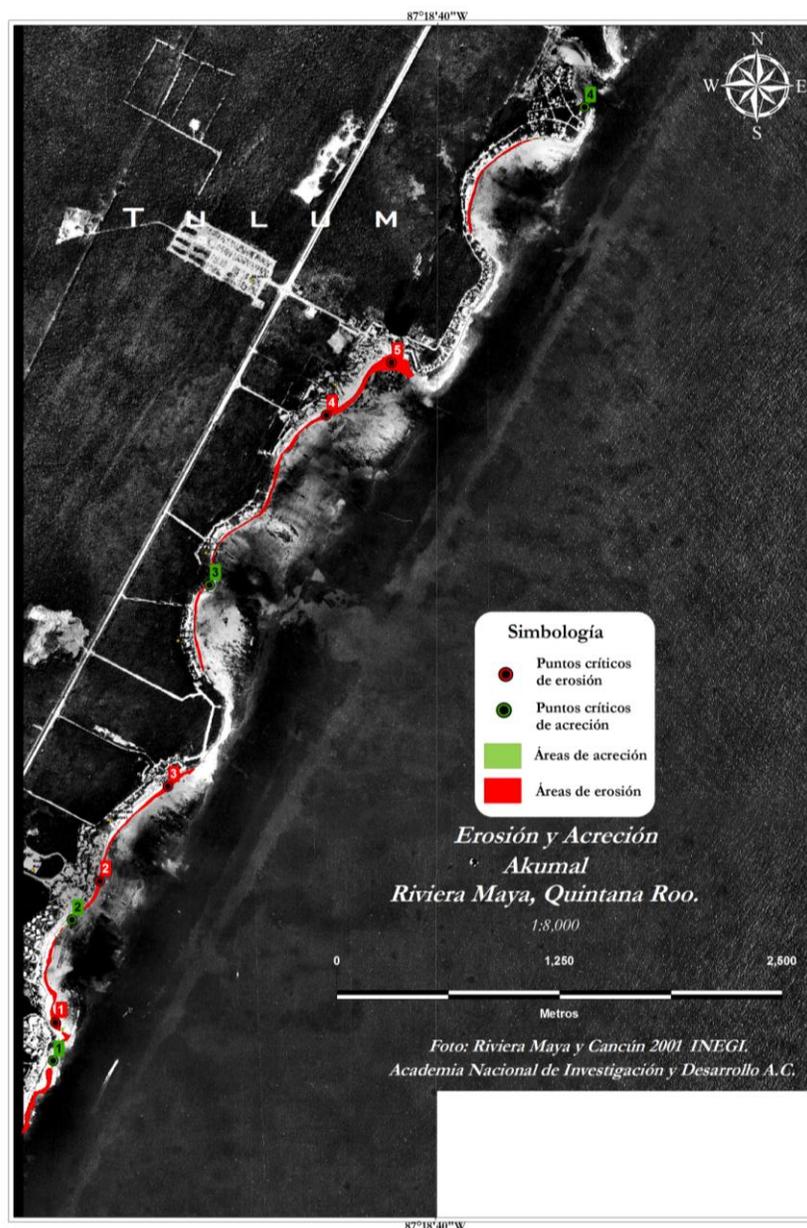


Figura 18. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en Akumal, Riviera Maya

Tabla 8. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión en Akumal, Riviera Maya

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Erosión Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Erosión Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Akumal	1	Playa frente al Hotel Gran Bahía Príncipe Akumal Resort	465397.4158	2251605.848	52.4	8	6.6
	2	Playa Gran Bahía Príncipe Tulum	465646.535	2252400.519	17.3	8	2.2
	3	Playa frente al Be Live Grand Riviera Maya Hotel	466028.5067	2252932.946	21.0	8	2.6
	4	Playa frente al Hotel Akumal Beach Resort	466916.5602	2255019.887	28.1	8	3.5
	5	Playa frente al Centro Ecológico de Akumal	467283.7905	2255314.354	91.2	8	11.4

