

**“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 VI

**VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO PUERTO
VALLARTA**



**FONDO SECTORIAL CONACYT-SECTUR
PROYECTO Clave: 165452**

SECCIÓN VI. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO PUERTO VALLARTA

ÍNDICE

I. CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA	5
1. MORFOLOGÍA DE LA ZONA LITORAL.....	5
2. BATIMETRÍA DE LA ZONA MARINA.....	8
3. CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA LITORAL.....	9
4. CLIMA DEL OLEAJE.....	10
II. AMENAZAS	11
1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.....	11
2. AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR.....	13
3. EROSIÓN COSTERA.....	14
4. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA.....	18
5. INUNDACIÓN FLUVIAL.....	19
6. REFRACCIÓN DEL OLEAJE.....	19
III. VULNERABILIDAD FÍSICA	21
1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA.....	21
2. INDICADOR DE INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA.....	22
3. INDICADOR DE INUNDACIÓN FLUVIAL.....	24
4. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA.....	26
IV. VULNERABILIDAD SOCIAL	27
1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD.....	27
2. INDICADOR DE EXPOSICIÓN.....	27
3. INDICADOR DE PERCEPCIÓN CIUDADANA SOBRE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LAS AUTORIDADES.....	28
4. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL.....	28
5. INDICADOR DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL SECTOR SALUD.....	29
6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL.....	29
V. PROPUESTA DE PROGRAMA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Textura y composición de los sedimentos de playa del destino turístico de Puerto Vallarta.....	9
Tabla 2. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Puerto Vallarta.....	12
Tabla 3. Cambio Porcentual de la Precipitación Media Anual (%) en Puerto Vallarta	12
Tabla 4. Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de Puerto Vallarta.....	14
Tabla 5. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión del destino turístico de Puerto Vallarta	16
Tabla 6. Tasa de acreción promedio anual en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Puerto Vallarta	17
Tabla 7. Variables para la estimación de la inundación causada por marea de tormenta en el destino turístico de Puerto Vallarta	18
Tabla 8. Parámetros hidrológicos e indicador de inundación fluvial para el destino turístico Puerto Vallarta	19
Tabla 9. Valores de las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas del destino turístico de Puerto Vallarta	21
Tabla 10. Valores de ponderación y del índice de vulnerabilidad costera en playas del destino turístico de Puerto Vallarta	21
Tabla 11. Tipo de servicios vulnerables por inundación por marea de tormenta para el destino turístico Puerto Vallarta	23
Tabla 12. Parámetros para estimación del indicador de inundación fluvial para el destino turístico de Puerto Vallarta	24
Tabla 13. Índices e indicadores utilizados en la determinación del índice de vulnerabilidad física.	26
Tabla 14. Índice de Vulnerabilidad Física para el destino turístico Puerto Vallarta	26
Tabla 15. Instrumentos normativos con los que cuenta el municipio de Puerto Vallarta	27
Tabla 16. Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Puerto Vallarta	28
Tabla 17. Indicador de cohesión social para el municipio de Puerto Vallarta	28
Tabla 18. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud para el municipio de Puerto Vallarta.....	29
Tabla 19. Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Puerto Vallarta.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las playas monitoreadas en el destino turístico de Puerto Vallarta.....	5
Figura 2. Topografía de la Playa de Oro en el destino turístico de Puerto Vallarta.....	6
Figura 3. Topografía de la Playa Sur en el destino turístico de Puerto Vallarta	7
Figura 4. Perfiles batimétricos de la línea de costa hacia mar adentro, en el destino turístico de Puerto Vallarta.....	8
Figura 5. Batimetría de la zona de estudio en Puerto Vallarta	8
Figura 6. Tipo de sedimentos de las playas del destino turístico de Puerto Vallarta.....	9
Figura 7. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Puerto Vallarta.....	12
Figura 8. Rango de cambio en la Precipitación Media Anual (%) en Puerto Vallarta.....	13
Figura 9. Gráfica del cambio del nivel del mar en cm, de 1990 a 2100.....	13
Figura 10. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en el destino turístico de Puerto Vallarta.....	15
Figura 11. Tasa de erosión en puntos críticos del destino turístico de Puerto Vallarta.....	16
Figura 12. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Puerto Vallarta.....	17
Figura 13. Plano de sitios vulnerables a inundaciones por marea de tormenta	18
Figura 14. Comportamiento de ortogonales de oleaje en Puerto Vallarta, provenientes de la dirección NW con periodo de 7 segundos.....	20
Figura 15. Comportamiento de ortogonales de oleaje en Puerto Vallarta, provenientes de la dirección W con periodo de 22 segundos.....	20
Figura 16. Índice de vulnerabilidad costera en las playas de Oro y Playa Sur del destino turístico de Puerto Vallarta.....	22
Figura 17. 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 Puerto Vallarta	23
Figura 18. Áreas de inundación fluvial del río Cuale, en el destino turístico de Puerto Vallarta	24
Figura 19. Áreas de inundación fluvial del río Pitilla, en el destino turístico de Puerto Vallarta	25
Figura 20. Áreas de inundación fluvial de los arroyos Vena de Santa Marta y Camarones, en el destino turístico de Puerto Vallarta	25

SECCIÓN VI. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO PUERTO VALLARTA

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

Puerto Vallarta se encuentra en la costa occidental mexicana, en la Bahía de Banderas, cuyo origen es tectónico. Para el estudio morfológico de la zona litoral de este destino turístico, se monitorearon dos playas representativas que fueron: Playa de Oro, en la parte sur de la Marina y Playa Sur, localizada al sur del río Cuale (Figura 1).



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

Los levantamientos topográficos realizados en la parte norte de la zona de estudio, mostraron que las playas tienen una amplitud de 30 m y una pendiente de 5%. Se observó un área de inundación en las zonas bajas, cercanas a la marina Vallarta, ubicada enfrente del estero el Salado y Río Pitillal (Figura 2).

En la parte sur, el levantamiento topográfico mostró una amplitud de las playas de 35 m, una pendiente de 7% y una altura promedio de 2 m (Figura 3).



Figura 2. Topografía de la Playa de Oro en el destino turístico de Puerto Vallarta



Figura 3. Topografía de la Playa Sur en el destino turístico de Puerto Vallarta

2. BATIMETRÍA DE LA ZONA MARINA

Bahía de Banderas tiene un batimetría abrupta; un cañón profundo en la zona centro sur de la bahía es el rasgo fundamental. Este cañón tiene su origen entre los 3 y 4 km a partir de la desembocadura del río Ameca hacia el mar, y en menos de 5 kilómetros, alcanza una profundidad de 500 m. De allí hasta la parte exterior de la Bahía se presenta un fondo de poca pendiente (1%) (Figura 4).