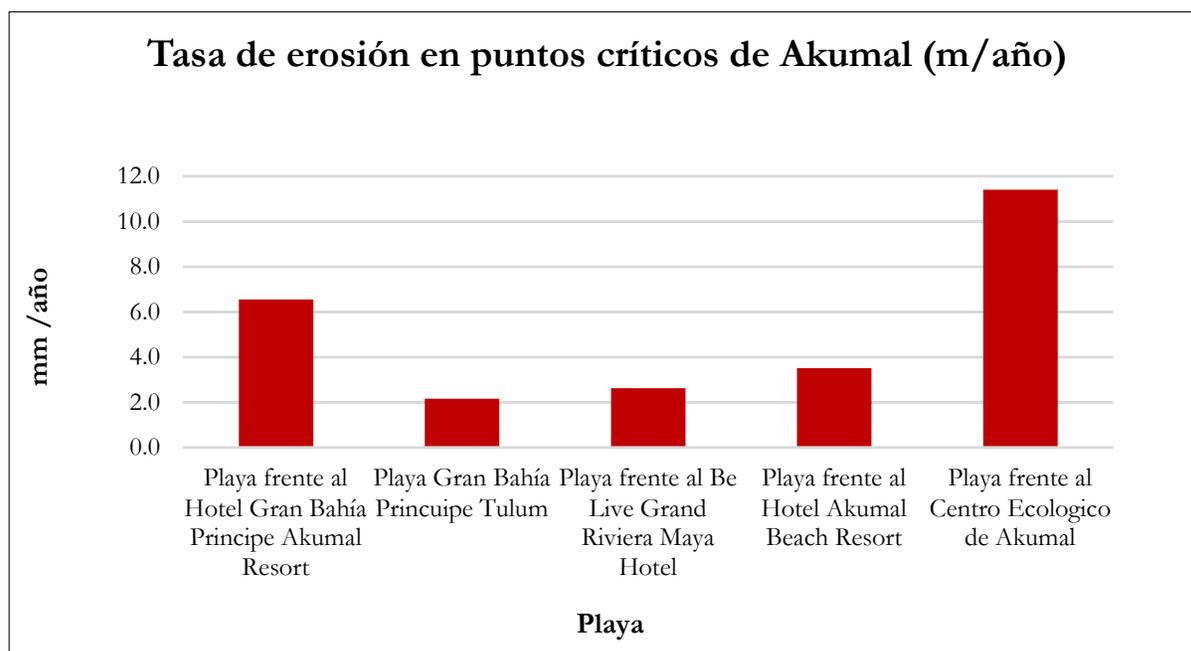


Figura 19. Tasa de erosión en puntos críticos de Akumal, Riviera Maya

La playa de Akumal Resort presentó la tasa de acreción más alta, con un valor de 1.2 m/año (Punto 1) (Tabla 9, Figura 20), debido a que existen espigones que atrapan sedimentos del transporte litoral, generando un crecimiento de la playa.

Tabla 9. Tasa de acreción promedio anual en puntos de mayor acumulación en Akumal, Riviera Maya

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Acreción Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Acreción Promedio Anual (m/año)
			X	Y			
Akumal	1	Playa frente al Hotel Gran Bahía Príncipe Akumal Resort	465384.205	2251389.466	9.3	8	1.2
	2	Hotel Gran Bahía Príncipe Riviera Maya	465490.0793	2252183.884	5.4	8	0.7
	3	Playa Akumal a un costado del Hotel Villas de Rosas	466262.4487	2254065.606	7.4	8	0.9
	4	Playa Yal-Ku	468367.1882	2256751.562	4.3	8	0.5