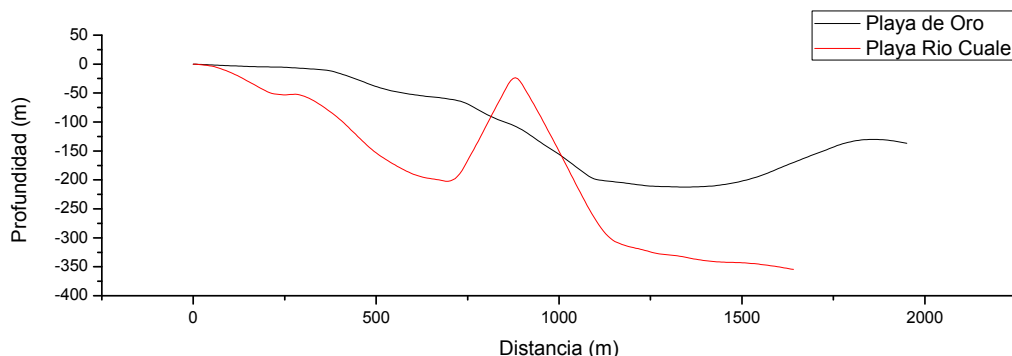


Figura 4. Perfiles batimétricos de la línea de costa hacia mar adentro, en el destino turístico de Puerto Vallarta

La pared sur del cañón es abrupta, por lo que la costa entre Puerto Vallarta y Cabo Corrientes es de pendiente fuerte (10%) con la presencia de algunas playas arenosas hacia Puerto Vallarta. Hacia el norte del cañón, la pendiente es moderada (3%), con la presencia regular de playas desde Puerto Vallarta hasta Punta Mita, Nayarit (Figura 5).

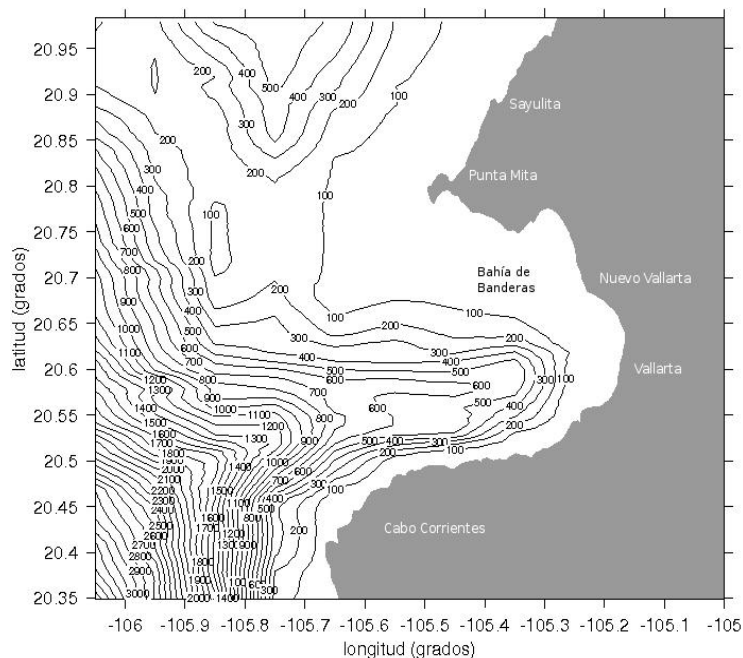


Figura 5. Batimetría de la zona de estudio en Puerto Vallarta

3. CARACTERIZACIÓN DE SEDIMENTOS EN LA ZONA LITORAL

El análisis sedimentológico mostró que los sedimentos presentes en este destino son muy variables, desde arenas gruesas hasta arenas finas, todas ellas terrígenas feldespáticas (Tabla 1), lo cual indica una procedencia cercana, y una energía variable debido al oleaje. Los porcentajes obtenidos a partir de este análisis fueron: 42% de arenas medias, 33% de arenas gruesas y 25% de arenas finas (Figura 6).

Tabla 1. Textura y composición de los sedimentos de playa del destino turístico de Puerto Vallarta

Playa	Perfil	Zona	Coordenadas		Tipo de sedimentos	Composición mineralógica
			X	Y		
Playa Río Cuale	1	Infraplaya	475133	2278419	Arena gruesa	Arena feldespática litica
		Mesoplaya	475138	2278418	Arena media	Arena feldespática litica
		Supraplaya	475142	2278418	Arena fina	Arena feldespática
	2	Infraplaya	475116	2278166	Arena gruesa	Arena feldespática litica
		Mesoplaya	475118	2278162	Arena media	Arena feldespática litica
		Supraplaya	475123	2278161	Arena fina	Arena feldespática litica
Playa de Oro	1	Infraplaya	474553	2283564	Arena gruesa	Arena feldespática litica
		Mesoplaya	474562	2283566	Arena media	Arena feldespática litica
		Supraplaya	474568	2283569	Arena media	Subfeldsarenita
	2	Infraplaya	474620	2283347	Arena gruesa	Arena feldespática litica
		Mesoplaya	474627	2283348	Arena media	Arena feldespática litica
		Supraplaya	474635	2283350	Arena fina	Arena feldespática litica

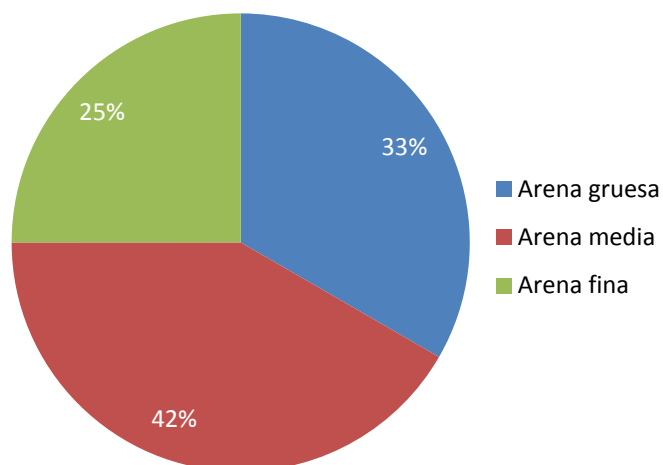


Figura 6. Tipo de sedimentos de las playas del destino turístico de Puerto Vallarta

4. CLIMA DEL OLEAJE

El interior de Bahía de Banderas está expuesto al oleaje franco, con componente oeste (W). Este oleaje es de periodos cortos, originados por los vientos locales (7 segundos) y oleajes de tormenta (12, 16y 22 segundos). Normalmente los huracanes en el Pacífico tropical del este, mientras migran al norte, se desplazan de la zona ciclogénica (al oeste de Costa Rica y sur de Chiapas), hacia el oeste. La gran mayoría de los huracanes no llegan a Cabo Corrientes, pues cuando alcanzan esta latitud ya están bastante retirados de la costa mexicana. Sin embargo en su traslación al norte y al oeste generan oleaje de 12 ó 16 segundos, que se propaga hacia la costa occidental mexicana y afecta Bahía de Banderas.

Del sector noroeste (NW) llega oleaje generado en la boca del Golfo de California, tanto por vientos locales (7 segundos) como por sistemas de mesoescala (12 a 16 segundos). Estos oleajes se presentan con poca ocurrencia durante los meses de invierno.