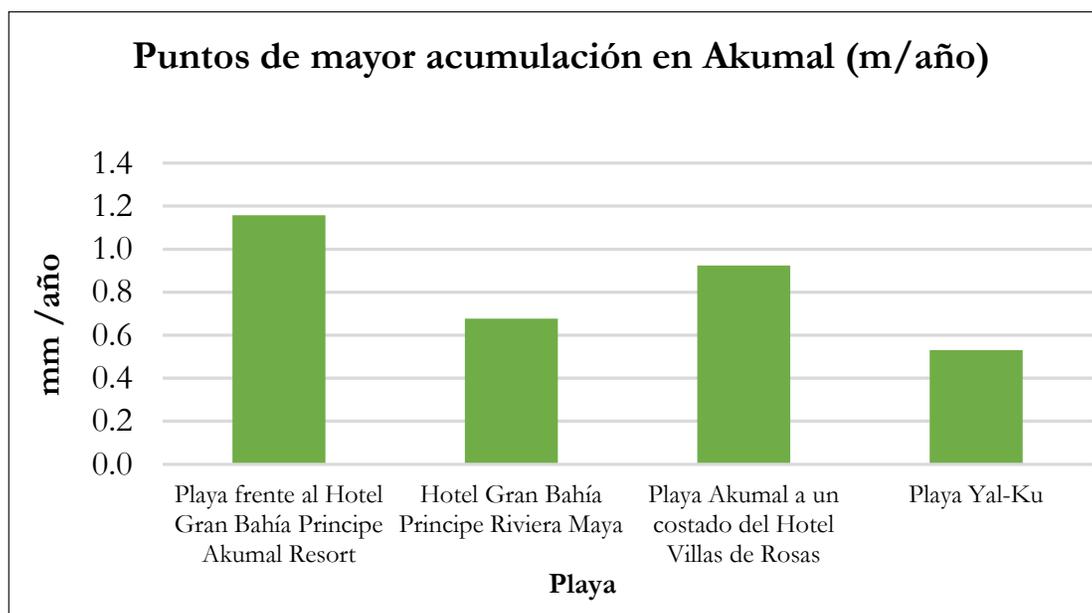


Figura 20. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación en Akumal, Riviera Maya

4. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA

El indicador de inundación por marea de tormenta (IIMT) en la Riviera Maya (Tabla 10), se determinó a partir de la máxima amplitud de marea de tormenta registrada para el destino, que fue de 5.2 m (CENAPRED, 2001). Las áreas más vulnerables a las inundaciones por marea de tormenta son: la zona baja cercana a Punta Maroma, y el sur de Akumal, donde se tiene una topografía muy baja (Figuras 21 y 22).

Tabla 10. Variables para la estimación de la inundación causada por marea de tormenta en el destino turístico Riviera Maya

Datos para la estimación de amenaza y vulnerabilidad ante huracanes y tormentas tropicales en la Riviera Maya, Quintana Roo.				
Localidad	Categ. huracán	Amplitud marea tormenta (m)	Tiempo de retorno años	Probabilidad anual
Riviera Maya	H5	5.2	155	2%
	H4	3.8	108.5	2%
	H3	2.9	39.5	6%
	H2	2.3	12.1	20%
	H1	1.8	9.4	8%
	TT	1.7	5.1	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

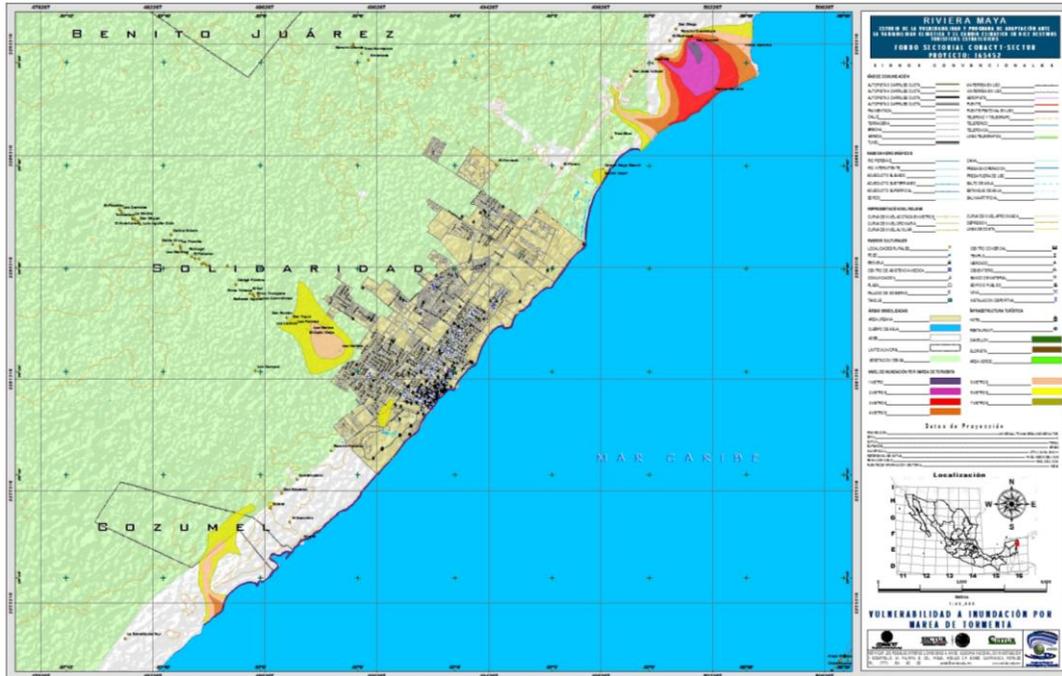


Figura 21. Zonas vulnerables a inundación por marea de tormenta en Punta Maroma, Riviera Maya