II. AMENAZAS

1. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Para el destino turístico de Puerto Vallarta 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 2.5°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 el destino turístico de Puerto Vallarta, mostró que es probable que la temperatura media anual aumente hasta 1.4°C para el 2020, aumento que pudiera ser continuo y alcanzar los 3.4°C para el 2080 (Tabla 2, Figura 7). El escenario climático A2 también mostró un claro aumento de la temperatura media anual, pudiendo alcanzar hasta 1.3°C más para el 2020, y continuar aumentando hasta 3.8°C más para el 2080 (Tabla 2, Figura 7). En cuanto a la confiabilidad de los modelos de temperatura puede observarse que la dispersión es baja (de 0.4°C a 0.7°C en el escenario A1B y de 0.4°C a 0.6°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 Puerto Vallarta

TEMPERATURA (°C)	ESCENARIO A1B			TEMPERATURA (°C)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalía	1	1.9	2.8	Anomalía	0.9	1.8	3.2
Dispersión	0.4	0.5	0.7	Dispersión	0.4	0.5	0.6
Rango de cambio (±)	1.4	2.4	3.4	Rango de cambio (±)	1.3	2.3	3.8
	0.6	1.4	2.1		0.6	1.3	2.5

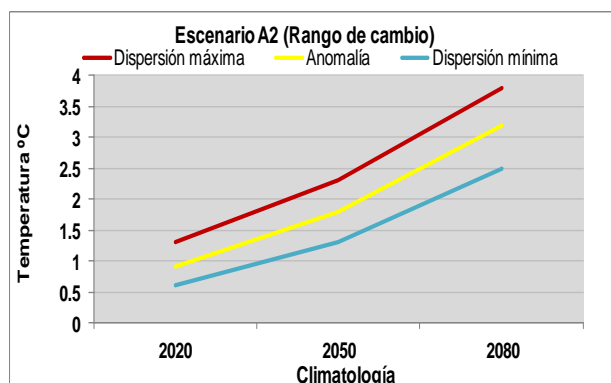
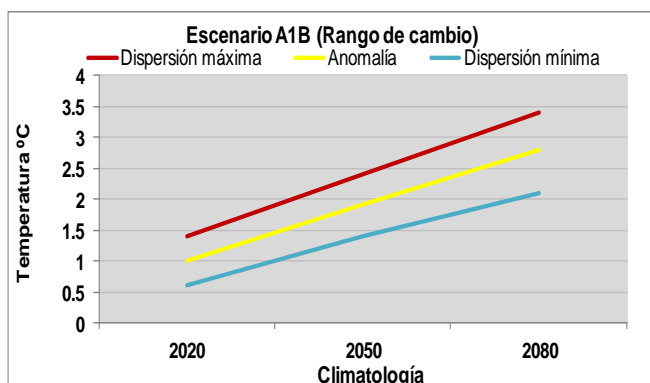


Figura 7. Cambio de Temperatura Media Anual (°C) para diferentes años en Puerto Vallarta

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, principalmente en el escenario 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 14.5% en la climatología del 2080, mientras que en el escenario A2, esta disminución podría ser de hasta 18.7% para ese mismo periodo (Tabla 3, Figura 8).

Tabla 3. Cambio Porcentual de la Precipitación Media Anual (%) en Puerto Vallarta

Precipitación (%)	ESCENARIO A1B			Precipitación (%)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalía	-3.2	-4.3	-4.3	Anomalía	-5.5	-6.9	-7.2
Dispersión	9.1	9	10.2	Dispersión	7.3	9.4	11.6
Rango de cambio (±)	5.9	4.7	5.9	Rango de cambio (±)	1.7	2.4	4.4
	-12.3	-13.3	-14.5		-12.8	-16.3	-18.7

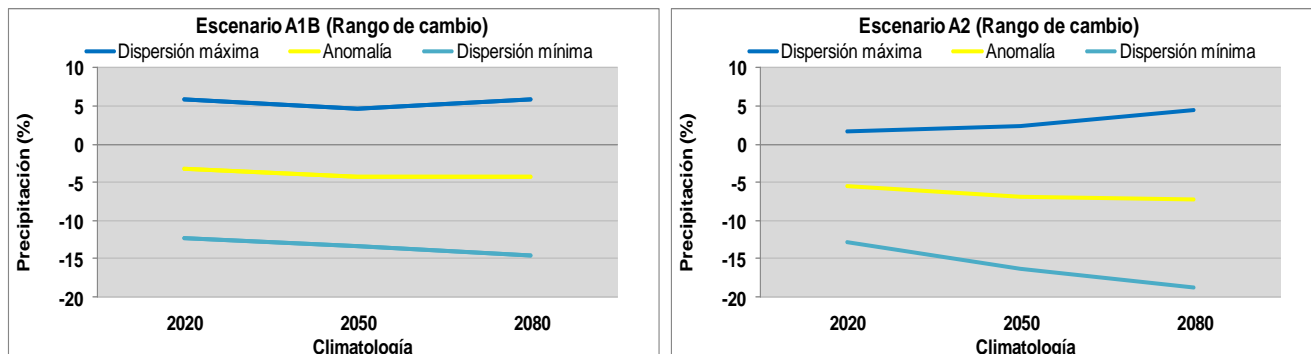


Figura 8. Rango de cambio en la Precipitación Media Anual (%) en Puerto Vallarta

2. AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

Para el caso de Puerto Vallarta, se consideró una variación del nivel del mar por cambio climático de 3 mm/año (Figura 9), 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.

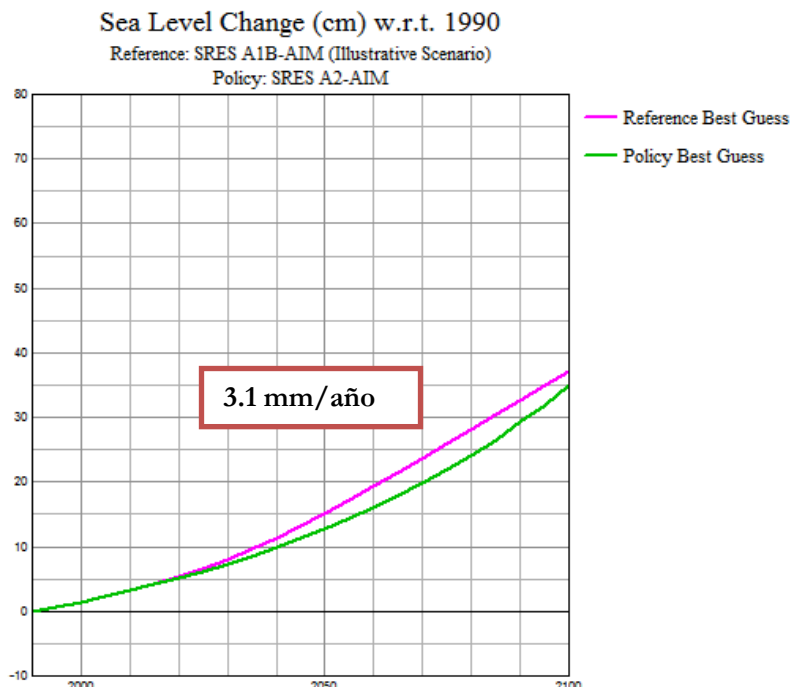


Figura 9. Gráfica del cambio del nivel del mar en cm, de 1990 a 2100

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 Puerto Vallarta se realizó un análisis del cambio de la línea de costa a partir de imágenes de satélite de los últimos 17 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 Puerto Vallarta mostraron una tasa de acreción de 0.49 m/año (Tabla 4).

Tabla 4. Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de Puerto Vallarta

Destino Turístico	Año inicial	Año final	Intervalo (años)	Desplazamiento total promedio (m)	Tasa de erosión-acreción (m/año)
PUERTO VALLARTA	1995	2012	17	8.26	0.49

Puerto Vallarta presenta procesos de erosión-acreción (Figura 10). En la zona de estudio se registraron sitios críticos con pérdidas de hasta 3.8 m/año, como es el caso de la Playa Zona Marina (Punto 1)(Tabla 5, Figura 11), donde aparentemente el transporte litoral ha sido interrumpido por la marina Vallarta, ocasionando el punto crítico de mayor erosión.

Si bien no son muy altos los valores de las tasas de erosión en los puntos críticos de este destino, es importante llevar a cabo un monitoreo, para que, en caso de que la erosión continúe, se realicen los estudios pertinentes para las medidas de adaptación que deberán implementarse para controlar este proceso.