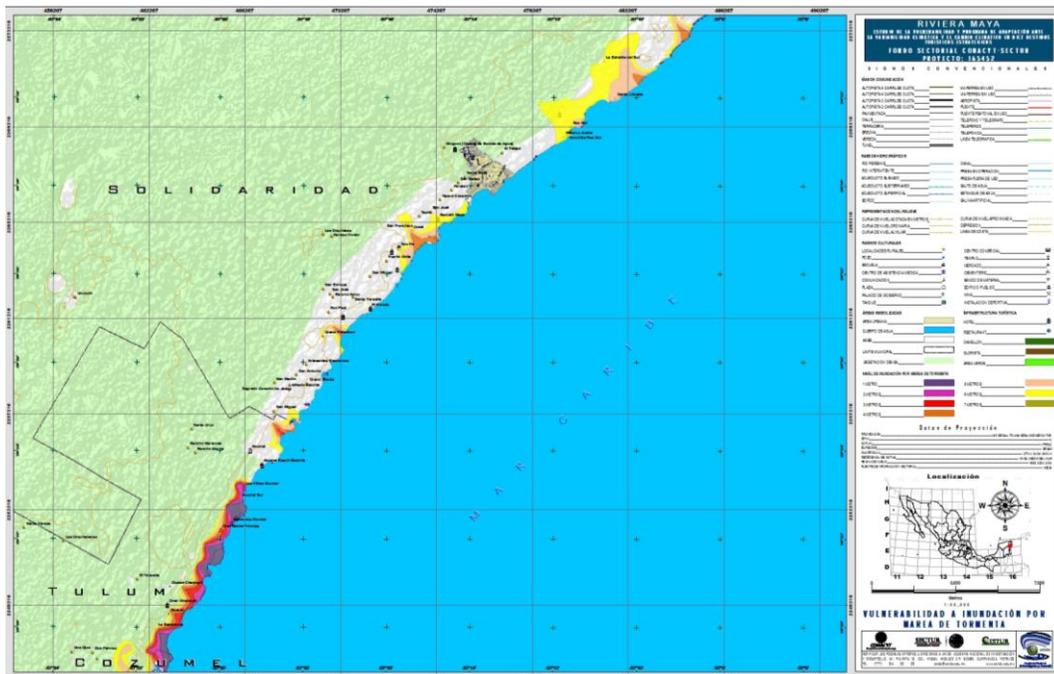


Figura 22. Zonas vulnerables a inundación por marea de tormenta al sur de Akumal, en la Riviera Maya

5. INUNDACIÓN FLUVIAL

A pesar de que en la zona de estudio de la Riviera Maya no existen cauces superficiales, sí se presentan inundaciones por lluvias extremas debido a la morfología plana y baja del terreno. Es muy común que en época de lluvias ocurran estas inundaciones, por lo que se considera que tiene una vulnerabilidad alta de inundación por lluvias extremas, lo cual afecta a buena parte de la población y zona turística.

6. REFRACCIÓN DEL OLEAJE

Los oleajes con procedencia del noreste (NE), de periodos de 4.5, 6, 8 y 12 segundos (Figura 23), entran paralelas a la costa por la boca norte del canal de Cozumel. Esta dirección es frecuente tanto por nortes como por algunos huracanes, sin embargo, como se observa, entran con un ángulo aproximado de 45° , que es el que genera el máximo transporte litoral (Predrozo, 2011). Los oleajes del sur (S) (Figura 24), también de baja frecuencia, ingresan a la Riviera Maya con algo de enrarecimiento de energía, así que si no son de altura considerable, pueden no representar un riesgo para la estabilidad de la playa y la infraestructura turística.

Cabe señalar que aunque las olas rompan fuera de la costa, éstas generan corrientes considerables, paralelas a la misma, en la zona de rompientes (corrientes de deriva por oleaje), que coadyuvan en el binomio corriente-licuefacción de las arenas, por exceso de presión en el agua intersticial, lo que se traduce en un transporte litoral considerable.