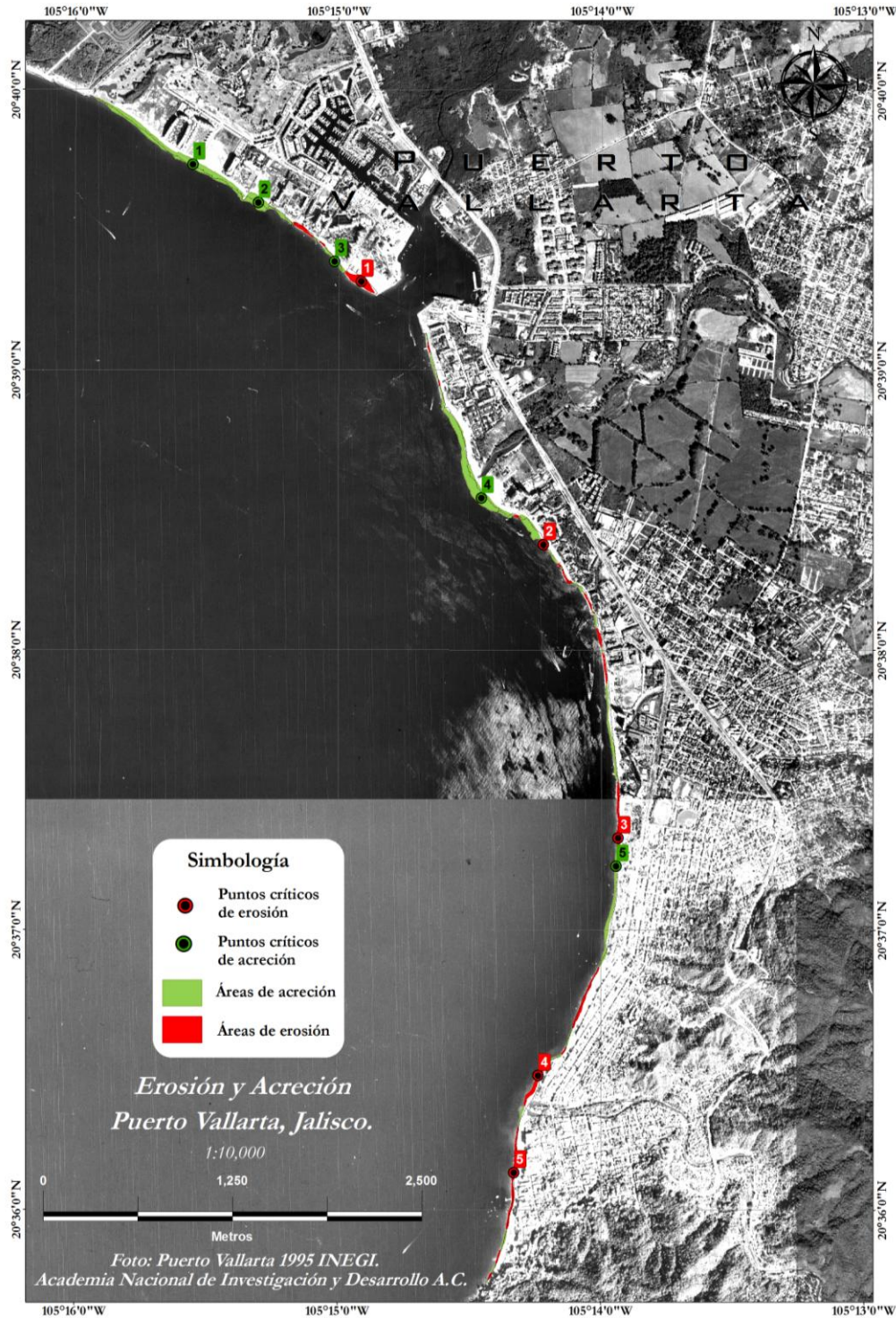


Figura 10. Puntos críticos de mayor erosión y acreción en el destino turístico de Puerto Vallarta

Tabla 5. Tasa de erosión promedio anual en puntos críticos de mayor erosión del destino turístico de Puerto Vallarta

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Erosión Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Erosión promedio anual (m/año)
			X	Y			
Puerto Vallarta	1	Playa Zona Marina	474107.1059	2284013.657	64.6	17	3.8
	2	Playa frente Las Palmas Hotel	475309.9566	2282279.48	21.3	17	1.3
	3	Playa frente Villa Premiere Hotel & Spa Puerto Vallarta	475802.5286	2280346.797	19.4	17	1.1
	4	Playa frente al monumento Los Arcos	475275.4225	2278781.733	19.8	17	1.2
	5	Playa de los Muertos	475114.6233	2278142.595	15.3	17	0.9

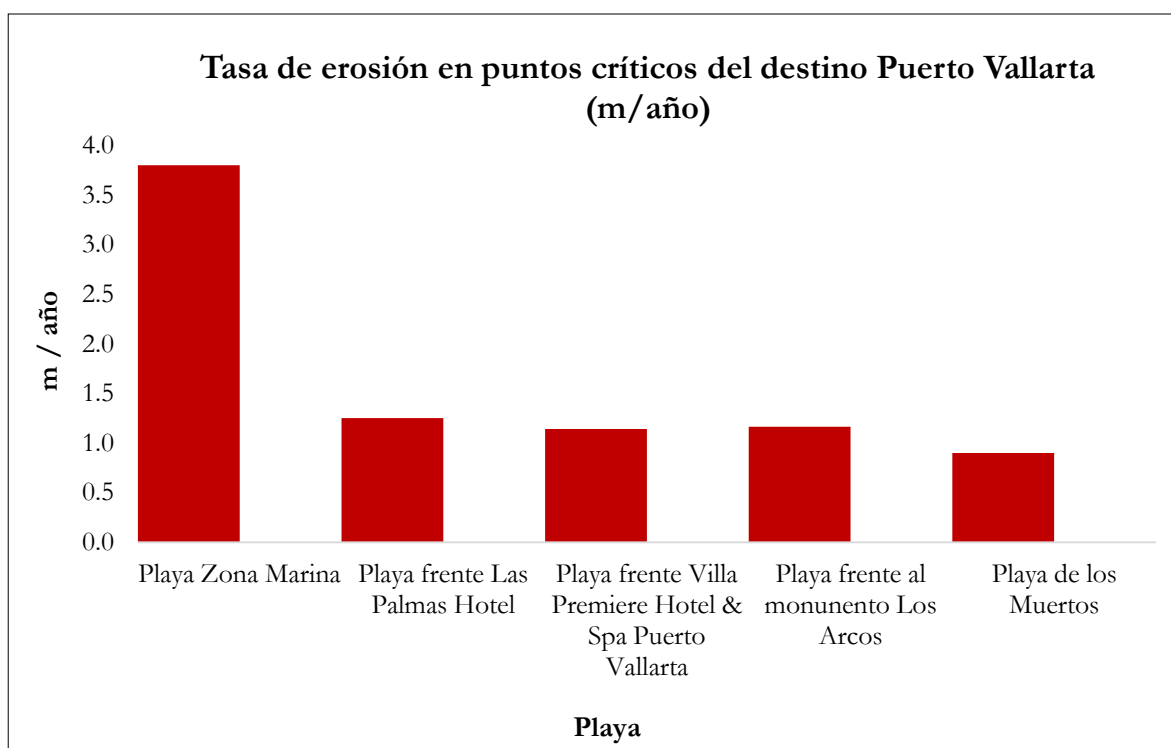


Figura 11. Tasa de erosión en puntos críticos del destino turístico de Puerto Vallarta

Por otro lado la playa frente al Holiday Inn (Punto 4) presenta la tasa de acreción más alta con un valor de 4.4 m/año (Tabla 6, Figura 12), lo cual se debe al aporte de sedimentos del río Pitillal, que forman una barra en la desembocadura del mismo.

Tabla 6. Tasa de acreción promedio anual en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Puerto Vallarta

Sitio	Punto	Playa	Coordenadas		Acreción Total (m)	Periodo (años)	Tasa de Acreción promedio anual (m/año)
			X	Y			
Puerto Vallarta	1	Playa frente a Condominios Delfines	472998.75	2284785.42	50.9	17	3.0
	2	Playa frente al Vallarta Palace Hotel	473428.844	2284533.87	63.5	17	3.7
	3	Playa Zona Marina	473933.798	2284147.43	28.9	17	1.7
	4	Playa frente Holiday Inn	474901.47	2282586.1	74.9	17	4.4
	5	Playa frente Villa Premiere Hotel & Spa Puerto Vallarta	475790.605	2280161.44	22.2	17	1.3

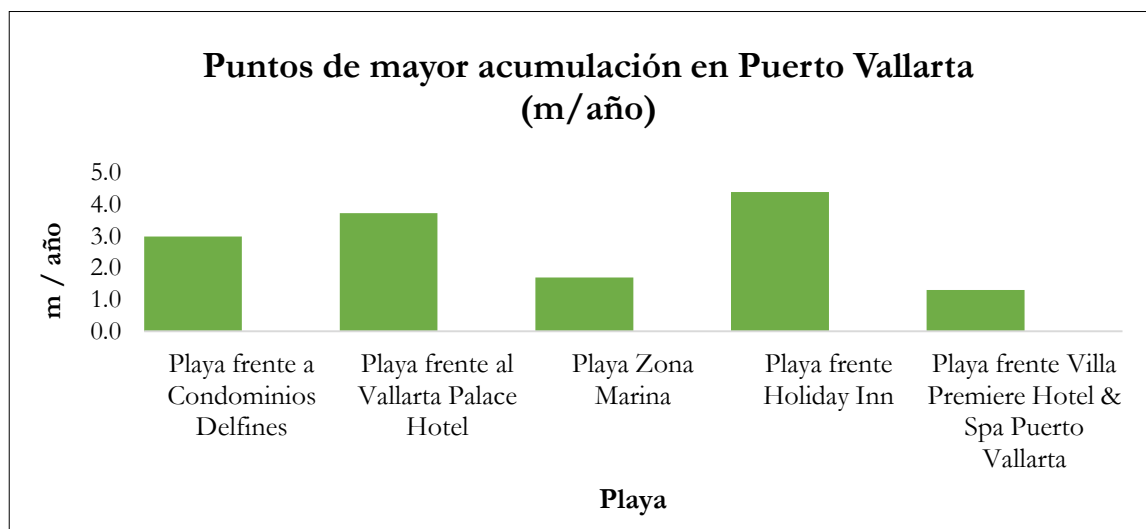


Figura 12. Tasa de acreción en puntos de mayor acumulación del destino turístico de Puerto Vallarta

4. INUNDACIÓN POR MAREA DE TORMENTA

El Indicador de inundación por marea de tormenta (IIMT) en el destino turístico de Puerto Vallarta se determinó a partir de la máxima amplitud de marea de tormenta registrada para el sitio que fue de 4.02 m (Tabla 7) (CENAPRED, 2001). Las áreas más vulnerables a las inundaciones por marea de tormenta son la parte noroeste de la marina Vallarta, con una vulnerabilidad muy alta, la parte baja del río Vena de Santa Martha y del arroyo Los Camarones con vulnerabilidad alta, al igual que la desembocadura del río Ameca (Figura 13).

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

Datos para la estimación de amenaza y vulnerabilidad ante huracanes y tormentas tropicales en Puerto Vallarta, Jalisco.				
Localidad	Categ. huracán	Amplitud marea tormenta (m)	Tiempo de retorno años	Probabilidad anual
Puerto Vallarta	H5	4.0	57	1%
	H4	2.9	57	1%
	H3	2.3	57	0%
	H2	1.8	53.8	6%
	H1	1.4	14.8	19%
	TT	1.3	6.1	37%
	DT	0.7	3.8	37%

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

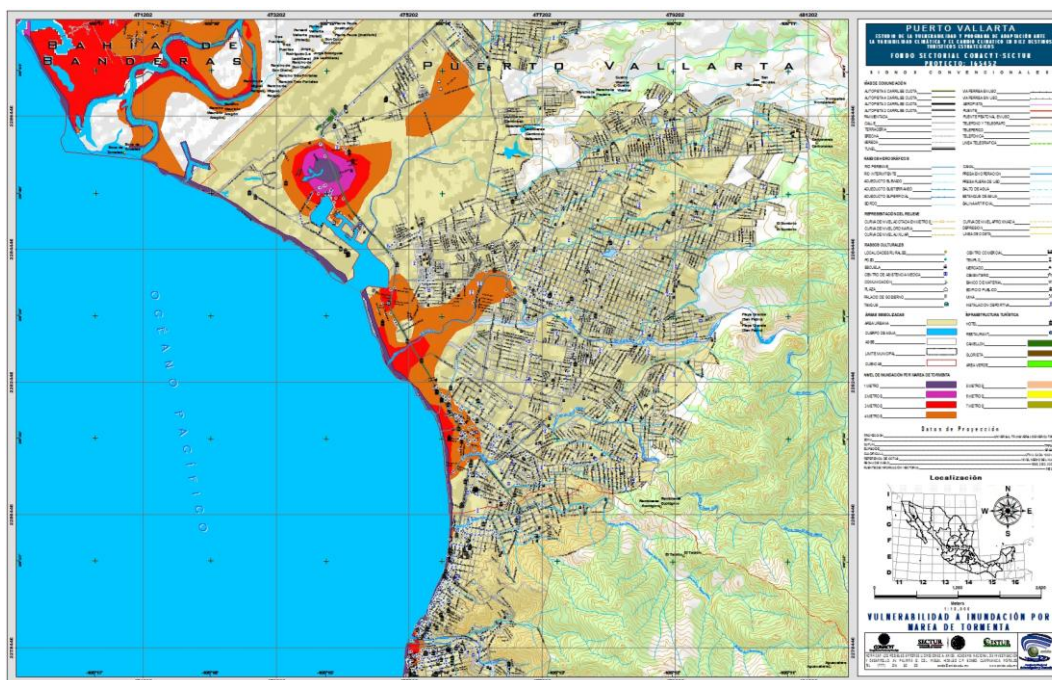


Figura 13. Plano de sitios vulnerables a inundaciones por marea de tormenta

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 Puerto Vallarta se calculó la inundación fluvial ante lluvias extremas (Tabla 8), estimando el caudal y las dimensiones de los diferentes cauces de los ríos que desembocan a la bahía.