Para la zona de la Riviera Maya, el oleaje que llega con mayor energía es el proveniente del S. En el Mar Caimán también se presenta oleaje del sector este (E), sin embargo, no llega directamente a la costa de Cancún, pues es disipado por los bajos presentes al norte de la Isla de Cozumel y por la misma Isla.

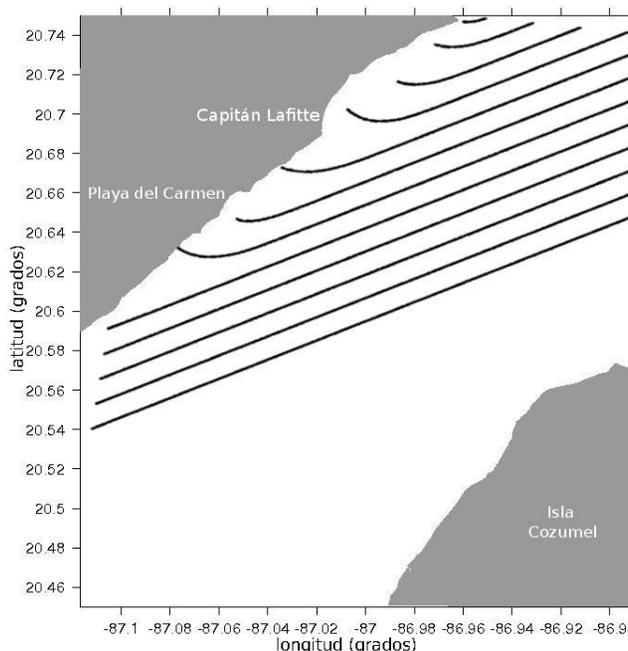


Figura 23. Comportamiento de ortogonales de oleaje en la zona de Playa del Carmen, provenientes de la dirección NE, con periodo de 8 segundos

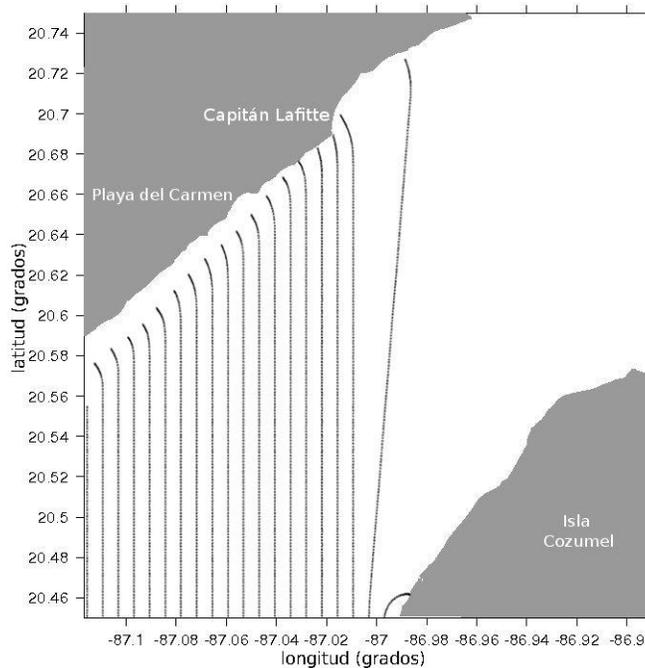


Figura 24. Comportamiento de ortogonales de oleaje en la zona de Playa del Carmen, provenientes de la dirección S con periodo de 12 segundos

III. VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física del destino turístico de Riviera Maya 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 Riviera Maya, el Índice de vulnerabilidad costera (CVI) se calculó para las playas del Centro Ecológico Akumal, Akumal Beach Resort, Playa Paraíso la Perla, Playa Sur–Muelle Ultramarino y Playa Principal-El Faro, con las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas presentes en la Tabla 11, determinando la ponderación de las mismas para obtener el CVI. El resultado obtenido fue un CVI de categoría muy alta para todas las playas (Tabla 12, Figuras 25, 26 y 27), lo cual se debe a que se encuentran en una zona muy plana y baja con problemas de erosión, a la presencia o ausencia de arrecifes que modifican la refracción del oleaje y a la interrupción del transporte litoral debido a los cambios en la línea de costa por la presencia de espigones y muelles, entre otros.

Tabla 11. Valores de las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas del destino turístico Riviera Maya

Sitio	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)
Centro Ecológico	-11.9	139	6.7	1.1	1 a 2	3	0.6
Akumal Beach Resort	-3.5	134	5.7	0.9	1 a 2	3	0.6
Playa Paraíso - La Perla	-10.8	151	6.0	1.9	1 a 2	3	0.6
Playa Sur - Muelle Ultramarino	-5.9	159	6.8	1.4	1 a 2	3	0.6
Playa Principal - Faro	-3.4	287	4.3	0.9	1 a 2	3	0.6

Tabla 12. Valores de ponderación y del índice de vulnerabilidad costera en playas del destino turístico Riviera Maya

Sitio	Geología/ Geomorfología	Tasa de erosión/ acreción	Índice topográfico	Oleaje significativo medio	Tasa de cambio del nivel relativo del mar	Rango mareal medio	CVI
Centro Ecológico	5 (muy alto)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	Muy alta
Akumal Beach Resort	5 (muy alto)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	Muy alta
Playa Paraíso - La Perla	5 (muy alto)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	Muy alta
Playa Sur - Muelle Ultramarino	5 (muy alto)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	Muy alta
Playa Principal - Faro	5 (muy alto)	5 (muy alto)	4 (alto)	5 (muy alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	Muy Alta

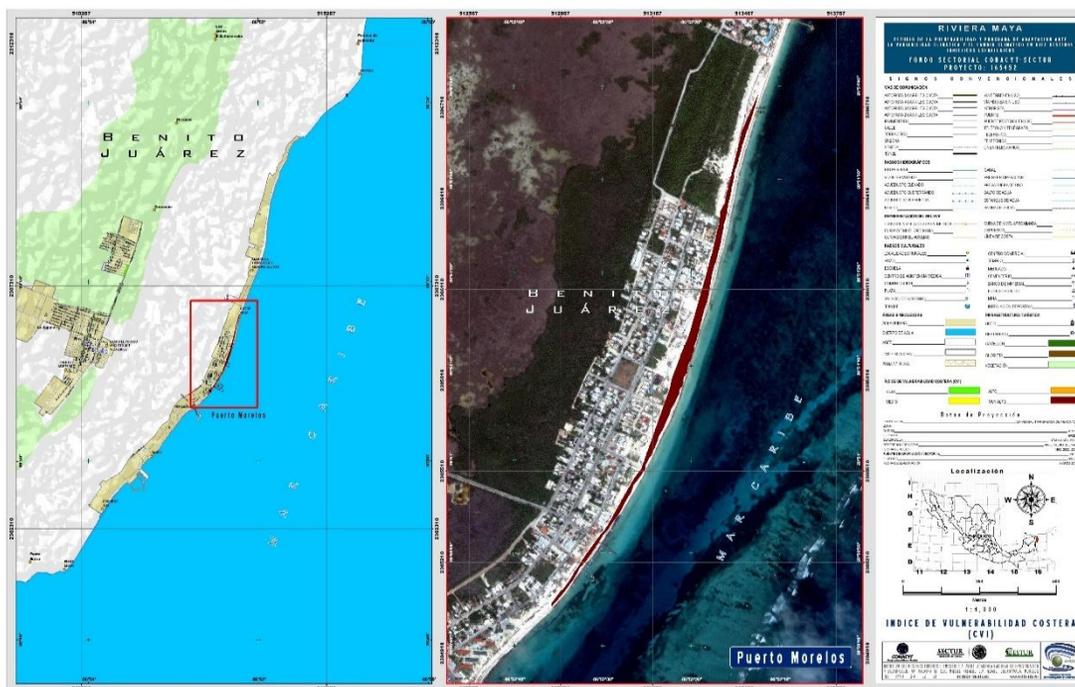
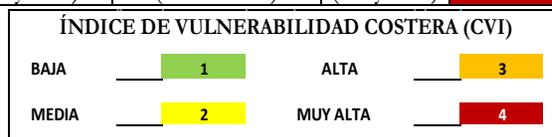


Figura 25. Índice de vulnerabilidad costera en Puerto Morelos, del destino turístico Riviera Maya



Figura 26. Índice de vulnerabilidad costera en Playa del Carmen, del destino turístico Riviera Maya



Figura 27. Índice de vulnerabilidad costera en Akumal, del destino turístico Riviera Maya

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. Los resultados obtenidos mostraron que no se reporta ningún establecimiento vulnerable a la inundación por marea de tormenta, ya que, a la fecha, no existe ninguna zona urbana o turística dentro del área potencial de inundación.