Tabla 8. Parámetros hidrológicos e indicador de inundación fluvial para el destino turístico Puerto Vallarta

Cauce	Tiempo de concentración t_c (h)	Precipitación (tc/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
Río Pitillal	6.19	210	34	533.59	171.66	80	2.15
A. Vena de Sta. Marta	0.82	121	148	60.66	21.95	10	2.20
A. Los Camarones	0.83	122	147	64.61	21.25	10	2.13
Río Cuale	4.43	196	44	493.27	152.49	70	2.18

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

Los oleajes provenientes del noroeste (NW), de 7, 12, 16 y 22 segundos, son poco frecuentes, pero cuando se presentan, afectan la zona sur de la Bahía (Figura 14). La roca de la Corveteña y las Tres Marietas ejercen una barrera natural para este oleaje. Los oleajes de 7 y 12 segundos alcanzan a arribar a la costa sur, en la zona de los hoteles Lagunita y Casa Pericos, con áreas de concentración de energía algo focalizada. El oleaje de 12 segundos también penetra concentrado en la zona de Casa Pericos, mientras que los de 16 y 22 segundos son efectivamente refractados y no alcanzan a llegar a la costa sur. Para estos cuatro períodos de oleaje, es probable que Punta Mita, por la parte exterior, tenga un poco de concentración de energía.

Los oleajes del oeste (W) (Figura 15), muestran de nuevo el efecto protector de las Tres Marietas y de la Roca de la Corveteña. La parte exterior de Punta Mita tiene concentración de energía del oleaje, y sólo se muestra algo de concentración de energía en la zona de los Hoteles Xinalani Retreat y Villas Mandarin. El oleaje de esta dirección (W), penetra sin refractarse hasta las inmediaciones de Vallarta. No se aprecia una concentración de energía, sin embargo tampoco se aprecia una disminución de ésta. Las zonas afectadas son las proximidades sobre la playa de los hoteles Dreams Puerto Vallarta, Villa Mandarin y Xinalani Retreat.

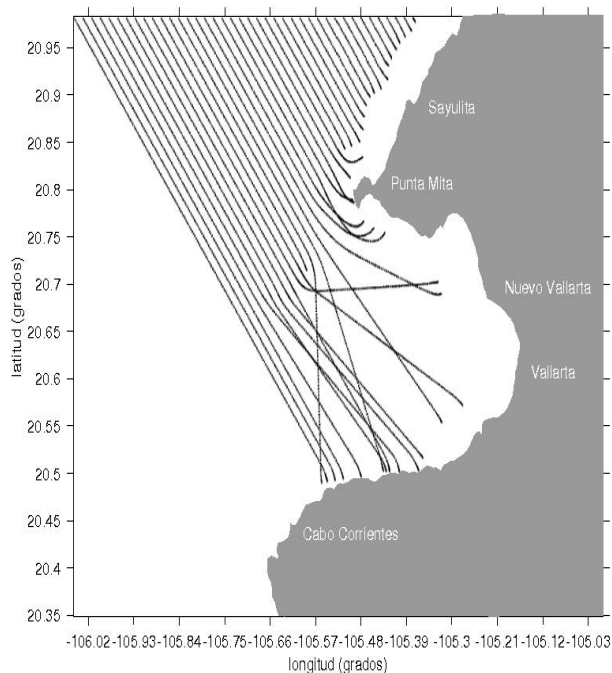


Figura 14. Comportamiento de ortogonales de oleaje en Puerto Vallarta, provenientes de la dirección NW con periodo de 7 segundos.

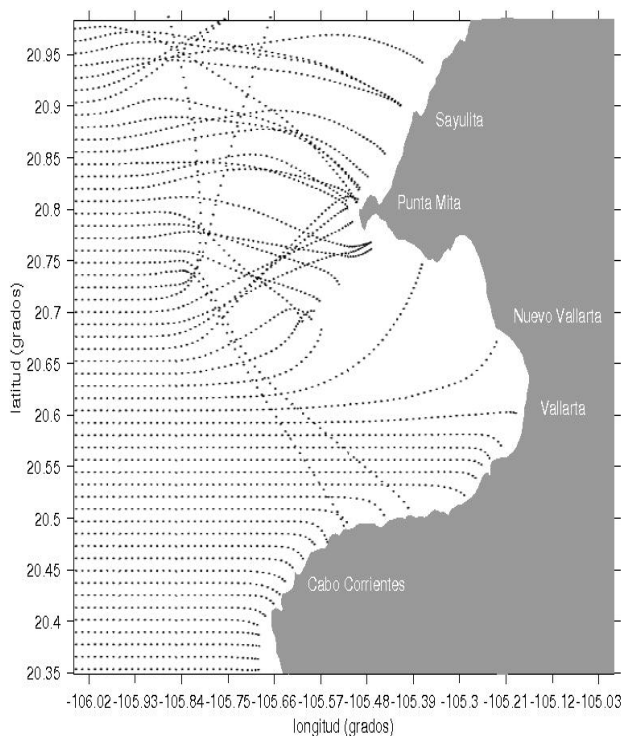


Figura 15. Comportamiento de ortogonales de oleaje en Puerto Vallarta, provenientes de la dirección W con periodo de 22 segundos

III. VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física del destino turístico de Puerto Vallarta, 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

El Índice de vulnerabilidad costera (CVI) se calculó para las playas de Oro y Río Cuale, 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 fueron: un CVI de categoría media para playa de Oro, y un CVI de categoría alta para la playa Río Cuale (Tabla 10, Figura 16). Esto se debe a que la parte sur de la Bahía de Banderas, se encuentra desprotegida frente a los oleajes del NW y del W, lo que genera una zona vulnerable al oleaje y a los huracanes, que provocan la erosión de algunos sitios, incrementando el riesgo potencial del aumento del nivel del mar; sin embargo, por el momento, la afectación a la infraestructura turística ha sido mínima.

Tabla 9. Valores de las variables geológicas-geomorfológicas y oceanográficas del destino turístico de Puerto Vallarta

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 de Oro	-0.2	54	52.0	2.5	2 a 3	3	2
Playa Río Cuale	-1.2	93	7.0	2	2 a 3	3	2

Tabla 10. Valores de ponderación y del índice de vulnerabilidad costera en playas del destino turístico de Puerto Vallarta

Playa	Geología/Geomorfología	Tasa de erosión/acreción	Índice topográfico	Oleaje significativo medio	Tasa de cambio del nivel relativo del mar	Rango mareal medio	CVI
Playa de Oro	2 (bajo)	3 (moderado)	2 (bajo)	5 (muy alto)	3 (moderado)	4 (alto)	Media
Playa Río Cuale	2 (bajo)	4 (alto)	3 (moderado)	5 (muy alto)	3 (moderado)	4 (alto)	Alta

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (CVI)			
BAJA	1	ALTA	3
MEDIA	2	MUY ALTA	4



Figura 16. Índice de vulnerabilidad costera en las playas de Oro y Playa Sur del destino turístico de Puerto Vallarta

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 servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas son los que tienen mayor cantidad de locales ubicados entre los 1 y 7 m de altura (38), seguidos de los establecimiento que brindan servicios de transporte, correo y almacenamiento (17) (Figura 17).

Tabla 11. Tipo de servicios vulnerables por inundación por marea de tormenta para el destino turístico Puerto Vallarta

Puerto Vallarta										
Tipo de servicio	Número de servicios	Buffer 1000 metros	Marea de tormenta (m)							TOTAL
			1	2	3	4	5	6	7	
Construcción	61	32	0	1	7	7	6	6	6	33
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	1644	600	0	4	21	75	174	85	110	469
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	1832	959	10	16	50	154	211	118	100	659
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	181	68	1	0	5	17	10	11	5	49
Servicios de salud y de asistencia social	414	195	0	3	8	29	60	32	28	160
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	285	170	3	8	15	33	37	19	20	135
Transportes, correos y almacenamiento	128	73	0	1	4	15	17	7	4	48
Total	4545	2097	14	33	110	330	515	278	273	1553

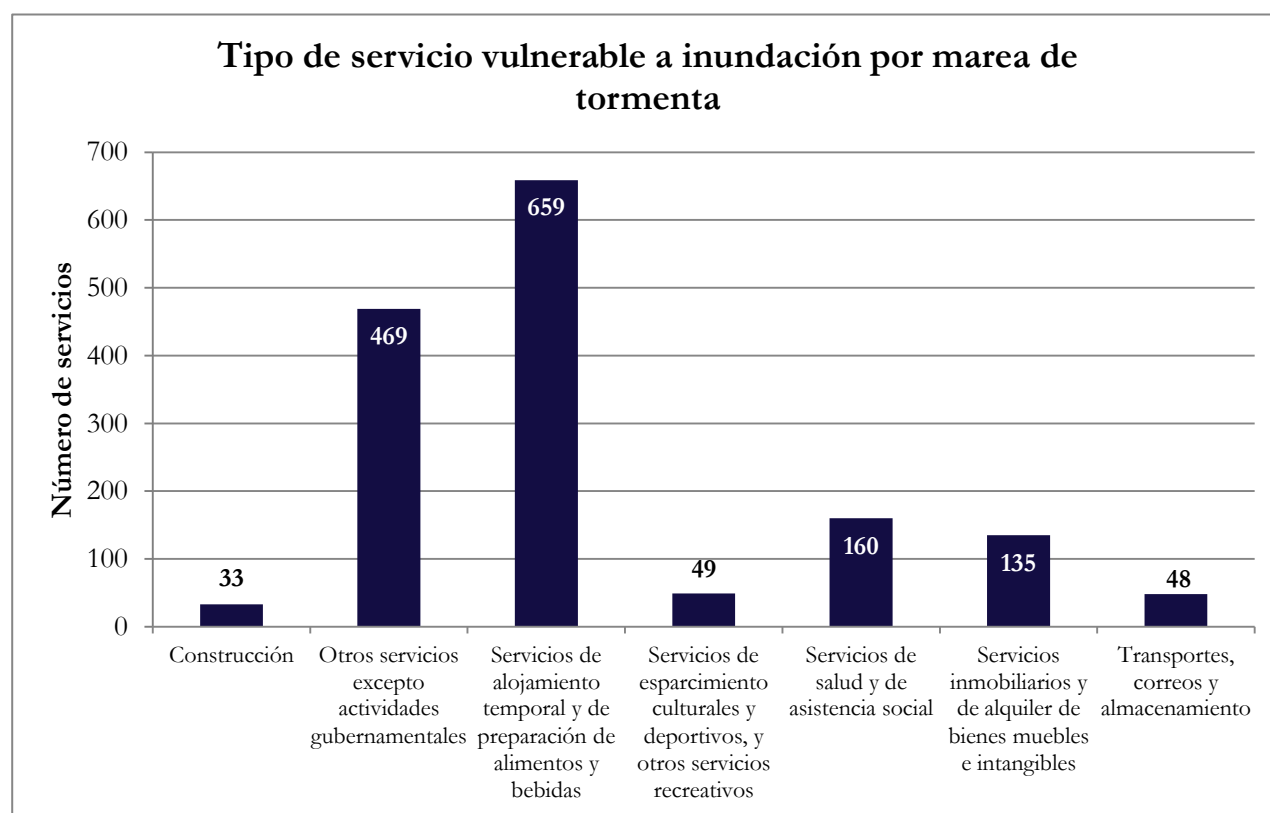


Figura 17. Número de establecimientos, según los servicios que brindan, acumulados en el rango de 0 a 7 m de altura, vulnerables a inundación por marea de tormenta para el destino turístico de Puerto Vallarta

3. INDICADOR DE INUNDACIÓN FLUVIAL

A partir de la estimación del indicador de inundación fluvial (Tabla 12), se encontró que en Puerto Vallarta, los ríos Pitillal y Cuale son muy altamente vulnerables a desbordarse y causar inundaciones en sus riberas (Figuras 18 y 19), así como los arroyos Vena de Santa Marta y Los Camarones (Figura 20), estimados en una vulnerabilidad media alta a desbordarse frente a lluvias extremas, afectando a buena parte de la población y zona turística.

Tabla 12. Parámetros para estimación del indicador de inundación fluvial para el destino turístico de Puerto Vallarta

Cauce	Caudal pico en t_c (m^3/s)	Área de sección requerida (m^2)	Dimensiones requeridas en la sección (m)		IIF
			Ancho	Profundidad	
Río Pitillal	533.59	171.66	80	2.15	Muy Alta
A. Vena de Sta. Marta	60.66	21.95	10	2.20	Media alta
A. Los Camarones	64.61	21.25	10	2.13	Media alta
Río Cuale	493.27	152.49	70	2.18	Muy Alta

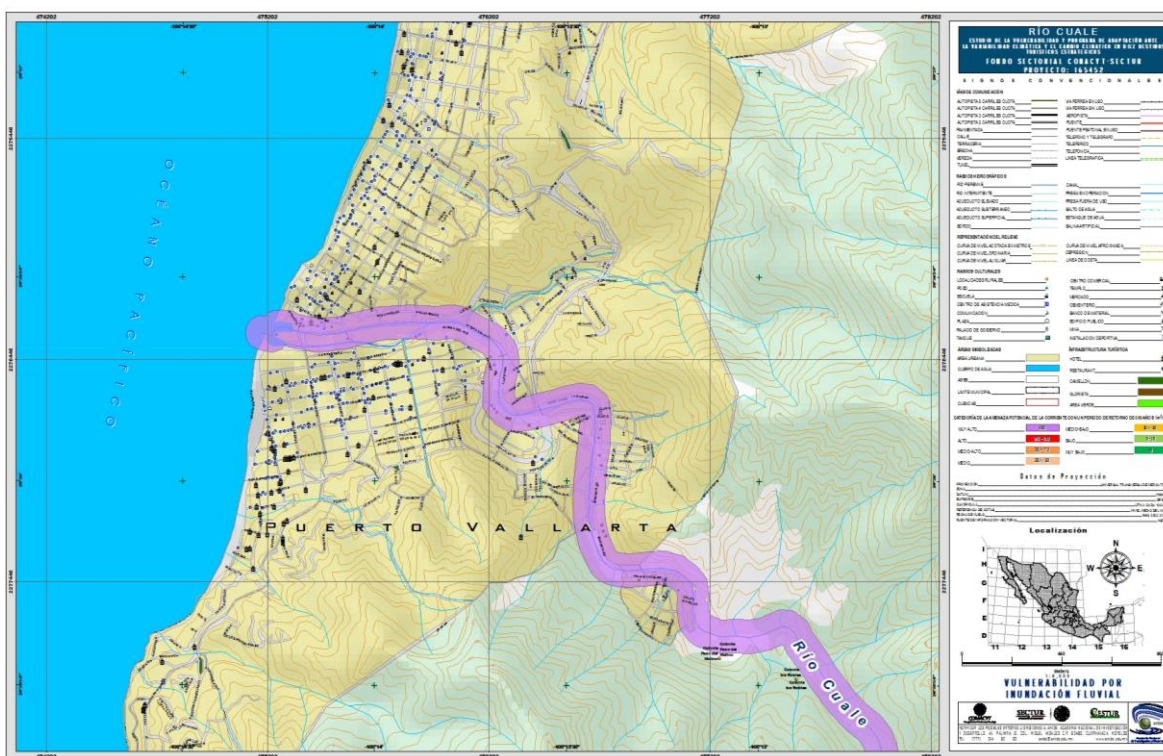


Figura 18. Áreas de inundación fluvial del río Cuale, en el destino turístico de Puerto Vallarta