3. INDICADOR POR LLUVIAS EXTREMAS

A pesar de que en la zona de estudio de la Riviera Maya no existen cauces superficiales, sí se presentan inundaciones por lluvias extremas debido a la morfología plana y baja del terreno. Es muy común que en época de lluvias ocurran estas inundaciones, por lo que se considera que tiene una vulnerabilidad alta de inundación por lluvias extremas, lo cual afecta a buena parte de la población y zona turística.

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, a falta de escorrentías superficiales, se estimó la vulnerabilidad frente a la inundación causada por lluvias extremas (Tabla 13).

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

Playa	Índice de vulnerabilidad costera	Localidad	Indicador de inundación por marea de tormenta	Localidad	Indicador de inundación por lluvias
Centro Ecológico	Muy alta	Punta Maroma - Tres Ríos	Muy alta	Punta Maroma - Tres Ríos	Alta
Akumal Beach Resort	Muy alta	Sur de Akumal	Muy alta	Sur de Akumal	Alta
Playa Paraíso - La Perla	Muy alta				
Playa Sur - Muelle Ultramarino	Muy alta				
Playa Principal - Faro	Muy alta				

Finalmente, al integrar los índices e indicadores anteriormente descritos, se determinó el Índice de Vulnerabilidad Física (IVF) para el destino turístico Riviera Maya, resultando un IVF de categoría muy alta (Tabla 14), debido principalmente a la geomorfología plana y de baja altura con playas expuestas, además de la interrupción del transporte litoral por muelles y espigones, y a que se encuentra en la trayectoria de huracanes, lo cual conlleva una vulnerabilidad alta frente a la inundación por lluvias extremas.

Tabla 14. Índice de Vulnerabilidad Física para el destino turístico Riviera Maya

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

IV. VULNERABILIDAD SOCIAL

El destino turístico Riviera Maya está conformado por dos municipios: Tulum y Solidaridad. Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Social se presentan a continuación, para cada municipio.

MUNICIPIO DE TULUM, Q.ROO

1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD

Para determinar la situación imperante en el municipio de Tulum 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 Tulum

Instrumento	SI	NO
1. Reglamento municipal en materia de protección civil	X	
2. Atlas Municipal de Riesgos (en elaboración)		X
3. Programa de protección civil	X	
4. Plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos	X	
5. Identificación de refugios y albergues necesarios	X	
6. Instrumento financiero para enfrentar daños por desastres		X
7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y prevención de riesgos		X
8. Plan de desarrollo 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 (Regional Cancún-Tulum)	X	
12. Programa de Adaptación Climática Municipal		X
Total	7	5
	Valor normalizado	0.58

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 0.0% para el municipio de Tulum. 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

0.0% 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 1.0.

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 Tulum.

Tabla 16. Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Tulum

Pregunta	Calificación
¿Sabe a quién acudir en caso de emergencia o desastre hidrometeorológico?	0.79
¿Cree que Protección Civil cuenta con infraestructura y capacitación para atender un desastre?	0.58
¿Cree que el gobierno municipal está preparado para atender una emergencia?	0.42
¿Recibe apoyo la población en caso de desastre?	0.81
Valor normalizado	0.65

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 Tulum se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Indicador de cohesión social para el municipio de Tulum

Pregunta	Calificación
¿Piensa usted quedarse a residir definitivamente en este municipio?	0.81
¿Participaría en acciones para disminuir el efecto de eventos hidrometeorológicos?	0.85
¿Estaría dispuesto a realizar cambios constructivos en su vivienda para disminuir los efectos de fenómenos hidrometeorológicos?	0.92
¿Conoce organizaciones civiles involucradas en protección civil, derechos humanos, protección al ambiente, etc.?	0.40
Valor normalizado	0.75

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 Tulum.