Figura 19. Áreas de inundación fluvial del río Pitillal, en el destino turístico de Puerto Vallarta

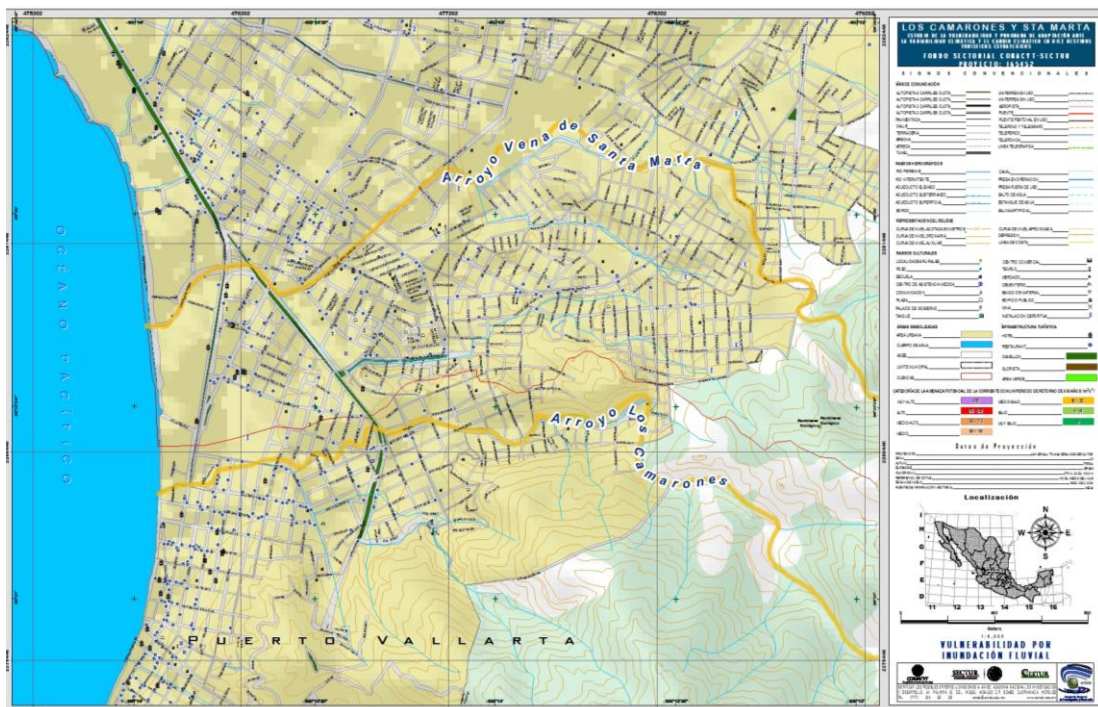


Figura 20. Áreas de inundación fluvial de los arroyos Vena de Santa Marta y Camarones, en el destino turístico de Puerto Vallarta

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	Localidad	Indicador de inundación por marea de tormenta	Río	Indicador de inundación fluvial
Playa de Oro	Media	La Marina	Muy alta	Río Pitillal	Muy alta
Playa Río Cuale	Alta	Parte baja río Pitillal	Alta	A. Vena de Sta. Marta	Media alta
		Las Glorias	Alta	A. Los Camarones	Media alta
				Río Cuale	Muy alta

Finalmente, al integrar los índices e indicadores anteriormente descritos, se determinó el Índice de Vulnerabilidad Física (IVF) para el destino turístico de Puerto Vallarta, resultando un IVF de categoría muy alta (Tabla 14), debido principalmente a la geomorfología de la bahía muy grande, que permite que los oleajes impacten hacia el sur que es la zona menos protegida.

Tabla 14. Índice de Vulnerabilidad Física para el destino turístico Puerto Vallarta

Destino	Índice de vulnerabilidad costera	Indicador de inundación por marea de tormenta	Indicador de inundación fluvial	Índice de vulnerabilidad física
Puerto Vallarta	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 Puerto Vallarta, se presentan a continuación, para cada indicador de vulnerabilidad social.

1. INDICADOR DE GOBERNABILIDAD

Para determinar la situación imperante en el municipio de Puerto Vallarta 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 Puerto Vallarta

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 (Disponibles: Plan operativo de ciclones 2012, Programa de temporada de huracanes 2010)		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 urbano municipal (además cuenta con el Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana Inter-Estatal de Puerto Vallarta - Bahía de Banderas)	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 (Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región denominada "Costa Alegre" del Estado de Jalisco)		X
12. Programa de Adaptación Climática Municipal		X
Total	5	7
Valor normalizado	0.42	

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 74.06% para el municipio de Puerto Vallarta. 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 74.06% 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 0.26.

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 Puerto Vallarta.

Tabla 16. Indicador de percepción ciudadana para el municipio de Puerto Vallarta

Pregunta	Calificación
¿Sabe a quién acudir en caso de emergencia o desastre hidrometeorológico?	0.93
¿Cree que Protección Civil cuenta con infraestructura y capacitación para atender un desastre?	0.13
¿Cree que el gobierno municipal está preparado para atender una emergencia?	0.09
¿Recibe apoyo la población en caso de desastre?	0.04
Valor normalizado	0.30

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 Puerto Vallarta se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Indicador de cohesión social para el municipio de Puerto Vallarta

Pregunta	Calificación
¿Piensa usted quedarse a residir definitivamente en este municipio?	0.77
¿Participaría en acciones para disminuir el efecto de eventos hidrometeorológicos?	0.91
¿Estaría dispuesto a realizar cambios constructivos en su vivienda para disminuir los efectos de fenómenos hidrometeorológicos?	0.85
¿Conoce organizaciones civiles involucradas en protección civil, derechos humanos, protección al ambiente, etc.?	0.16
Valor normalizado	0.67

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 Puerto Vallarta.

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

Indicador	Número de médicos por cada 1000 habitantes	Valor normalizado
Personal médico de las Instituciones públicas del sector salud entre la población total municipal*.	1.64	0.66

*Fuente: INEGI, 2010

6. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

El Índice de Vulnerabilidad Social obtenido para el destino turístico de Puerto Vallarta arrojó un valor de 0.46 (Tabla 19), el cual está dentro del rango vulnerable, es decir, por debajo de la mitad de la escala, con una vulnerabilidad alta a inundaciones por marea de tormenta, por lo que se requiere, además del inicio de la implementación de las propuestas de medidas de adaptación (ver Sección XX) para disminuir su vulnerabilidad, atender, de manera prioritaria, las medidas relacionadas con la exposición a inundaciones por marea de tormenta. Por otro lado, se requiere atender los aspectos relacionados con el indicador de percepción ciudadana, pues éste es un factor fundamental para que los actos de autoridad sean bien recibidos por la ciudadanía y la aplicación de acciones sea más expedita. Finalmente cabe señalar que es oportuno el desarrollo de los instrumentos normativos faltantes, para atender las necesidades del municipio en el contexto de cambio climático y gestión del riesgo.

Tabla 19. Índice de Vulnerabilidad Social para el municipio de Puerto Vallarta

Indicador	Calificación
1. Indicador de gobernabilidad	0.42
2. Indicador de exposición	0.26
3. Indicador de percepción ciudadana	0.30
4. Indicador de cohesión social	0.67
5. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud	0.66
Índice de Vulnerabilidad	0.46

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 Puerto Vallarta, 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 Puerto Vallarta, ver Sección XX del presente informe final.