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

Indicador	Número de médicos por cada 1000 habitantes	Valor normalizado
Personal médico de las Instituciones públicas del sector salud entre la población total municipal*.	0.04	0.01

*FUENTE: INEGI, 2010

6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

El Índice de Vulnerabilidad Social obtenido para el destino turístico de Tulum, arrojó un valor de 0.60 (Tabla 19), el cual está dentro del rango poco vulnerable, que si bien es un valor con tendencia a la no vulnerabilidad, por lo tanto, requiere de la implementación de las propuestas de medidas de adaptación (ver Sección XVII) para disminuir su vulnerabilidad, además de atender los aspectos relacionados con el indicador de Capacidad de Respuesta del Sector Salud, ya que se encuentran muy por debajo del requerimiento mínimo de médicos recomendados por la Organización Mundial de la Salud. En el aspecto de gobernabilidad, existe también un área de oportunidad para el desarrollo de los instrumentos normativos faltantes.

Tabla 19. Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Tulum

Indicador	Calificación
1. Indicador de gobernabilidad	0.58
2. Indicador de exposición	1.00
3. Indicador de percepción ciudadana	0.65
4. Indicador de cohesión social	0.75
5. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud	0.01
Índice de Vulnerabilidad	0.60

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

MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, Q. ROO

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

7. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD

Para determinar la situación imperante en el municipio de Solidaridad 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 20 se presentan los instrumentos normativos con los que cuenta el municipio, a partir de los cuales se construyó el Indicador de gobernabilidad.

Tabla 20. Instrumentos normativos con los que cuenta el municipio de de Solidaridad

Instrumento	SI	NO
1. Reglamento municipal en materia de protección civil	X	
2. Atlas Municipal de Riesgos	X	
3. Programa de protección civil	X	
4. Plan de contingencias en caso de fenómenos hidrometeorológicos	X	
5. Identificación de refugios y albergues necesarios	X	
6. Instrumento financiero para enfrentar daños por desastres		X
7. Convenios de coordinación en materia de protección civil y prevención de riesgos	X	
8. Plan de desarrollo 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		X
Total	9	3
Valor normalizado	0.75	

8. 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 0.0% para el municipio de Solidaridad. 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 0.0% 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 1.0.

9. 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 21 para el municipio de Solidaridad.

Tabla 21. Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Solidaridad

Pregunta	Calificación
¿Sabe a quién acudir en caso de emergencia o desastre hidrometeorológico?	0.76
¿Cree que Protección Civil cuenta con infraestructura y capacitación para atender un desastre?	0.39
¿Cree que el gobierno municipal está preparado para atender una emergencia?	0.58
¿Recibe apoyo la población en caso de desastre?	0.78
Valor normalizado	0.63

10. 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 Solidaridad se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Indicador de cohesión social para el municipio de Solidaridad

Pregunta	Calificación
¿Piensa usted quedarse a residir definitivamente en este municipio?	0.61
¿Participaría en acciones para disminuir el efecto de eventos hidrometeorológicos?	0.88
¿Estaría dispuesto a realizar cambios constructivos en su vivienda para disminuir los efectos de fenómenos hidrometeorológicos?	0.82
¿Conoce organizaciones civiles involucradas en protección civil, derechos humanos, protección al ambiente, etc.?	0.39
Valor normalizado	0.68

11. 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 23 para el municipio de Solidaridad.

Tabla 23. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud para el municipio de Solidaridad

Indicador	Número de médicos por cada 1000 habitantes	Valor normalizado
Personal médico de las Instituciones públicas del sector salud entre la población total municipal*.	0.75	0.30

*FUENTE: INEGI, 2010

12. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

El Índice de Vulnerabilidad Social obtenido para el municipio de Solidaridad arrojó un valor de 0.67 (Tabla 24), el cual está dentro del rango poco vulnerable, por lo que además de la implementación de las propuestas de medidas de adaptación (Sección XVIII) para disminuir su vulnerabilidad, se requiere atender los aspectos relacionados con el indicador de Capacidad de Respuesta del Sector Salud. En el aspecto de gobernabilidad, existe también un área de oportunidad para el desarrollo de los instrumentos normativos.

Tabla 24. Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Solidaridad

Indicador	Calificación
1. Indicador de gobernabilidad	0.75
2. Indicador de exposición	1.00
3. Indicador de percepción ciudadana	0.63
4. Indicador de cohesión social	0.68
5. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud	0.30
Índice de Vulnerabilidad	0.67

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

V. PROPUESTA DE PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La propuesta del programa de adaptación al cambio climático para el destino turístico de Riviera Maya, 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 Riviera Maya, ver las Secciones XVII y XVIII del presente informe final.